



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

**Configuração e Comunicação do
Software Q-Das com Interfaces Fabris**

Relatório de Estágio

Pedro Miguel Simões Caseiro

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica

Tomar/Novembro/2021



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Configuração e Comunicação do *Software* Q-Das com Interfaces Fabris

Relatório de Estágio

Pedro Miguel Simões Caseiro

Orientado por:

Professor Doutor Paulo Coelho – IPT/ESTT

Professor Especialista Francisco Nunes – IPT/ESTT

Eng.^a Teresa Jogo – Hitachi Astemo

**Relatório apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar para o
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica**

RESUMO

O presente relatório tem como propósito descrever o trabalho efetuado durante o estágio realizado na empresa Hitachi Astemo, em que um dos seus ramos de atividade abrange a produção de travões de tambor.

O estágio teve a duração de 9 meses, tendo tido lugar no departamento de qualidade da fábrica de Abrantes (AbrP), e veio contribuir para colmatar a necessidade de adicionar a este departamento conhecimentos relacionados com automação, controlo e eletrónica de modo a dar uma resposta mais célere aos diferentes desafios com que este se depara diariamente.

No decorrer do estágio surgiu também a oportunidade de acompanhar vários projetos e equipas da fábrica, sempre em coordenação com o departamento de Engenharia e Manutenção que, no seu conjunto, trabalham para que todos os travões produzidos alcancem o certificado de qualidade exigido pelos construtores de automóveis.

Na fábrica AbrP ocorrem diariamente desafios com necessidade de ser ultrapassados. Este relatório retratará a resolução de vários desses desafios incidindo particularmente nas tarefas que me foram incumbidas com vista ao alcance das metas diárias, semanais e mensais de produção e, ao cumprimento de todas as normas exigidas durante a produção dos componentes que são parte de um sistema de travão de tambor.

Será ainda abordado o estudo relativo às várias etapas necessárias para que sejam executadas com sucesso as alterações requeridas às linhas de produção de forma a garantir a qualidade dos componentes produzidos recorrendo às ferramentas disponibilizadas pela empresa, nomeadamente, robôs, CNC's, rugosímetro e câmaras de medição. Efetuar-se-á também a previsão da ocorrência de problemas nas linhas de produção com recurso ao *software* estatístico Q-Das que, em tempo real, permite obter informações sobre o estado de cada máquina presente nos vários setores da fábrica.

Palavras-Chave: Alterações de Processo, Medição de Componentes, Qualidade, Q-Das, Controlo do Processo.

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe the work done during the internship carried out in the company Hitachi Astemo, in which one of its branches of activity includes the production of drum brakes.

The internship had the duration of 9 months, having taken place in the quality department of the Abrantes plant (AbrP), and contributed to fill the need to add to this department knowledge related to automation, control and electronics in order to give a faster response to the different challenges that it faces daily.

During the internship, there was also the opportunity to accompany various projects and teams of the factory, always in coordination with the department of Engineering and Maintenance which, as a whole, work so that all the brakes produced achieve the quality certificate required by car manufacturers.

In the AbrP factory challenges occur daily that need to be overcome. This report will describe the resolution of several of these challenges, focusing in particular on the tasks I was given in order to achieve the daily, weekly and monthly production targets and to comply with all the standards required during the production of the components that are part of a drum brake system.

The study regarding the various steps necessary to successfully perform the required changes to the production lines in order to ensure the quality of the components produced will also be addressed, using the tools provided by the company, namely, robots, CNC's, roughness meter and measuring cameras. We will also predict the occurrence of problems on the production lines using the statistical software Q-Das which, in real time, allows us to obtain information about the state of each machine present in the various sectors of the factory.

Keywords: Process Changes, Measurement of Components, Quality, Q-Das, Process Control.

AGRADECIMENTOS

Este relatório marca o fim de uma etapa muito importante sendo a sua conclusão possível graças a várias pessoas da instituição IPT que, durante meses, colaboraram comigo de forma permanente, sendo a sua ajuda essencial. Quero desta forma expressar a todos os meus maiores e sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar um agradecimento aos meus orientadores, Professor Doutor Paulo Coelho e Professor Especialista Francisco Nunes que sempre estiveram disponíveis e me prestaram um grande apoio ao longo dos meses de estágio.

De salientar ainda a importância da instituição IPT por disponibilizar todos os meios necessários à minha formação no decorrer do curso.

Agradecer ainda à Hitachi Astemo, em especial à minha supervisora, Eng.^a Teresa Jogo, pelo tempo disponibilizado e paciência demonstrada ao longo de todo o estágio, de forma a poder transmitir-me todos os conhecimentos necessários à conclusão desta etapa. Sem a sua ajuda o trabalho desenvolvido seria certamente mais difícil.

Um agradecimento a todos os colaboradores da Hitachi Astemo, Engenheiros de Processo, Técnicos de Qualidade, Team Leaders e Operadores, que contribuíram para o meu crescimento técnico, profissional e pessoal.

Por último, gostaria de agradecer à minha Mãe todo o esforço e apoio dado ao longo do meu percurso escolar e de vida.

Muito Obrigado a todos!

ÍNDICE

Resumo	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos	ix
Índice	xi
Índice de Figuras	xv
Índice de Tabelas	xix
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxi
Lista de Símbolos e Unidades	xxv
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos do Estágio.....	1
1.2. Estrutura do Relatório.....	2
2. Apresentação da Empresa.....	5
2.1. Hitachi Astemo Portugal.....	5
2.2. Principais Atividades.....	9
2.3. Organograma da Empresa.....	9
3. Processo de Fabrico do Travão de Tambor	11
3.1. Setores de Produção.....	11
3.2. Descrição dos Setores de Produção.....	12
3.2.1. Prensas	12
3.2.2. Segmentos.....	15
3.2.3. Maquinação de Cilindros.....	18
3.2.4. Hidráulica – Montagem de Cilindros.....	20
3.2.5. Maquinação de Bielas.....	22
3.2.6. Montagem.....	25
3.2.7. Armazém e Expedição	30

4. Enquadramento Teórico	31
4.1. Controlo Estatístico e Garantia da Gestão de Qualidade.....	31
4.2. 5S e Controlo Visual.....	33
4.3. Diagrama Ishikawa	34
4.4. Ciclo PDCA.....	35
4.5. Estudo de Capabilidades.....	36
5. Configuração do Q-Das	41
5.1. Levantamento das Necessidades da Fábrica.....	42
5.2. Utilização e Importância do Q-Das.....	43
5.3. Recolha de Dados para o Q-Das.....	44
5.4. <i>Test Plan</i> do Q-Das.....	45
5.4.1. Alterações nos <i>Test Plan</i>	47
5.4.2. Verificação das Cotas para Inserir no Q-Das.....	51
5.5. Configuração do Q-Das com Equipamentos de Medição.....	53
5.5.1. Importação de Ficheiros DLL para os <i>Test Plan</i>	56
5.5.2. Erros nas Medições após Configuração do Q-Das.....	58
5.6. Síntese.....	62
6. Comunicação da CNC 3D com o Q-Das.....	63
6.1. Análise das Cotas Importantes a Medir na CNC 3D.....	64
6.2. Características e Funcionalidades da CNC 3D.....	66
6.3. Arquitetura de Comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das.....	68
6.4. Programa de Medições de Cilindros na CNC 3D.....	71
6.4.1. Programa de Medições de Cilindros.....	72
6.4.2. Subprograma.....	73
6.4.3. Programa de Medições do Cilindro.....	74
6.5. Características com Atribuição de “Estatística”.....	81

6.6. Comunicação das Medições da CNC 3D com o Q-Das.	83
6.6.1. Criação de Test Plan de Comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das.....	84
6.7. Análise FMEA dos Cilindros.....	87
6.7.1. Análise de Potenciais Falhas do Processo.....	88
6.7.2. Análise de Potenciais Falhas do Produto	89
6.8. Estudo FMEA de Alterações ao Processo de Maquinação de Cilindros.	91
6.8.1. Implementação da Alteração ao Processo.....	92
6.9. Síntese.....	97
7. Outras Tarefas.....	99
7.1. Reuniões Diárias.	99
7.1.1. Análise de Dados sobre a Produção	100
7.2. Auditoria Externa.....	102
7.3. Síntese.....	104
8. Conclusão	105
Referências	107
Anexos.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura- 1: Logotipo Hitachi Astemo.....	5
Figura- 2: Instalações fábrica de Abrantes.....	5
Figura- 3: Organograma fábrica de Abrantes.....	10
Figura- 4: Planta dos setores de produção.....	10
Figura- 5: Fluxo de Produção.....	12
Figura- 6: Componentes produzidos no setor das Prensas	13
Figura- 7: Fluxo de produção das Prensas.....	14
Figura- 8: Fluxo de produção dos Segmentos	15
Figura- 9: Componentes produzidos no setor dos Segmentos.....	16
Figura- 10: Fluxo de produção da Maquinação.....	18
Figura- 11: Cilindro antes de maquinado	19
Figura- 12: Cilindro antes de maquinado.....	20
Figura- 13: Fluxo de produção Hidráulica.....	21
Figura- 14: Exemplo de cilindro montado.....	22
Figura- 15: Fluxo de produção da Maquinação de Bielas	23
Figura- 16: Bielas maquinadas.....	24
Figura- 17: Fluxo de produção linha 1.....	25
Figura- 18: Fluxo de produção linha 2.....	27
Figura- 19: Travão de Tambor montado.....	30
Figura- 20 : Diagrama de Ishikawa.....	34
Figura- 21: Ciclo PDCA.....	36
Figura- 22: Conceito de Precisão e exatidão.....	39
Figura- 23: Exemplo de referências dos componentes no Q-Das.....	41
Figura- 24: Opções de criação de <i>Test Plan</i> de Registos.....	46

Figura- 25: Definições das opções para utilizadores.....	47
Figura- 26: Definições dos <i>Test Plan</i> e Subgrupos.....	48
Figura- 27: Organização para inserir medições num <i>Test Plan</i>	49
Figura- 28: Gráficos de capacidades do Processo.....	50
Figura- 29: Exemplo de um calibre de verificação dos componentes.....	52
Figura- 30: Comparador digital indicador.	54
Figura- 31: Rugosímetro.....	55
Figura- 32: Sensor LVDT.....	55
Figura- 33: <i>String</i> de transferência de medições.....	56
Figura- 34: Mesa de controlo de qualidade dos Segmentos.....	59
Figura- 35: Medições enviadas pelo sensor LVDT para o Q-Das.....	60
Figura- 36: Desenho das cotas de um cilindro.....	65
Figura- 37: CNC Crysta- Apex S700.....	66
Figura- 38: Estrutura de comunicação entre a <i>CNC 3D</i> e o Q-Das.....	69
Figura- 39: <i>Upload</i> de medições para a base de dados central do Q-Das.....	70
Figura- 40: Programa de calibração do gabari.....	71
Figura- 41: Escolha da <i>Chiron</i> e posições dos cilindros no MCosmos.....	74
Figura- 42: Criação dos planos no programa de medições.....	76
Figura- 43: Criação dos furos do cilindro no programa de medições.....	76
Figura- 44: Escolha das dimensões do plano de simetria.....	77
Figura- 45: Escolha das dimensões do diâmetro do cilindro.....	78
Figura- 46: Criação do furo principal do cilindro.....	79
Figura- 47: Atribuição da tolerância de uma caraterística.....	80
Figura- 48: Seleção dos valores das caraterísticas para “estatística”.....	81
Figura- 49: Atribuição do atributo “estatística”.....	82
Figura- 50: Caminho das pastas de envio de medições.....	82
Figura-51: Base de dados local do Q-Das.....	83

Figura- 52: Pasta de destino das medições da CNC 3D.....	84
Figura- 53: Exemplo de ficheiros QML e DFX contendo medições da CNC 3D.....	85
Figura- 54: <i>Test Plan</i> de comunicação com a base de dados central do Q-Das.....	86
Figura- 55: Exemplo de cilindros maquinados e por maquinar.....	88
Figura- 56: Cilindro com pinos para medição na CNC 3D.....	90
Figura- 57: Tubo interior de ar comprimido das <i>Chirons</i>	92
Figura- 58: Sistema de ar comprimido das <i>Chirons</i>	93
Figura- 59: Localização dos tubos de ar comprimido nas <i>Chirons</i>	94
Figura- 60: Registos em Sap do custo dos defeitos de componentes	101
Figura- 61: Gráfico e tabela dos custos de defeitos dos componentes.....	102

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tabela sumária dos comandos e descrição para importação de ficheiros DLL [19].....	56
Tabela 2: Descrição do ciclo de posições de programação do robô.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AbrP - Fábrica de Abrantes

Af - Zona de reposição

AS - Arranque de Série

ATM - Alavanca Travão de Mão

Capabilidade - Verificação estatística da capacidade do processo de fabrico produzir componentes conformes.

Chiron - Máquina CNC utilizada para dar forma aos cilindros

CIP - Ponto de Informação e Comunicação

CNC - Controlo Numérico Computadorizado

Cp - Potencial do Processo Contínuo

Cpk - Capabilidade do Processo em Contínuo

CR - Área Inicial de Medição do Segmento

Egma - Base de Dados de Desenhos Técnicos de Mecânica

EPI - Equipamentos de proteção individual

FL 1 - Fluxo, linha 1

FL 2 - Fluxo, linha 2

FL 4 - Fluxo, linha 4

FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos

FS - Fim de Serie

GQT - Gestão da Qualidade Total

IFC - Custos de Falhas Internas

ISO - Organização Internacional de Normalização

ISO 9001 - Norma de Gestão de Qualidade

ISO/TS 16949 - Norma de Gestão de Qualidade do Setor Automóvel

LI - Limite Inferior de Controlo de Qualidade

LS - Limite Superior de Controlo de Qualidade

Ltd - Limitada

LVDT - Transformador Diferencial Variável Linear

M - Área Central de Medição do Segmento

M6 - Furo de fixação do cilindro no prato do travão.

M7 - Furo para “sangrar” o ar que se encontra dentro do cilindro

M10 - Furo de entrada do óleo dos travões

MOE - Modo Operatório Engenharia

MOQ - Modo Operatório Qualidade

PDCA - Planear; Fazer; Verificar; Agir

PF - Área Final de Medição do Segmento

Picot - Relevos cilíndricos colocados nas fases laterais das bielãs

PLC - Controlador Lógico Programável

PSA - Peugeot Sociedade Anónima

Q-Das - *Software* estatístico para inserção de medições das produções

Q-Stat - Extensão do *software* Q-Das para efetuar capacidade do processo de fabrico.

Ra - Rugosidade

Rai - Regulação Automática Incrementada

Rz - Rugosidade Média

S.A - Sociedade Anónima

Sap - Software de gestão

Segmento - Designação componente do travão mais conhecido por “calço”

Segmento Comprimi - Designação atribuída ao segmento que ocupa a posição esquerda no travão

Segmento Tendu - Designação atribuída ao segmento que ocupa a posição direita no travão

T-Tonelada

TPCA - Toyota, Peugeot, Citroen Automóvel

TT - Troca de Turno

VDA - Associação Industrial Automóvel

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

2D - Duas Dimensões

3D - Três Dimensões

F- Cotas Funcionais

kg - Kilograma

kV - Kilo Volt

m²- Metro Quadrado

mm- Milímetro

mm/s - Milímetro por segundo

mm/s² - Milímetro por segundo ao quadrado

ms - Mili-segundo

MPa - Mega Pascal

S - Cotas de Segurança

V - Volt

=

\bar{X} - Média das médias

xy - Plano de coordenadas no plano cartesiano referente aos eixos xy

xz – Plano de coordenadas no plano cartesiano referente aos eixos xz

yz– Plano de coordenadas no plano cartesiano referente aos eixos yz

zy - Plano de coordenadas no plano cartesiano referente aos eixos zy

% - Percentagem

Ø - Diâmetro

€ - Euro

σ - Desvio Padrão

μm - Micrometro

μ - Média

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do curso de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica surgiu a possibilidade de realização de um estágio curricular em contexto real de trabalho na Hitachi Astemo.

A mobilidade de pessoas e mercadorias é algo indispensável no quotidiano da sociedade atual e para o progresso da economia. O desenvolvimento dos meios de mobilidade foi acompanhado pelo crescimento de novas tecnologias a nível mundial, quer ao nível das infraestruturas quer ao nível dos veículos que utilizados como meio de deslocação.

A segurança dos veículos automóveis é umas das maiores exigências por parte dos fabricantes de automóveis, pois ao nível do consumidor final, sejam empresas ou particulares, no momento de adquirir um veículo, é sempre prestada especial atenção à segurança do mesmo, que se traduz na segurança do seu condutor e ocupantes. É neste ponto que os sistemas de travagem têm vindo a ganhar uma importância fulcral ao longo dos anos e, por conseguinte, têm-se verificado um maior investimento na evolução dos sistemas de travagem.

Este relatório tem como objetivo explicar todas as atividades desenvolvidas ao longo do estágio na Hitachi Astemo, mais concretamente na produção de travões de tambor.

O departamento de qualidade, onde decorreu quase na totalidade o Estágio, tem como principal função garantir que todo e qualquer componente produzido para integrar um travão a tambor cumpra todos os critérios de qualidade especificados nas normas ISO 9001 e ISO-TS 16949 e também cumprir as exigências dos construtores de automóveis. Para poder desempenhar eficientemente esta tarefa, o departamento de qualidade está constantemente em contacto com os vários departamentos da fábrica, seja o de engenharia, o de melhoria contínua ou o de manutenção.

1.1. Objetivos do Estágio

Este estágio teve como principal propósito obter uma nova aprendizagem no mundo do trabalho, colocar em prática os conhecimentos teóricos obtidos no

mestrado, e tentar ultrapassar todos os desafios diários que me foram propostos a fim de acrescentar experiência e conhecimento ao meu percurso profissional.

No início do estágio, a minha orientadora, Eng.^a Teresa Jogo, elaborou uma lista de tarefas para serem cumpridas ao longo destes meses, de forma a poder acompanhar e contribuir com eficácia nas várias funções desempenhadas pelo departamento de qualidade.

Os objetivos do estágio propostos foram enumerados da seguinte forma:

1. Aquisição de conhecimentos de controlo de qualidade, sendo necessário estudar os modos operatórios de engenharia de qualidade e gama de controlo de qualidade.
2. Conhecer os métodos de trabalho associados ao processo de fabrico e ao fluxo de produção do travão de tambor.
3. Acompanhamento dos métodos de trabalho associados ao controlo de qualidade.
4. Análise das medições dos componentes produzidos.
5. Configuração e comunicação das interfaces existentes na fábrica com recurso ao *software* estatístico Q-Das.
6. Estudo das capacidades ao processo de fabrico e aos componentes produzidos.

Estudo e execução de alterações do processo de fabrico com base nas medições dos componentes inseridos no Q-Das.

1.2.Estrutura do Relatório

O relatório de estágio divide-se em 8 capítulos. Cada capítulo descreve as respetivas fases de evolução do estágio na fábrica AbrP ao longo de 9 meses.

O primeiro capítulo é constituído pela introdução, objetivos do estágio e estrutura do relatório.

No segundo capítulo, é abordada a história da empresa Hitachi Astemo, e também a história da fábrica de Abrantes desde a sua construção até aos dias de hoje, salientando os marcos históricos.

Ainda no segundo capítulo são descritas as principais atividades da fábrica AbrP e o organograma da mesma. No terceiro capítulo é explicado o processo de fabrico que constitui a produção do travão de tambor, desde o início do processo de fabrico até à sua expedição. Outro ponto importante na descrição do processo são os fluxos de produção e a forma interligada como cada setor transforma as matérias-primas. Durante o processo é também explicada qual é a ordem de produção nos respetivos setores.

O quarto capítulo aborda a componente teórica explorada diariamente pelo departamento de qualidade da fábrica de Abrantes.

O quinto capítulo inicia-se com uma pequena introdução sobre a forma como na fábrica AbrP são feitas as medições de cada componente produzido. É utilizado o *Software Q-Das* como ferramenta essencial para aferir a qualidade dos componentes produzidos. Em situações de produção em tempo real, quando existe alguma não conformidade ou problema nos componentes produzidos, é possível, através do Q-Das, saber quais as características que se encontram fora de especificação. É possível ainda saber o seu histórico de produção até ao momento da deteção do problema, e, desta forma, efetuar as devidas correções nas diferentes linhas de produção.

O sexto capítulo aborda uma parte de grande importância em todo o processo de fabrico, isto é o modo como, o *software Q-Das* comunica com a CNC's de medição 3D para que de uma forma precisa sejam efetuadas as medições de componentes. Este tipo de tecnologia tem como função verificar as leituras de todas máquinas existentes nas linhas de montagem. É ainda descrita a forma como a alteração do processo de fabrico foi realizada devido à informação obtida pela CNC de medição 3D enviada para o Q-Das.

No sétimo capítulo são referidas e explicadas as tarefas realizadas no estágio de mestrado, tais como reuniões, realização de extratos dos custos da produção em Sap e a participação na auditoria externa.

No oitavo capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido durante o estágio, onde são demonstrados os pontos mais importantes das tarefas realizadas. São também descritas as dificuldades sentidas ao longo do estágio e será feito um balanço do mesmo.

Esta organização na estrutura do relatório tem como objetivo apresentar toda a evolução do trabalho realizado, assim como os conhecimentos adquiridos e a forma como estes foram colocados em prática na resolução dos problemas que diariamente eram apresentados.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Com 110 anos de existência, a Hitachi é, atualmente uma empresa de referência mundial. Esta está presente em quatro continentes e 140 países, desde a Europa, à Ásia, América do Norte e América do Sul, é uma das maiores empresas mundiais no sector da eletrónica, semicondutores e centrais de energia. A nível automóvel, a Hitachi produz também máquinas industriais, máquinas pesadas (escavadoras, camiões) e componentes automóveis, a nível informático faz consultadoria e cria *software* de tecnologias da informação.

A empresa conta com mais de 295,500 mil colaboradores espalhados por todo o mundo. No que toca a Portugal, a Hitachi tem escritórios de consultadoria em Lisboa e uma unidade fabril em Abrantes [1].



Figura 1 - Logotipo Hitachi Astemo [1]

2.1. Hitachi Astemo Portugal



Figura 2 - Instalações fábrica de Abrantes [2]

Contando com uma vasta história, a fábrica de travões de Abrantes foi criada em 1981 com a constituição da Bendix Portuguesa. Posteriormente, inicia-se a construção da unidade fabril em Abrantes, que terá a duração de um ano, e em 1982 tem início a produção de travões, sendo o primeiro cliente a Renault.

Dois anos volvidos, em 1894, celebra-se o fabrico do travão número 1 “Milhão” e no mesmo ano ocorre a primeira entrega de travões para a Peugeot (PSA).

O aumento da procura de travões a tambor valorizou a fábrica e todo o processo de fabrico, desta forma, novas empresas despertaram interesse em adquirir este tipo de produtos.

Em 1993 dá-se a aquisição da unidade pela Allied signal Automotive Portugal e para poder corresponder às exigências dos seus clientes, assim como acompanhar a evolução do setor automóvel, houve a necessidade de ampliar a fábrica. Com uma área total de 50000 m², o edifício corresponde a 10508 m² distribuídos por diferentes partes. Sendo o foco da fábrica a produção, a área de produção corresponde a 68% da área edificada e a restante área está distribuída em áreas mais pequenas, correspondendo 20% a armazém, 5% a escritórios e 7% ao apoio à produção.

Para acompanhar a evolução do setor automóvel é necessário estar na vanguarda da evolução, dessa forma em 1995 iniciou-se a maquinação do cilindro de roda. O trabalho desenvolvido pela Allied signal Automotive Portugal, desperta a atenção das maiores empresas mundiais que representam o setor automóvel, nomeadamente a Bosch [2].

Em 1996, a unidade fabril de Abrantes passa a pertencer ao Grupo Bosch, iniciando uma nova etapa na produção dos travões. Para satisfazer os mais exigentes critérios de qualidade, em 1997 ocorre a implementação da norma ISO 9002, QS9000 e VDA 6,1. A aplicação das normas no processo de fabrico garante aos clientes uma maior satisfação e segurança na qualidade do produto que estão a comprar.

Fruto do trabalho desenvolvido por todos os trabalhadores, em 1999 atinge-se um marco histórico para a fábrica de Abrantes e para a Bosch registando-se a produção do travão número “30 Milhões”.

Um ano mais tarde, em 2000, a fábrica torna-se líder na produção de travões de tambor resultado do excelente trabalho desenvolvido e o Grupo Bosch decide distribuir parte da produção da fábrica em Abrantes por outras fábricas do Grupo Bosch, situadas na Alemanha, França e Espanha.

Em 2001, a Toyota confia um dos componentes mais importantes dos seus carros ao Grupo Bosch, e ocorre a homologação de travões para a Toyota sendo efetuadas as primeiras entregas. [2].

O Ano de 2002 foi um ano especial para todos os colaboradores, a fábrica de Abrantes, Bosch comemorou o seu 20º aniversário contando já com uma história repleta de sucessos e a construção de bases que sustentam a qualidade e evolução dos travões de tambor.

De modo a poder continuar a apresentar resultados competitivos, considerou-se importante obter certificações que comprovassem a qualidade dos travões produzidos e em 2003 é obtida a certificação ISO-TS 16949 e 14001, certificação de relevo no mundo automóvel [2].

Como prova da confiança nos travões produzidos, mais um cliente quis adquirir os travões produzidos na fábrica de Abrantes e iniciaram-se as entregas para a Fiat.

Ao longo dos anos, cada vez mais marcas de automóveis reconhecem a mais-valia dos travões de tambor, e em 2004 a fábrica decide inovar começando a produzir um novo modelo de travões “*drum-in-hat*” fabricado para a Toyota, abrindo assim um novo paradigma no fabrico de travões, que suscita o interesse de mais marcas automóveis. Em 2005 a Suzuki encomenda os seus travões à fábrica de Abrantes e dá-se o início das entregas a todo o Grupo TPCA, constituídos pelos fabricantes da Toyota, Peugeot e Citroen [2].

Adaptando-se aos tempos e à exigência do setor automóvel, em 2007, a Fábrica da Robert Bosch comemorou 25 anos de existência em Alferrarede, Abrantes, e a cerimónia contou com a presença simbólica do general Ramalho Eanes que, enquanto presidente da República, inaugurou em 1982 as instalações desta unidade fabril. Um quarto de século de existência traduzido no aumento da capacidade produtiva, na fidelização de fornecedores e clientes e na qualidade do produto final.

Pioneira na fabricação de travões de tambor para o sector automóvel, a Robert Bosch comemorou também nesse ano um número recorde de produção – 55 milhões de travões, o que dá uma média de 12 mil travões produzidos por dia.

Com esse propósito, em 2009, a fábrica de Abrantes é certificada com as mais exigentes normas do setor automóvel, a norma ISO-TS 16949 e ISO-TS 14001. Neste mesmo ano iniciou-se a produção de cilindros de roda de alumínio substituindo o cilindro de ferro. Em 2011 a fábrica de Abrantes participou nas comemorações dos 125 anos do Grupo Bosch[2].

No ano seguinte, em 2012, ocorreram vários acontecimentos, comemorou-se o trigésimo aniversário da fábrica de Abrantes e o fabrico do travão número “60 milhões”. Estes são feitos que encheram de orgulho todos os colaboradores da fábrica, contudo o grupo Bosch decidiu vender a sua posição de mercado do fabrico de travões de tambor à empresa Chassis Brakes International, com sede em Eindhoven, na Holanda, líder em soluções de segurança automóvel e uma das três maiores empresas do mundo no fabrico de travões e seus componentes.

A Chassis Brakes opera em 12 instalações de fabrico de última geração e possui 11 centros de engenharia e escritórios de vendas na Europa, Ásia, Índia, América do Norte e América do Sul. A empresa em 2012 conta com cerca de 5.500 funcionários em todo o mundo [3].

Dois anos mais tarde, em 2014, efetua-se a alteração da designação social para CBI-Chassis Brakes International Portugal S.A. Ainda no mesmo ano ocorre um dos recordes mais importante para a estabilidade e credibilidade de qualquer fábrica: é atingido o recorde de dois anos sem acidentes de trabalho, depois de vários anos de formação e investimento em novos equipamentos para aumentar a segurança e a fiabilidade dos postos de trabalho [3].

Em 2017 a fábrica de Abrantes volta a viver mais uma etapa importante da sua vida celebrando o seu 35º aniversário. Apesar de ter passado por vários acionistas, continua a acompanhar a evolução na segurança automóvel e a preparar-se para um novo futuro que viria a acontecer dois anos mais tarde, em 2019, quando a empresa Chassis Brakes Internacional vende a sua posição à Hitachi Automotive Systems, Ltd, uma empresa da Keihin Corporation, a Showa Corporation e a Nissin Kogyo Co, Ltd. Esta integração conduziu a um novo sistema integrado de gerência na empresa em 2021, fortalecendo o desenvolvimento global e a distribuição de soluções de mobilidade mais competitivas para o novo grupo, nomeado, Hitachi Astemo [1].

A Hitachi Astemo tem o objetivo de tornar o mundo um lugar melhor, oferecendo soluções de mobilidade mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, com maior segurança e conforto, permitindo que a empresa responda de uma forma mais competitiva às condições deste mercado em constante mudança.

O nome "Astemo" alinha-se com a estratégia da empresa de "Fornecer uma vida

de mobilidade segura, sustentável e confortável por meio de tecnologias que contribuem para uma sociedade avançada e sustentável." Ao combinar as primeiras letras das palavras "Tecnologias Sustentáveis Avançadas para Mobilidade", "Astemo" descreve claramente o valor que a empresa integrada pretende proporcionar [1].

2.2. Principais Atividades

As principais atividades da Fábrica de Abrantes (AbrP) são: fabrico e montagem de travões de tambor e dos seus componentes; fabrico de componentes do travão para as fábricas do Grupo Hitachi Astemo para posterior montagem dos travões, tendo como objetivo garantir o fornecimento dos modelos de travões fabricados para as oficinas certificadas durante 10 anos; efetuar testes de garantias os travões enviadas para verificação de anomalias.

2.3. Organograma da Empresa

O organograma da fábrica AbrP, como apresentado na figura 3, é constituído pelo diretor, subdividindo-se nas várias Áreas Operacionais como: Qualidade, Engenharia, Operacional onde está incluída a Manutenção, Melhoria Contínua, Recursos Humanos, Financeira e Logística, em que cada responsável por um departamento reporta ao diretor. Sendo que o diretor da fábrica AbrP reporta as ocorrências da fábrica ao responsável Europeu da Hitachi Astemo.

A gestão da Hitachi Astemo decorre de igual forma nas várias fábricas que o Grupo detém na Europa.

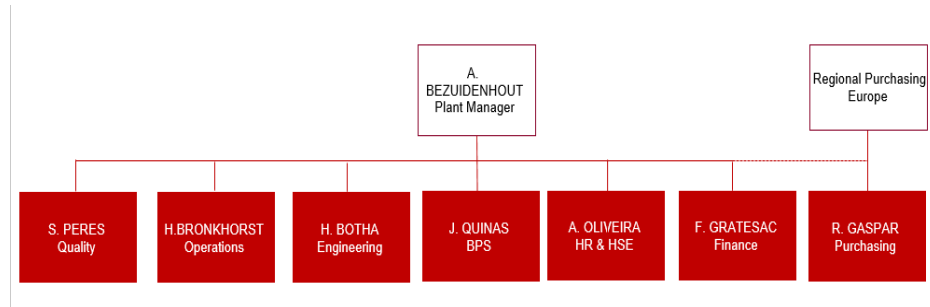


Figura 3 - Organograma fábrica de Abrantes [4]

Estas cinco áreas operacionais constituem a produção da fábrica AbrP, como é possível observar na figura 4 que representa a planta do edifício, onde cada setor exerce a sua função na produção de travões de tambor, trabalhando 24 horas por dia, de segunda a sexta-feira, conseguindo desta forma produzir treze mil travões diários.

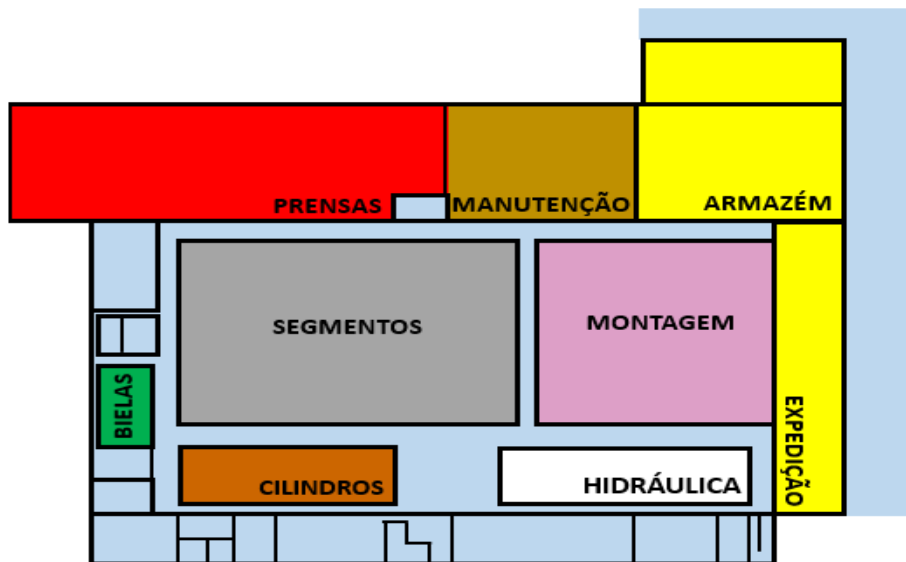


Figura 4 - Planta dos setores de produção [4]

3. Processo de Fabrico do Travão de Tambor

Sempre que necessitamos de nos deslocar, um dos principais transportes que utilizamos é o automóvel. Para que as nossas viagens sejam seguras, cada marca de automóveis desenvolve os seus equipamentos de segurança, sendo que um dos mais importantes, que tem sempre que existir, são, os travões.

No ramo automóvel existem dois tipos de travões: os de disco e os de tambor.

Sempre que um condutor pressiona o pedal do travão é acionado, no carro, o sistema de travagem, sendo o óleo dos travões injetado nos cilindros. Com a pressão que o cilindro exerce nos segmentos, estes abrem com a ajuda de uma mola, designada mola de chamada, “encostam” no tambor e a fricção dos segmentos faz com que o automóvel trave.

Como qualquer material, os segmentos também sofrem desgaste e para o compensar é utilizado um conjunto chamado “RAI”, composto por uma porca, um parafuso, uma mola de manutenção, uma biela e um linguete que, à medida que os segmentos ficam gastos, reajusta a distância entre estes e o tambor, como é possível visualizar no Anexo A. Com este sistema, minimiza-se o tempo de resposta de travagem, de forma que não se sinta desgaste dos segmentos.

Depois da travagem, o cilindro descomprime e os segmentos voltam ao estado original. Deste modo, o travão fica pronto para ser novamente acionado.

3.1. Setores de Produção

A figura 5 mostra as cinco áreas operacionais de produção da Fábrica AbrP e o fluxo seguido na produção de travão de tambor.

Em termos de constituição da fábrica possui os seguintes setores:

- Prensas;
- Segmentos;
- Maquinação de cilindros e Hidráulica;
- Bielas;

- Montagem e Sub-Montagem;
- Armazém e expedição.

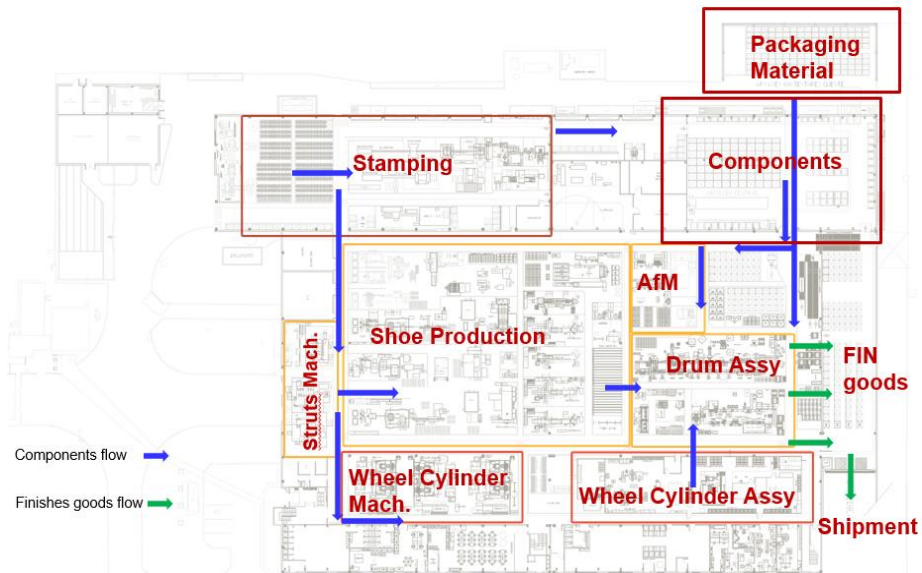


Figura 5 - Fluxo de produção [4]

3.2. Descrição dos Setores de Produção

3.2.1. Prensas

Componentes produzidos:

- **Pratos** – Peça metálica com furação adequada a cada modelo de carro, onde são colocados todos os componentes para o funcionamento do travão.
- **Alavanca** - Dispositivo de travagem acionado por um cabo de aço. Quando se aciona o travão de mão, a alavanca exerce força nos segmentos para travar o carro utilizando as rodas traseiras, por norma quando o carro está imobilizado.
- **Placa Guia** – Peça onde o cabo do travão de mão é colocado. Guia o cabo até à alavanca.
- **Alma** – Peça de metal côncava com relevo numa das fases para encaixar a

jante. A sua função é a de ligação dos outros elementos do travão, como molas de chamada e manutenção, cilindros ou bielhas, para que possam acionar o travão.

- **Jante** – Peça de formato retangular com onze furos ou com onze pontos de relevo centrados que percorrem toda a peça para que seja acoplada à alma. Na jante são coladas as guarnições.

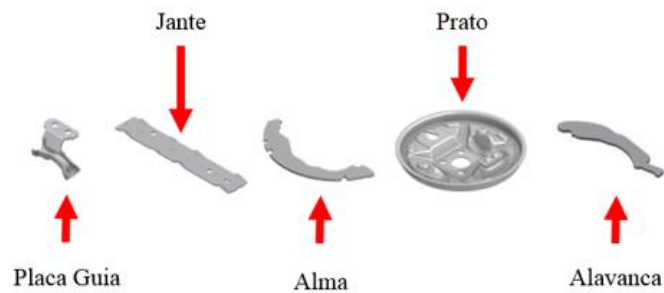


Figura 6 - Componentes produzidos no setor das Prensas [4].

O processo de fabrico dos componentes do travão de tambor começa no setor das Prensas. A chapa é a única e principal matéria-prima que chega em rolos vindos de fornecedor externo. Esses rolos são colocados no armazém das prensas. Por questões de logística e custos, o armazém e a linha de produção das prensas encontram-se lado a lado, tornando mais prática e rápida a colocação dos rolos de chapa na linha de montagem.

Cada rolo de chapa vem cortado pelo fornecedor de chapa á medida de cada tipo de referência de pratos, alavancas, placas guia, almas e jantes, para evitar desperdícios de chapa.

Conforme ilustrado na figura 7, para a estampagem de cada peça são necessárias 5 prensas para os pratos e 4 prensas para estampar os componentes (prensas para as alavancas, jantes almas, placas guias).

No que diz respeito aos pratos e às placas guia, cada prensa representa uma etapa no corte da chapa. Usando 400 T, a primeira prensa, faz o primeiro corte na chapa obtendo o primeiro “desenho” do prato, começando a adquirir a primeira forma do diâmetro e as primeiras concavidades.

A segunda prensa utiliza as mesmas 400 T de força de modo que o prato ganhe a sua forma real, tendo as suas concavidades completamente definidas.

Na terceira prensa são usadas 600 T para moldar o prato. Desta forma é possível finalizar o acabamento, a flexão aba e das concavidades e, ainda, a estampagem final. Em termos de formato final, ao sair da terceira prensa, o prato apresenta-se quase acabado e sem excesso de matéria, sendo então necessário realizar a furação do prato de acordo com as características e especificação de cada modelo de cada serie de travão. Para tal, o prato passa para a quarta prensa que utiliza 100 T e onde são efetuados os furos do prato.

A quinta prensa recorre a 50 T e é nela que são feitos os rebites do prato, finalizando o processo da estampagem do mesmo.

No próximo passo, o prato é enviado para um fornecedor externo para ser pintado.

Relativamente à estampagem das almas, jantes, placas guia e alavancas, são utilizadas 4 prensas. Estas peças, que necessitam de menos trabalho em termos de corte nas prensas, como demonstrado na figura 7, começam a ser transformadas na prensa seis e sete onde ocorre o primeiro corte das chapas que dá forma às mesmas. Esta forma é visível mesmo sem qualquer tipo de furação.

Nas seguintes prensas, número oito e nove, ocorre a furação das peças, sendo a prensa oito a que dá à peça os primeiros relevos embora depois de sair desta ainda se verifiquem rebarbas, isto é, a peça ainda necessita passar para a prensa nove para obter o seu aspeto final, sem rebarbas ou qualquer tipo de excesso de matéria nos furos ou nas arestas das peças.

Os componentes, como não necessitam de concavidades como os pratos, tornam o processo de estampagem mais rápido, em comparação com a estampagem dos pratos.

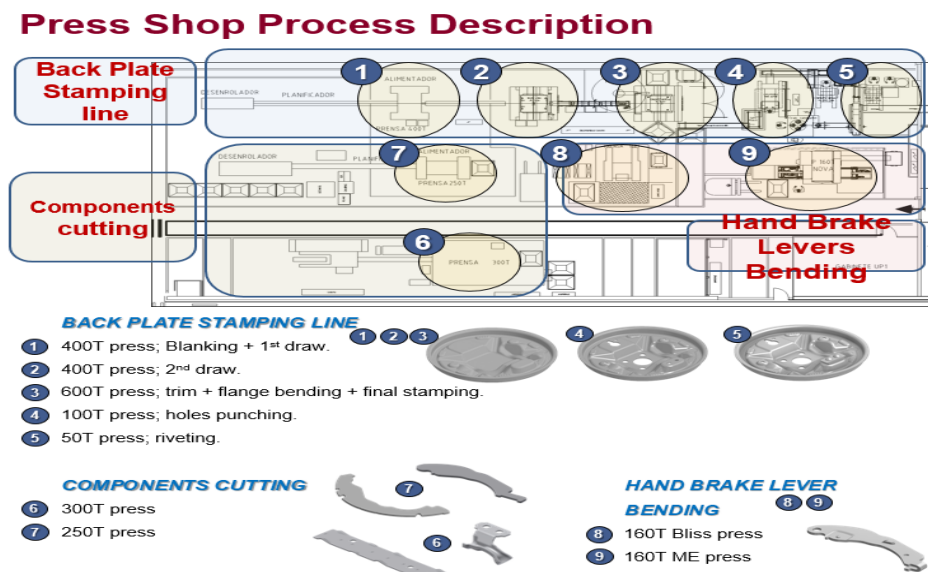


Figura 7 - Fluxo de produção das Prensas [4]

3.2.2. Segmentos

O setor dos segmentos representa o segundo sector de produção na fábrica AbrP, sendo um dos componentes mais importantes na composição do travão de tambor.

Recorrendo a uma linguagem mais comum, os segmentos são os “calços” dos travões, e estão sujeitos a grande desgaste e condições adversas.

Os segmentos são compostos pela junção de uma alma, uma jante e uma guarnição.

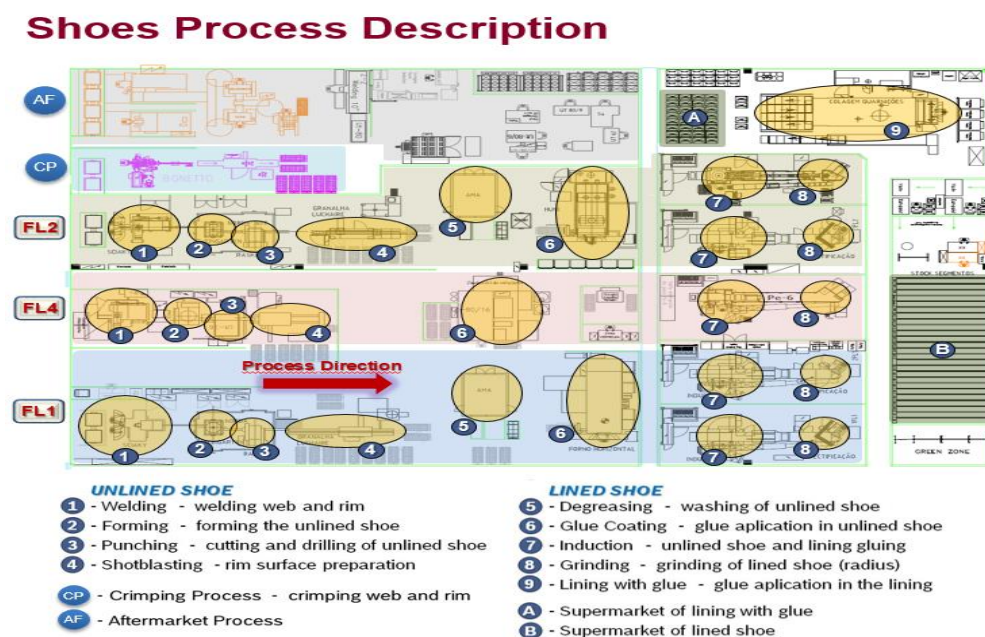


Figura 8 - Fluxo de produção dos Segmentos [4]

Produtos produzidos:

- **Segmentos Nus** - Designam-se segmentos nus, como apresentado na figura 9, todos os segmentos que não têm uma guarnição colada. Existem dois tipos de fabrico de segmentos na fábrica AbrP: Os Segmentos em que a alma é soldada por indução à jante e os segmentos em que a alma é cravada na jante.
- **Segmentos Colados** – Chamam-se segmentos colados, como representado na figura 9, a todo o segmento que depois de a alma ser acoplada à jante, leva um tratamento à base de cola para que sejam coladas as guarnições.

- **Guarnições** – Componente do travão que entra em contacto com o tambor, causando fricção no tambor com a finalidade de fazer travar o carro.

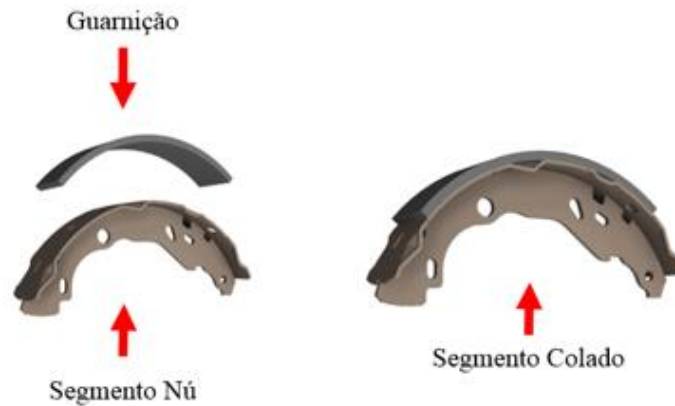


Figura 9 - Componentes produzidos no setor dos Segmentos [4]

Como todos os processos na fábrica de Abrantes (AbrP) dependem uns dos outros, os segmentos não são exceção, este é o segundo processo de produção e pela organização do processo de fabrico, recebe as peças que são estampadas nas prensas, sendo elas as jantes e as almas.

Como se encontra representado na figura 8, o processo de fabrico dos segmentos é constituído por nove etapas, sendo que existem três linhas de fabrico de segmentos em que na linha um e dois, representadas na figura 8 por FL4 e FL1 (Fluxo Linha 1 e Fluxo Linha 4), os segmentos são soldados, enquanto na terceira linha de produção FL2 (Fluxo Linha 2), também representada na mesma figura 8, se identifica o início da produção dos segmentos por cravação.

Embora inicialmente se utilizem processos diferentes de produção dos segmentos, a FL2 (Fluxo Linha 2) apenas altera a forma como são acopladas as jantes com as almas, pois na fase inicial do processo, esta não executa a soldadura mas sim faz a cravação da jante com as almas, sendo o resultado final sempre o de acoplar as almas às jantes.

Como foi anteriormente referido, só inicialmente é que o processo de fabrico dos segmentos é diferente na FL2, a partir do segundo passo do processo todas as linhas funcionam de igual forma.

Nas linhas um e quatro é soldada a jante com a alma. A jante é um componente de formato retangular que contém 11 relevos centrados ao longo desta. Estes relevos são os pontos onde os elétrodos efetuam a descarga de corrente e, no mesmo instante, a alma junta-se à jante tendo como resultado um segmento nú.

No segundo passo da linha um e quatro existe uma prensa que dá a forma côncava ao segmento. Depois da soldadura, o segmento não tem exatamente a forma côncava, sendo necessário estampar os segmentos e obter a forma côncava para que a guarnição seja colada de forma correta.

Chegado o terceiro ponto da linha um e quatro, cada segmento é perfurado e cortado de forma a se poder colocar posteriormente os outros componentes do travão. Nesta fase são também retirados os restos de matéria resultantes dos processos anteriores.

Em seguida, no quarto ponto, cada segmento é sujeito a um jato de granalha com vista à limpeza desse segmento e à criação de uma camada rugosa para aplicação futura da cola.

No quinto ponto da produção dos segmentos, estes são lavados a fim de retirar a gordura e deixados a secar para que estejam prontos para o próximo passo, representado como ponto seis na figura 8, onde ocorre a aplicação de cola nos segmentos. Para tal recorre-se a um forno com temperatura compreendida entre os 60° e os 80° Celsius onde, na sua base, se encontra a cola que irá colar os segmentos e que oscila entre os 10° e os 14° Celsius. Neste processo, os segmentos são mergulhados no forno até à sua base onde permanecem imersos na cola durante cerca de um minuto (temperatura de 10° a 14° Celsius) subindo, em seguida, pelo forno de forma rotativa (temperatura de 60° a 80° Celsius), garantindo assim a aplicação correta da cola para que as guarnições adiram de forma adequada.

O ponto 7, ilustrado na figura 8, representa o momento em que as guarnições são coladas aos segmentos. Cada série de segmentos tem uma forma e essa forma tem um circuito de ânodos que é aplicada uma tensão de 7kV. Em primeiro lugar são colocadas as guarnições, já com a cola aplicada no ponto 9 da produção, e, de seguida, na mesma forma junto às guarnições, são colocados os segmentos. Devido à aplicação da tensão de 7kV, é gerado o calor necessário para a colagem entre os segmentos e as guarnições.

Por fim, chega-se ao oitavo e último passo, representado na figura 8 da produção dos segmentos, chegando como duas peças separadas de metal e passando pelos vários

processos de transformação, os segmentos ficam prontos para montar nos pratos assim que forem retificados. A retificadora tem como função verificar a espessura da guarnição e deste modo fica garantido que a espessura das guarnições se apresenta dentro dos parâmetros exigidos pelas normas ISO 9001 e IATF 16949.

Deve-se notar que apesar de não ser oficialmente um lugar de armazém, verificam-se zonas específicas, como ilustra a figura 8 com a letra “A” e “B”, para guardar cada componente antes de ser transformado.

Como exemplo, os pontos Aftermarket (AF) “supermercado de guarnições” (A) e “supermercado segmentos” (B) são os locais onde é colocado cada produto antes de ser levado para outro processo.

3.2.3. Maquinação de Cilindros

Este setor é o responsável pelo fabrico de cilindros, componente este que desempenha um papel fundamental na estrutura e funcionamento do travão pois sem ele não seria possível travar, como foi explicado no início deste capítulo.

Para fabricar este componente são necessários dois tipos de processos chamados de maquinação de cilindro (Maquinação) e montagem do cilindro (Hidráulica). Estes nomes são aplicados devido ao tipo de trabalho que cada parte deste setor desenvolve, sendo estas designações adotadas para facilitar a explicação do processo.

Note-se que em todo o processo de fabrico dos cilindros, desde a barra até o fim de toda a maquinação são sempre utilizadas CNC’s.

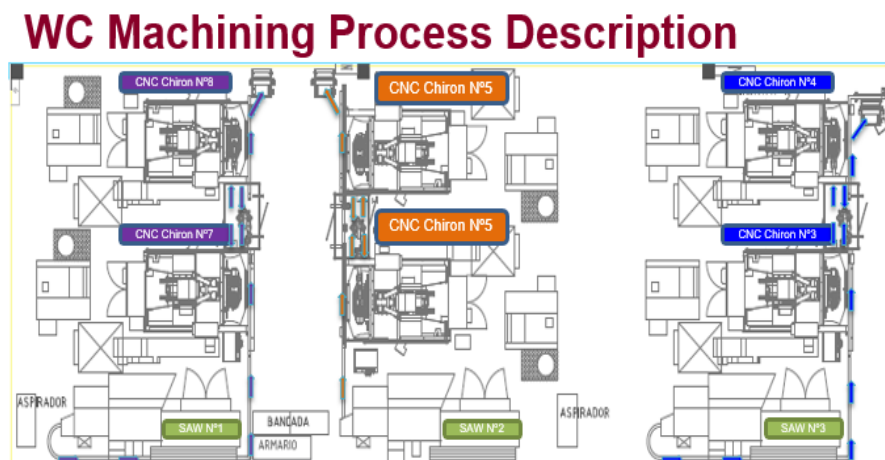


Figura 10 - Fluxo de produção da Maquinação [4]

Produtos produzidos:

Cilindros com os seguintes diâmetros.

- Ø 17,5 mm;
- Ø 19 mm;
- Ø 20,6 mm;
- Ø 22 mm.

Para se poder obter os cilindros com os diâmetros acima mencionados são necessárias barras de alumínio.

Comprado num fornecedor externo, o alumínio chega à fábrica (AbrP) de acordo com as medidas solicitadas para ser cortado nas 3 CNC's. É de salientar que, para que não exista desperdício, todas as barras que chegam à fábrica são cortadas previamente pelo fornecedor.

Após o corte da barra de alumínio, como esta ainda apresenta limalhas, encontra-se um aspirador à saída de cada CNC que, para além de aspirar a peça cortada, também tem como função aspirar as limalhas que ficam no tapete da CNC para não danificar a máquina.

Como se pode observar na figura 10, as linhas azuis e laranja indicam o percurso que as peças percorrem depois de cortadas, através de um tapete rolante com a largura das mesmas, que as faz chegar a cada Chiron.

Ao chegar à *Chiron 7, 5, e 3*, a barra de alumínio é cortada para obter o comprimento de cada cilindro. A figura 11 ilustra a forma de um cilindro antes de ser maquinado.



Figura 11 - Cilindro antes de maquinado

O processo de maquinação dos cilindros é um processo relativamente célere.

O cilindro é colocado nas *Chiron 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8*, através de um robô, onde os furos são efetuados. Todos os cilindros produzidos são constituídos por três tipos de furos, designados por M10, M7 e M6.

Esta designação identifica o tipo de função que esse furo do cilindro irá desempenhar. Assim sendo, o furo M10 tem como função permitir a entrada do óleo dos travões; o furo M7 tem como função “sangrar” o ar que se encontra dentro do cilindro no momento em que o óleo dos travões entra através do furo M10. Depois de todo o ar sair de dentro do cilindro, é verificado que o óleo dos travões do automóvel está completamente selado, sem nenhum tipo de matéria ou componente que prejudique o mesmo. E, finalmente, o furo M6 utiliza-se para fixar o cilindro ao prato do travão.

Dependendo de cada modelo de cilindro, são adicionados mais furos que servem de suporte ao cilindro no prato e, de seguida, o cilindro é lavado com jatos água.



Figura 12- Cilindro depois de maquinado [4]

3.2.4. Hidráulica – Montagem de Cilindros

Depois de maquinados, os cilindros chegam à próxima etapa do processo de fabrico. Nesta fase, já se pode afirmar que o processo de maquinação deu “corpo” ao cilindro, contudo, para estar devidamente funcional, falta montar o cilindro com os componentes específicos para que este possa atuar no travão de tambor.

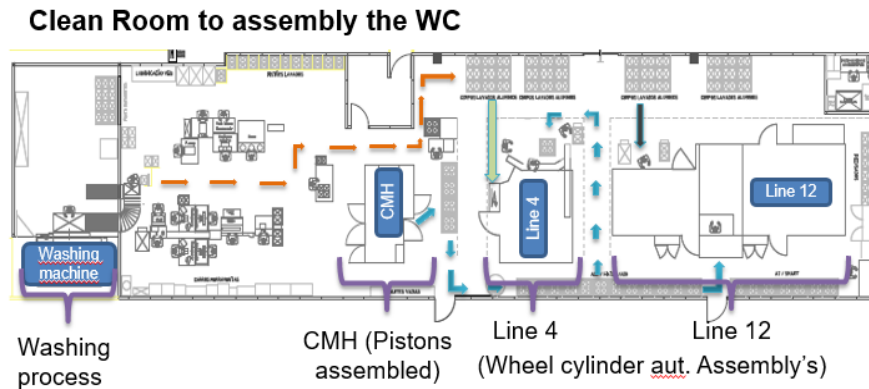


Figura 13 - Fluxo de produção da Hidráulica [4]

Produto produzido:

- Montagem de Cilindros.

Componentes montados no cilindro:

- Pistons;
- Mola;
- Vedantes;
- Tampas nos furos.

Este setor de produção tem exigências diferentes em comparação com todos os outros setores da fábrica AbrP devido ao tipo de trabalho que nele é realizado. Toda a área da Hidráulica é fechada, como ilustra o Anexo B, com temperatura controlada e os operadores têm que estar de bata, touca e luvas apropriadas para que não haja contaminação dos cilindros por nenhum elemento alheio durante o seu processo de fabrico. A hidráulica é constituída por 4 linhas de montagem, em que três delas são automáticas e uma é manual. Também é possível encontrar uma zona de lavagem por onde os cilindros entram, como é ilustrado na figura 13.

É de referir que, em termos de montagem dos cilindros, o processo manual segue os mesmos passos que o processo automático.

Depois de terminado o processo de maquinação dos cilindros, estes são transportados para a hidráulica onde são colocados numa máquina que os lava com água sobre pressão, para garantir que os cilindros não tenham qualquer tipo de matéria indesejada, sendo posteriormente deixados a secar em cestos de metal.

Todos os componentes utilizados no fabrico dos cilindros são lavados para não contaminarem o fabrico dos mesmos.

Após a secagem dos cilindros, pistons e borrachas, inicia-se o processo de montagem. No primeiro passo, o cilindro é colocado num suporte metálico para lhe ser inserido um vedante líquido e, em seguida, é colocado um dos pistons. Antes da colocação do piston no cilindro, é inserida uma argola de borracha no piston, que tem a função de evitar o desgaste do cilindro e do piston e também de garantir que o óleo circule na folga que existe entre o cilindro e o piston.

O cilindro é colocado numa calha para que o operador seguinte coloque uma mola, sendo que esta mola encaixa numa concavidade que está no centro do piston e logo depois, o mesmo operador coloca o outro piston.

Para conter a fuga de óleo, é colocado em cada extremidade um capuchum, isto é uma borracha maleável que se localiza em cada lado do diâmetro do cilindro.

Por fim, para terminar este processo, é injetado ar comprimido no furo onde será colocado o tubo do óleo dos travões e verificado se existem fugas. Após comprovado que o cilindro está a funcionar corretamente, são colocadas duas tampas para vedar o cilindro. Na figura 14, é possível observar um exemplo de cilindro já concluído.



Figura 14 - Exemplo de um cilindro montado [4]

3.2.5. Maquinação de Bielas

A Maquinação de Bielas representa o quarto setor da fábrica AbrP e encontra-se situada no antigo cais de carga e descarga de matérias-primas e componentes. Este setor foi adicionado à linha de produção da fábrica AbrP devido ao aumento de produção de travões de tambor. Devido à falta de espaço junto do setor da maquinação de bielas foi necessário colocar uma CNC fora do espaço do mesmo.

O setor da maquinação de bielas é constituído por 4 CNC's responsáveis por “tratar” as bielas que chegam do fornecedor em bruto.

Note-se que durante a explicação deste setor e, para facilitar a compreensão do processo, a descrição das bielas será feita de acordo com o seu diâmetro, ou seja, as bielas de diâmetro $\varnothing 8$ são designadas bielas de 8, enquanto as bielas de diâmetro $\varnothing 9$ serão designadas de bielas de 9.

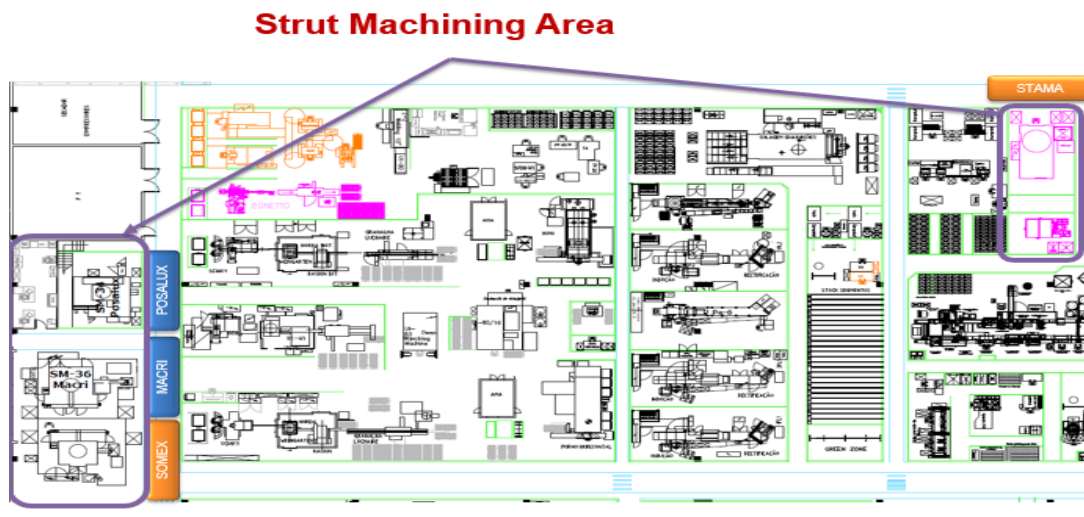


Figura 15 - Fluxo de produção da maquinação de Bielas [4]

Produto produzido:

- Bielas.

Componentes montados

- Bielas de $\varnothing 8$ Polegadas;
- Bielas de $\varnothing 9$ Polegadas.

Como referido na descrição do funcionamento do travão de tambor, as bielas são parte constituinte do conjunto RAI (parafuso, porca, linguete, lâmina e bi-lâmina), conjunto este que auto ajusta a distância dos segmentos e do tambor.

Na fábrica AbrP, cada biela é utilizada de acordo com o modelo de travão, por este motivo as bielas de 8 e as bielas de 9 têm diferentes tipos de utilização.

As bielas de 8 apresentam uma particularidade relativamente às bielas de 9, estas têm diferentes apoios nos segmentos consoante o lado do travão no carro, como tal, existem bielas de 8 para o travão esquerdo e para o travão direito.

Como demonstra a figura 15, cada uma das bielas tem uma CNC adequada, assim sendo, as bielas de 8 são maquinadas nas CNC's com os nomes "Macri" e "Posalux", enquanto as bielas de 9 são maquinadas nas CNC's "Stama" e "Somex".

Chegadas do fornecedor, cada biela é encaminhada para as respectivas CNC's consoante o seu diâmetro.

As bielas que chegam à fábrica não se encontram dentro das especificações exigidas por cada marca de automóveis, sendo necessário serem trabalhadas. Este processo inicia-se após ser efetuada a distribuição das bielas por cada uma das CNC's.

Nas CNC's "Macri" e "Posalux", o operador coloca cada biela de 8 num tapete e, quando o sensor de presença deteta a biela, um braço robótico agarra-a colocando-a no molde da CNC. Dentro da CNC, a biela é maquinada para obter todas as dimensões de acordo com as exigências de cada marca. É importante garantir que os "picots", relevos de forma cilíndrica colocados nas faces laterais das bielas, têm a cota correta para que a lâmina e a bi-lâmina possam ser cravadas.

Os "picots" são exclusivos das bielas de 8 mm de diâmetro, como denota a figura 16. A biela de 9 mm tem dois furos laterais em cada face onde são cravadas a lâmina e a bi-lâmina. Junto ao encaixe da biela de 9 nos segmentos, é possível ver dois furos onde é colocada a mola de manutenção.

Depois de todo o processo concluído, as bielas são transportadas para junto do setor da montagem para lhes ser colocado o linguete.



Figura 16 - Bielas maquinadas [4]

3.2.6. Montagem

Por fim, chega-se ao último setor de produção da fábrica AbrP: a Montagem. Este é o setor onde todos os componentes chegam para a montagem final do travão.

Existem várias séries de travões que são distribuídas pelas duas linhas de montagem, sendo ambas muito semelhantes no que toca ao processo de montagem dos travões. Em cada linha de montagem é possível montar todo o tipo de travões fabricados, contudo, por uma questão de gestão, cada linha está mais dedicada à montagem de determinadas séries de travões.

LINHA 1

Produto produzido:

- Travões.

Séries de travões montados:

- J 92;
- B0/ Jaso.

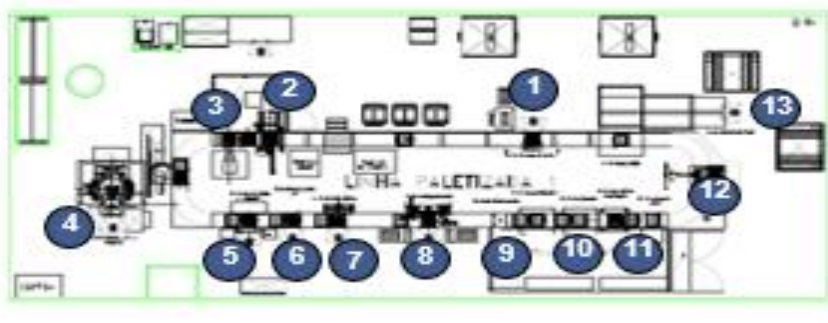


Figura 17 - Fluxo de produção Linha 1 [4]

A linha 1 assegura a montagem dos travões da série J 92 e B0/Jaso, sendo estas as duas séries mais produzidas na fábrica AbrP.

Todos os componentes produzidos na fábrica ou vindos de fornecedores externos

que integram o travão, são montados de forma sequencial e paletizada, significa isto que a linha 1 está desenhada para montar o máximo de travões no menor tempo que cada máquina e cada robô permite.

Tudo tem início no passo 1 no qual, com a introdução dos pratos, o pino da alavanca é colocado manualmente no prato antes de este ser introduzido num tapete com um suporte vertical próprio. Mais à frente outro operador introduz o cilindro noutra tapete com um suporte próprio para o cilindro.

Em seguida, no passo 2, um robô aparafusa o cilindro no prato, pois estes chegam de modo a que sejam facilmente aparafusados. Posteriormente, no passo 3, outro robô coloca no tapete o prato já com o cilindro aparafusado (prato + cilindro) para que neste seja colocada uma massa onde irão assentar os segmentos. Chegando ao passo 4, é efetuado e acoplado um rebite na alavanca onde irá ficar o cabo do travão de mão. Depois, a alavanca é cravada ao segmento. Todo este processo é automático e efetuado por robôs.

No 5º passo da linha 1 de montagem, um robô introduz o segundo segmento na linha de montagem e decorre então a colocação manual do conjunto biela com os segmentos, sendo que os pratos irão receber no passo 6 a montagem manual dos conjuntos biela mais segmentos.

Para que aconteça o ajuste dos segmentos ao tambor devido ao seu desgaste com o decorrer da utilização, é necessário adicionar as molas de manutenção e as molas de chamada. Este processo é feito em separado para garantir a perfeita colocação das molas, sendo estes passos representados na figura 17 pelos números 7 e 8.

Devido à sua especificação, os processos 5, 6, 7 e 8 são efetuados pelo operador, sendo esta a parte correspondente ao processo manual.

Efetuada automaticamente e recorrendo à ajuda de robôs, depois de todos os componentes estarem montados, é necessário que estejam devidamente colocados e centrados de acordo com o diâmetro do travão. Por este motivo é efetuado um pré-ajuste denominado de pré-diâmetro. Todavia para garantir que nenhum componente está fora do seu lugar, é efetuada uma nova confirmação, chamada de ajuste final do diâmetro. Este processo de verificação caracteriza os passos 9 e 10, e é fundamental, pois se o travão não estiver devidamente centrado não existe travagem.

No passo 11, um robô testa a presença de todos os componentes do travão e verifica se estes estão a funcionar como é devido. Caso o travão não esteja a funcionar corretamente e seja rejeitado, será encaminhado para outro tapete, saindo assim da linha

de montagem. Posteriormente, no passo 12, é colocada a referência no prato com o dia e ano em que foi produzido.

Por último, no 13º passo, um operador verifica, mais uma vez, que todo o travão está conforme a especificação exigida por cada marca, sendo embalado de seguida.

Note-se que a 1ª linha de montagem tem uma particularidade em relação à linha 2, isto porque junto do passo 4 (onde é acoplado um rebite na alavanca) existe a cravação das bielas com as lâminas e bi-lâminas.

Neste processo o operador introduz a biela num molde juntamente com a lâmina, bi-lâmina e o linguete, seguidamente, o molde com os componentes é transportado por um tapete rolante para a biela ser travada.

Este é um processo que distingue a linha 1 da linha 2, que será explicada de seguida.

LINHA 2

Para poder fazer face ao elevado número de encomendas de travões de tambor, houve a necessidade de criar mais uma linha de montagem para corresponder às especificações de montagem que cada série de travões necessita, designando-se esta de linha 2. Porém pode dizer-se que os principais processos de montagem são semelhantes aos efetuados na linha 1.

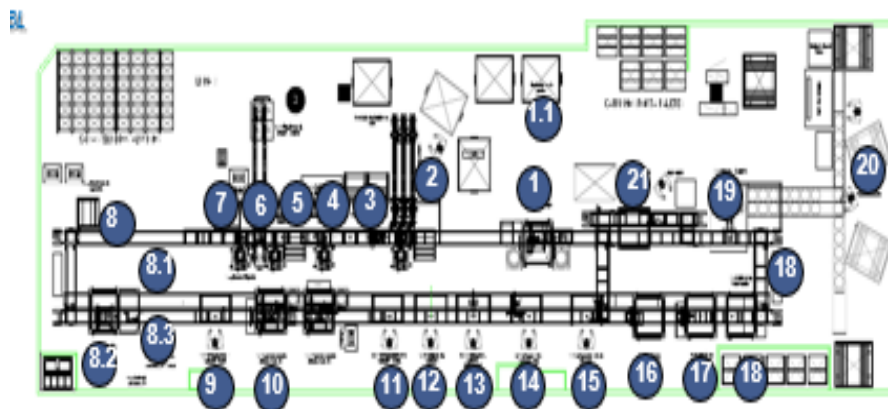


Figura 18 - Fluxo de produção Linha [4]

Produto produzido:

- Travões.

Série de travões montados:

- X98;
- H79;
- A94;
- A9;
- JASO;
- F3M;
- CMFB;
- BJA “8”;
- BJA “9”.

A linha 2 é dedicada à montagem dos travões das séries X98, H79, A94, A9, JASO, F3M, CMFB, BJA “8” e BJA “9”. Tendo em conta a grande variedade de travões para montagem foi necessário adaptar a linha 2 com uma gama de moldes específicos, de acordo com os travões que são montados. Os moldes dos travões encontram-se junto à zona de embalagem para não perturbar a produção.

Em termos de ordem do processo de montagem, a linha 2 é semelhante à linha 1, mas existem mais controlos visuais e de presença em comparação com a linha 1.

De acordo com o indicado na figura 18, o início da montagem encontra-se no posicionamento do pino no furo do prato onde entra o cabo do travão de mão, sendo este temporariamente armazenado numa palete (passo 1.1) para que seja transportado para o passo 2 em que o prato é colocado num tapete com um suporte vertical e transportado até ao passo 3, onde, com a ajuda de um robô vertical, se faz o alinhamento do pino colocado no furo do cabo do travão de mão. O tapete rolante leva o prato até ao passo 4 para que seja colocada no prato uma massa onde irão assentar os segmentos. De seguida, é efetuado o controlo de presença da massa no prato. Note-se que esta parte do processo é bastante rápida apesar do elevado número de etapas nele incluídas.

Na etapa 6, como o evidenciado na figura 18, ocorre a introdução do cilindro por um operador noutro tapete com um suporte próprio para o cilindro. Este é colocado no furo correspondente do prato, mas não é aparafusado de forma automática é colocada a placa

guia. Na etapa 7 ocorre o posicionamento dos componentes já montados no travão (cilindro e placa guia).

Em seguida, na etapa 8, como ilustra a figura 18, ocorre o posicionamento manual na alavanca e é efetuada a cravação no segmento da alavanca do travão de mão, iniciando-se a revisão e controlo visual da cravação da alavanca no segmento, juntamente com a verificação do movimento livre da alavanca. Estas etapas correspondem aos passos 8.1, 8.2 e 8.3 da figura 18 da linha 2.

Na etapa 9, como indica a figura 18, ocorre a introdução de outro segmento denominado de comprími na linha de montagem. Este segmento é colocado num tapete paralelo à linha de montagem, em que no seu término existe outro robô que introduz o segmento na linha de montagem.

Chegada a etapa 10, como denota a figura 18, dá-se o aparafusamento do cilindro no prato com a ajuda de um robô, faltando apenas para a conclusão da montagem do travão, a montagem dos seus componentes, dos segmentos e do conjunto RAI (biela com as lâminas e bi-lâminas e linguete). Esta montagem é efetuada de forma manual, em que cada um das etapa é executada por um operador, isto é, os passos 11,12 ,13 , 14 e 15, representados na figura 18.

Neste ponto, o travão está quase montado, faltando apenas o ajuste de diâmetro. Sobre o mesmo tapete utilizado desde o início da montagem, na etapa 16 realiza-se um ajuste de pré-diâmetro e em seguida o ajuste final do diâmetro, na etapa 17, como ilustrado na figura 18.

Com o travão ajustado na etapa 18, como demonstra a figura 18, é efetuado o controle da presença dos componentes do travão. Este controlo é efetuado por um robô vertical que desce sobre o travão que se encontra no tapete. Este robô utiliza sensores de presença para fazer a verificação e testa se o travão está funcional com a utilização de pequenos braços robóticos.

Quase a terminar o processo, na etapa 19, como exemplifica a figura 18, os travões que funcionam corretamente são marcados com número de série, enquanto na etapa 20, um operador faz o controlo visual e o embalamento dos travões.

Por outro lado, os travões que foram rejeitados são encaminhados para a supervisão na etapa 21. Neste ponto é feita a sua recolha e os técnicos de qualidade são alertados para que sejam analisados os possíveis motivos para a ocorrência desta rejeição de forma a poder proceder-se à afinação das máquinas a que corresponde cada defeito.



Figura 19 - Travão de Tambor Montado [4]

3.2.7. Armazém e Expedição

Todas as unidades fabris têm um armazém para guardar os componentes vindos de fornecedores e uma zona de expedição onde são efetuadas as cargas dos camiões.

Na fábrica AbrP, o armazém e a zona de expedição partilham o mesmo espaço, ou seja, para manter os componentes que são enviados pelos fornecedores, estes podem ser temporariamente guardados na zona de expedição porque está muito próxima dos setores de produção, o mesmo se aplica aos travões que foram produzidos.

Este tipo de gestão da zona de armazenamento e expedição é feita para que os componentes estejam pouco tempo armazenados e os travões, assim que sejam produzidos, possam ser enviados para as respetivas marcas. Por questões financeiras, os travões e os componentes devem estar o menos tempo possível no armazém.

Para esse efeito existem três cais, em que dois deles são traseiros, cujas funções são de abastecimento de componentes e expedição da produção de travões, e um deles é lateral, sendo utilizado apenas para abastecimento do setor das Prensas com os rolos de chapa.

4. ENQUADRAMENTO TÉORICO

O ser humano, no seu quotidiano, sempre procurou uma forma de melhorar a sua vida nas suas várias vertentes. Ao fazê-lo, procurava por qualidade sem se aperceber verdadeiramente do significado desta palavra.

A implementação e desenvolvimento da Qualidade no mundo industrial e empresarial intensificou-se de tal forma no final dos anos 80 e 90 do século XX que se tornou um fator de competitividade e subsistência das empresas. A falta de qualidade nos produtos produzidos pode ditar o fecho de uma empresa [5].

É possível entender-se o conceito base de qualidade analisando a sua evolução ao longo dos tempos e compreendendo o seu progresso até à atualidade.

A qualidade pode traduzir-se em diferentes técnicas e características passíveis de analisar num produto, seja a sua funcionalidade, a sua aparência, preço, segurança e ambiente [6].

De forma a fazer um controlo de qualidade, ainda que esta tenha a sua componente subjetiva, pois existem diferentes formas de definir a qualidade de um produto, existe uma procura pela quantificação e mensurabilidade das características deste, a fim de a tornar cada vez mais imparcial [5].

4.1. Controlo Estatístico e Garantia da Gestão de Qualidade

No início dos anos 30 do século passado, começou-se a chegar à conclusão de que restringir a qualidade apenas à inspeção do produto acabado se estava a tornar insuficiente. A quantidade de desperdícios era elevada uma vez que, aquando da ocorrência de uma não conformidade, esta raramente era reparada de forma eficaz e na sua totalidade, comprovando-se a falha ao inspecionar apenas o produto quando acabado.

Com o término da Segunda Guerra Mundial, os mercados tornaram-se mais dinâmicos e competitivos. A produção em grande escala não era suficiente, pois era preciso produzir bem, com o mínimo de não conformidades [5].

O poder de compra aumentou, assim como as pressões causadas pela concorrência nos vários setores de atividade. O cliente tornou-se cada vez mais exigente, fazendo com

que nas empresas se verificasse a necessidade de implementar uma melhoria contínua.

As organizações tiveram de se tornar dinâmicas, com capacidade de se renovar e inovar, de se adaptar às mudanças internas e externas, de resolver problemas e ainda agregar o valor que os clientes pretendiam a cada produto.

No entanto, a qualidade tende a evoluir conceitos, desde a inspeção, o controlo da qualidade, a garantia da qualidade até à Gestão da Qualidade Total (GQT).

O conceito de qualidade passou então a ter os seguintes pilares [6]:

- **Inspeção** - corresponde à verificação dos componentes produzidos de acordo com as especificações indicadas para cada produto. São, deste modo verificadas as conformidades dos produtos [7];
- **Controlo da Qualidade** - refere-se à intervenção no processo de fabrico, de forma que se corrijam as não conformidades e se tomem as adequadas medidas corretivas para repor o processo dentro da normalidade [7];
- **Garantia da Qualidade** - refere-se às atividades da organização (empresas e fábricas) mais relacionadas com a obtenção da qualidade pretendida nos produtos produzidos e à garantia da capacidade do processo de fabrico [5];
- **Gestão pela Qualidade Total** - abrange os conceitos anteriores, relativos às atividades de controlo de qualidade, nos componentes e processos, como a todos os colaboradores da empresa ou organização [8];
- **Zero Defeitos** – é um princípio que tem por base fazer bem desde o início da produção. Isto é, efetuar o controlo de cada processo para que, logo a partir do primeiro componente produzido não se verifiquem inconformidades [8].

O impacto da qualidade no funcionamento dos processos de fabrico passou a ser reconhecido pelas chefias das empresas, tornando-se estas conscientes da sua relevância no futuro sucesso e competitividade da organização. Desta forma, a qualidade deixou de ser apenas parte do dia-a-dia da empresa, mas passou a integrar também a gestão estratégica do negócio.

Nesta fase, teve-se como propósito a aproximação do cliente com a empresa. Para além das normas definidas internacionalmente, como a ISO 9000 e ISO 9001, existia também a legislação relativa à defesa do consumidor, e a execução de um plano estratégico processual e contratual muito conciso.

No que toca a Portugal, o país tem vindo a evoluir significativamente nesta área, principalmente após a adesão à União Europeia, o que permitiu o alargamento das fronteiras e o acesso a novos mercados. A década de 90 do século XX testemunhou o aparecimento dos Modelos de Excelência que redefiniram o conceito de Qualidade Total.

A nível nacional tem particular importância o Prémio de Excelência – Sistema Português de Qualidade visto ser uma distinção atribuída com base no Modelo de Excelência da *European Foundation for Quality Management*, que visa promover e reconhecer publicamente as organizações que se destaquem pelos resultados obtidos através da aplicação dos métodos de GQT no caminho para a excelência [6].

4.2. 5S e Controlo Visual

O sistema 5S é considerado um dos programas básicos de qualidade, de tal forma que é a parte inicial de vários outros programas da mesma área ,tendo por objetivo, não apenas a limpeza, mas principalmente o alcance da qualidade e produtividade.

O processo 5S tem por base a eliminação de resíduos, isto é, a supressão das não conformidades. Para além disto, acrescenta organização ao espaço de trabalho, denominado “chão de fábrica”, tornando-o limpo, ordenado e de fácil acesso, tanto para as matérias-primas como para os operadores. Deste modo, contribuiu para a eficiência do desempenho geral [9].

Ao ser executada a estratégia 5S é possível colocar em prática operações padronizadas, bem como tornar exequível a qualidade total, permite ainda uma gestão através do controlo visual que facilita a identificação de desperdício e, por conseguinte, oferece uma maior segurança e satisfação aos funcionários [10]. O controlo visual é frequentemente utilizado no controlo de qualidade em termos de proceder à sua comparação com outros tipo de de controlo.

De forma a auxiliar o controlo visual recorre-se a uma base de dados com os conjuntos de não conformidades que ocorreram, denominadas ajudas visuais, de modo a poder orientar os operadores e técnicos de qualidade nas verificações. A padronização da inspeção visual dos componentes tem por fim evitar as falhas de observação e subjetividade em relação às não conformidades encontradas.

Etapas para um controlo de qualidade visual [13]:

- **Triagem visual** – Análise de possíveis não conformidades nos componentes produzidos;
- **Deteção** – Encontrar o defeito nos componentes após a análise dos mesmos;
- **Classificação das não conformidades** – Classifica uma não conformidade de acordo com a sua importância e grau, para cada nível de qualidade do produto;
- **Decisão** – O tipo de grau da não conformidade irá ser decisivo para a rejeição ou aceitação do componente.

4.3. Diagrama Ishikawa

O diagrama de causa-e-efeito ou diagrama de Ishikawa (1982) é uma ferramenta essencial para alcançar a Qualidade Total, pois permite identificar profundamente as possíveis causas que provocaram o problema identificado.

Existem seis causas principais a considerar no que pode ser o motivo de um problema.

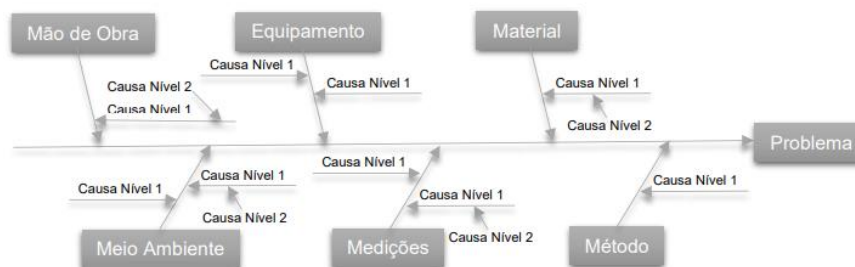


Figura 20 - Diagrama de Ishikawa [11]

Ao analisar o diagrama é possível selecionar as causas com maior probabilidade de serem responsáveis pela origem de um problema. Sendo, desta forma, determinados posteriormente os procedimentos corretivos necessários à supressão das mesmas, bem como, definido um responsável pela sua implementação e monitorização. Por fim, avalia-se a eficácia das ações e comunicam-se os resultados obtidos.

4.4. Ciclo PDCA

Como técnica de controlo de qualidade, o Ciclo PDCA significa: “Plan”, “Do”, “Check” e por último “Act”. Em português tem o significado de planear, fazer, verificar e agir.

Com objetivo à melhoria contínua de um processo de fabrico, pretendendo criar um plano de ações com o propósito de identificar problema relacionados com a qualidade do processo fabrico e os componentes produzido ou até na estrutura de uma empresa.

Examina-se os diversos problemas, investiga-se a origem desses problemas, sendo que são escolhidas medidas para combater esses problemas á extinção dos mesmos. Por fim, são documentadas todas as medidas realizadas passando a constar as práticas padrão da fábrica ou empresa, desta forma contribui para a melhoria contínua da qualidade [10].

O ciclo PDCA rege-se por orientações de execução claras, tais como:

- **Identificação e Descrição do Problema** - Nesta fase pretende-se identificar e determinar com precisão os problemas mais críticos e prioritários;
- **Análise do Problema** - É o momento em que se observa o problema previamente identificado com o propósito de reunir mais informações, de mostrar que o problema existe e de analisar o processo identificado;
- **Análise das Causas do Problema** - Através da análise dos dados recolhidos determinam-se as causas dos problemas encontrados com o intuito de designar as causas-raiz fundamentais do problema em questão;
- **Realização do Plano de Ação** - Após detetadas as presumíveis causas fundamentais, procede-se à estruturação de um plano de ação para subtração e redução das consequências indesejáveis das causas fundamentais;

Em suma, o ciclo PDCA é uma ferramenta de simples compreensão, mas de bastante eficácia na resolução de problemas. Este facilita a gestão das novas soluções implementadas, assegurando que as ideias sejam convenientemente testadas antes do projeto final.

O facto de este ciclo ser de fácil aplicação em diferentes ambientes, torna-o universal e bastante vantajoso [10].

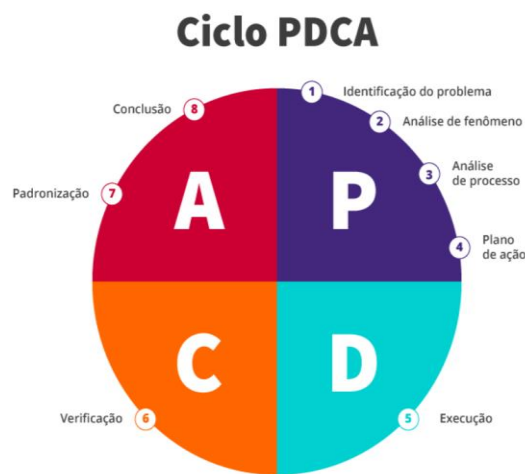


Figura 21 - Ciclo PDCA [14]

4.5. Estudo de Capabilidades

Quando um processo produz componentes passíveis de medição utilizando uma Distribuição Normal, o processo pode ser descrito através da sua média μ e pelo seu desvio padrão $\hat{\sigma}$. Utilizando os dados obtidos de uma amostra de componentes produzidos em cada setor de produção, é possível estimar os valores da μ e do $\hat{\sigma}$ recorrendo aos dados inseridos no *software* de controlo e qualidade, Q-Das. O \bar{X} (média aritmética) e o S (Desvio padrão da amostra), serão estimados pelos valores de μ e $\hat{\sigma}$ [17].

Relativamente à média aritmética de \bar{X} quer a média das médias $\bar{\bar{X}}$ quer os limites superiores e inferiores de controlo de qualidade são estimados a partir da μ e do $\hat{\sigma}$, onde o $\hat{\sigma}$ representa o desvio padrão calculado a partir da equação 4.1 [17].

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde:

$\hat{\sigma}$ – Desvio Padrão

\bar{R} – Estimativa imparcial para $\hat{\sigma}$

d_2 – Fator de correção

Os índices de capacidade fornecem informação acerca das medidas de valor numérico, de forma a ser possível quantificar a capacidade do processo ser mais eficaz na produção de componentes. De um modo geral, é possível avaliar o estudo da capacidade de processo de duas formas [18]:

- **Capabilidade do processo:** permite avaliar o desvio padrão, relativamente a valores referentes dos LI (Limite inferior) e LS (Limite Superior) especificada para cada componente, assim como a análise da média, tendo em conta a especificação, ou seja, o valor nominal de cada característica.

C_p compara a variabilidade do processo com a variabilidade máxima aceite pelo cliente, sendo calculado pela seguinte fórmula [16]:

$$C_p = \frac{LI - LS}{6S} \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde:

LI – Limite Inferior de especificação

LS - Limite Superior de especificação

S - Desvio padrão da amostra

- **Capabilidade contínua do processo:** é a forma de averiguar o comportamento do processo a longo prazo, com o objetivo de incluir todas as causas comuns de variação e causas comuns que persistam ao longo dos diferentes intervalos de tempo em que são recolhidas as amostras do processo.

A capacidade do processo é determinada por comparação mediante o comportamento do processo e as medições, que estão situados dentro da especificação de intervalo de limite superior (LS) e o limite inferior (LI). Depende dos limites de especificação, da R, do S e do processo. Analisa-se em relação a uma característica que é registada do *software* Q-Das [18].

O Cpk mede a variabilidade com base na média, podendo ser utilizado quando existe apenas um limite de especificação. Quando o valor é 1 significa que as amplitudes da variabilidade do processo são iguais às amplitudes das especificações. Por norma, o valor mínimo aceite é de Cpk 1.33. Será de 1.67 quando a exigência é elevada, ou de 2 em situações críticas [16].

$$Cpk = \left[\frac{LS - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LI}{3\sigma} \right] \quad \text{Equação 4.3}$$

Onde:

LI – Limite Inferior de especificação

LS - Limite Superior de especificação

\bar{X} - Media das Médias

$\hat{\sigma}$ - Desvio Padrão

Para melhorar a qualidade das medições é de grande importância que se intensifique a precisão e a exatidão da forma como é medido cada componente. Na figura 22 está exemplificada a diferença entre os conceitos de precisão e exatidão [18].

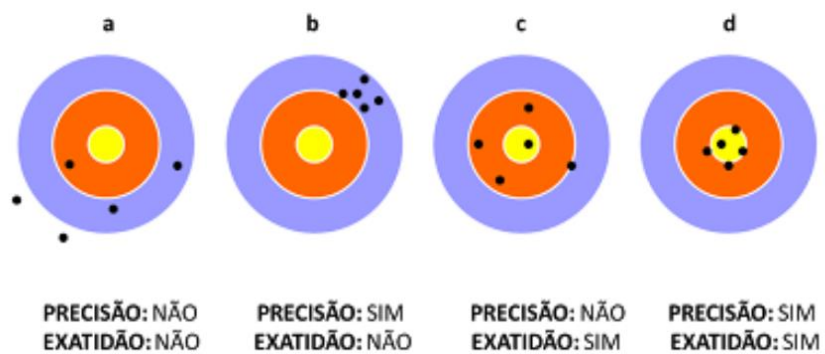


Figura 22 - Conceito de precisão e exatidão [16]

5. Configuração do Q-Das

Para garantir a qualidade do produto, a fábrica (AbrP) recorre a um *software* estatístico designado por Q-Das. Este é utilizado para reconhecer dados da produção, visualizá-los e avaliá-los a fim de aumentar a eficiência do processo.

O projeto relativo ao *software* Q-Das e à sua estrutura de dados desenvolve-se em várias etapas devido à especificidade de cada processo e à necessidade de efetuar o controlo de qualidade de cada peça em diferentes momentos da produção.

Numa primeira etapa será necessário efetuar um levantamento no terreno de cada processo existente na fábrica AbrP, nomeadamente o tipo de peças que cada setor produz de modo a obter informações acerca do tipo de plano de controlo de qualidade necessário para garantir a especificação de cada peça e assim garantir também o controlo e a calibração correta de cada máquina.

A segunda etapa consiste em verificar os dados no Q-Das recolhidos do processo de fabrico das características de cada componente, como demonstrado na figura 23. Após a recolha dos dados, efetuar o cálculo probabilístico referente a cada característica dos componentes produzidos, e analisar os critérios e especificações de cada ciclo de produção, no arranque de série, no fim de série e na mudança de turno.

Por último, com base nos dados recolhidos das características de cada componente, se existirem valores que não correspondem aos parâmetros de especificação deve-se calibrar as máquinas do setor em questão, reprogramar os automatismos (robôs, autómatos, CNC's) para que a produção decorra de forma correta.

Component Name	Type	Location	ID	Manufacturer
CMP - Alma	Prensas	Alma	0204L92765	Procella
CMP - Alma	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L92765	Procella
CMP - ATM - Direito	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Direito	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Direito - 1 pç c/ 2 horas	Prensas	Corte ATM	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Direito - 1 pç c/ 2 horas	Prensas	Corte ATM	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Direito - AS/FS	Prensas	Corte ATM	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Direito - AS/FS	Prensas	Corte ATM	0204L95234	Procella
CMP - ATM - Esquerdo	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L95233	Procella
CMP - ATM - Esquerdo	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L95233	Procella
CMP - ATM - Esquerdo - 1 pç c/ 2 horas	Prensas	Corte ATM	0204L95233	Procella
CMP - ATM - Esquerdo - 1 pç c/ 2 horas	Prensas	Corte ATM	0204L95233	Procella
CMP - ATM - Esquerdo - AS/FS	Prensas	Corte ATM	0204L95233	Procella
CMP - ATM - Esquerdo - AS/FS	Prensas	Corte ATM	0204L95233	Procella
CMP - Conjunto Travão - Controlo Final - Direito - AS / FS	Montagem	Controlo Fim de Linha	0204L79433	Procella
CMP - Conjunto Travão - Controlo Final - Esquerdo - AS / FS	Montagem	Controlo Fim de Linha	0204L79432	Procella
CMP - Conjunto Travão - Controlo Final Qualidade - Direito	Montagem	Controlo Final Qualidade	0204L79433	Procella
CMP - Conjunto Travão - Controlo Final Qualidade - Esquerdo	Montagem	Controlo Final Qualidade	0204L79432	Procella
CMP - DON 8273 / 2	Peso Cola	Controlo Final Qualidade	0204L91668	Procella
CMP - DON 8273 / 2	Segmentos Colados	Cola Guarnição	0204L91668	Procella
CMP - Jante	Prensas	Controlo Final Qualidade	0204L92785	Procella
CMP - Jante	Prensas	Jante	0204L92785	Procella
CMP Direito - Controlo dos Binários - Controlo Final de Qualidade	Montagem	Controlo Final Qualidade	0204L79433	Procella
CMP Esquerdo - Controlo dos Binários - Controlo Final de Qualidade	Montagem	Controlo Final Qualidade	0204L79432	Procella

Figura 23 – Exemplo e referências de componentes de registos do Q-Das

5.1. Levantamento das necessidades da fábrica (AbrP)

Inicialmente é feito o reconhecimento de cada setor e da forma como é produzido cada componente do travão, no que toca às necessidades atuais ou futuras.

No levantamento de cada processo, são recolhidas várias informações junto dos operadores, responsáveis de equipa e engenheiros de processo, nomeadamente:

- É identificada cada etapa do processo de fabrico;
- É identificado o funcionamento de cada máquina do setor;
- São identificados o tipo de controlo de qualidade e a periodicidade com que este é aplicado a cada componente produzido;
- São identificados os problemas relativos ao Q-Das e à forma como afetam a produção.

Com a análise recolhida no terreno e com os condicionalismos dos construtores de automóveis, que se pronunciam sobre as características dos travões, são simulados e testados vários cenários para o processo de produção, de forma a otimizar o processo.

Como base de instrução e para uniformizar cada etapa do processo é criado o Modo Operatório de Engenharia. Este Modo Operatório de Engenharia representa a análise efetuada ao processo para garantir que cada componente do travão de tambor contém todas as características pedidas pelos construtores de automóveis. Aqui, é ainda analisado qual o melhor fluxo de produção a seguir, bem como o tipo de máquinas e ferramentas a utilizar na produção e o seu funcionamento. Indicam-se também as cotas das características que são mais importantes para garantir a funcionalidade e a segurança de cada componente quando estes são solicitados para efetuar a travagem de um carro [20].

Respetivamente, o Modo Operatório de Qualidade tem como propósito a aferição da qualidade dos componentes que constituem um travão de tambor.

Para tal, verifica-se se o componente está conforme ou não conforme, seguindo-se as indicações dos construtores de automóveis [21].

Esta análise é também efetuada ao processo, a fim de garantir que todas as máquinas estejam calibradas e programadas dentro dos valores nominais e dos seus limites superior e inferior de variação.

O Modo Operatório de Qualidade indica a frequência de medições e quais as características a medir no que diz respeito a cada componente que é transformado durante o processo.

Nesta sequência, o departamento de manutenção regula-se pelas análises efetuadas nos modos operatórios de engenharia e qualidade, como demonstrado no Anexo C, para que, quando seja detetado um problema numa máquina ou processo, este seja corrigido prontamente de forma que se continue a produzir dentro dos parâmetros exigidos.

Esta análise será feita de acordo com o tipo de defeitos gerados que podem ser de dois tipos: defeitos comuns (pequenos defeitos no componente por falta de ajustes nas máquinas) ou defeitos especiais (grandes defeitos dos componentes que põem em causa a produção dos mesmos e fazem com que se pare a linha de produção).

A deteção de cada não conformidade ou defeito, tem por base o controlo de qualidade efetuado através do Q-Das, que está configurado para cada tipo de componente de acordo com as normas de qualidade ISO 9001 e IATF 16949.

5.2. Utilização e Importância do Q-Das

O Q-Das é uma ferramenta importante para o cumprimento das normas de qualidade, especialmente a norma IATF 16949, pois a maioria dos fabricantes de automóveis só trabalha com empresas certificadas segundo esta norma.

Um dos parâmetros que existem no cumprimento da norma é a recolha e verificação de dados que comprovam a qualidade de produção dos componentes, neste caso o travão de tambor. Estes dados são guardados para futuras verificações dos fabricantes de automóveis em situações como garantias ou capacidades pedidas pelos fabricantes.

Para além do cumprimento da norma, como acima referido, o Q-Das fornece uma base de medições de cada um dos componentes produzidos e em tempo real, o que permite visualizar quais são as características do mesmo que apresentam algum desvio do valor nominal desses mesmos componentes.

Em termos de produção, esta ferramenta torna-se essencial para aferir a qualidade de cada componente, sendo que estas medições podem ainda fornecer-nos a informação necessária sobre o estado de cada máquina, ou seja, sempre que algum componente produzido apresenta alguma não conformidade, podemos através dos alertas que são

acionados pelo Q-Das, saber exatamente quais são as ferramentas que necessitam de uma nova reprogramação ou de uma intervenção mais profunda e qual a máquina que originou a não conformidade.

Podemos também estabelecer um padrão quando verificada uma sucessão de medições não conformes e, juntamente com os mapas de manutenção de cada máquina, perceber quais são os melhores diagnósticos a realizar de forma a tomar as melhores decisões de intervenção em cada uma das máquinas da fábrica AbrP.

As funcionalidades do Q-Das permitem prevenir a paragem na produção e poupar muito tempo em intervenções e garantir, graças ao seu sistema integrado de controlo da qualidade, o controlo do fluxo de produção.

5.3. Recolha de dados pelo Q-Das

Sempre que ocorre o início de cada produção, são introduzidos no Q-Das valores de acordo com as características dos pratos, cilindros, segmentos, alavancas, bem como os valores referentes ao travão quando este está montado.

São produzidos 5 componentes em cada setor onde é feito o controlo de qualidade dos componentes tal como se pode verificar no anexo D.

À medida que os valores são introduzidos no Q-Das, é efetuado o cálculo das distribuições para cada componente do travão, relativas aos limites superior e inferior de fabrico que cada componente tem de cumprir. Para cada setor e para cada componente foi preciso verificar os Modos Operatórios de Engenharia e Qualidade, sendo esta a base da forma de trabalhar de cada setor, tendo que estar incluídos quando se verifica e calcula os parâmetros correspondentes a cada característica dos componentes.

Como foi referido, cada cálculo, cada medição, cada melhoria no processo, tem sempre que respeitar o parâmetro da norma de qualidade e cada utilizador do Q-Das tem determinadas permissões.

Foi-me incumbida a gestão do Q-Das, e para tal tive que analisar as especificações de cada setor de produção e adaptar as suas necessidades específicas de modo a serem inseridas as medições mais facilmente no Q-Das. Para responder prontamente a esta questão, a criação e revisão de users no Q-Das foi pensada para conter 3 tipos de níveis:

- **Baixo** – Este tipo de acessos é atribuído para 3 users, genéricos em que cada operador pode inserir medições de cada componente. Apenas é permitido inserir medições no *Test Plan* para cada setor;
- **Médio** – O acesso de nível médio é atribuído aos responsáveis de equipa, “Team Leader” de cada setor, aos Técnicos de qualidade e aos Engenheiros de processo. É-lhes permitido verificar e alterar as medições feitas às características de cada componente produzido no *Test Plan*;
- **Alto** – Cabe aos Engenheiros de Qualidade a responsabilidade do nível alto de acessos ao Q-Das, correspondente à administração de todos os dados inseridos e sua respetiva alteração.

Enquanto administradores, compete aos Engenheiros de Qualidade, criar e corrigir o *Test Plan* com as funcionalidades do processo bem como o estudo das capacidades aos componentes, sempre que tal for solicitado pelos fabricantes de automóveis.

Com a análise efetuada, foi possível apurar o necessário a fazer nos *Test Plan*, de forma a responder ao fluxo do processo e também a agilizá-lo. Abaixo no subcapítulo 5.4 é mencionado todo o processo de melhoria a respeitar para a configuração do Q-Das.

5.4. *Test Plan* do Q-Das

Os *Test Plan* são layouts programáveis e configurados de acordo com cada processo onde os operadores inserem os dados recolhidos dos componentes através de cada medição. Depois de gravadas, as medições passam para a base dados do Q-Das, ficando disponíveis para tratamento e análise.

Como podemos observar na figura 24, os *Test Plan* criados efetuam a comunicação dos dados recolhidos com a base de dados do Q-Das. Com as opções que existem, é possível selecionar as referências a gravar. Cada característica é gravada, bem como a combinação de características de cada referência.

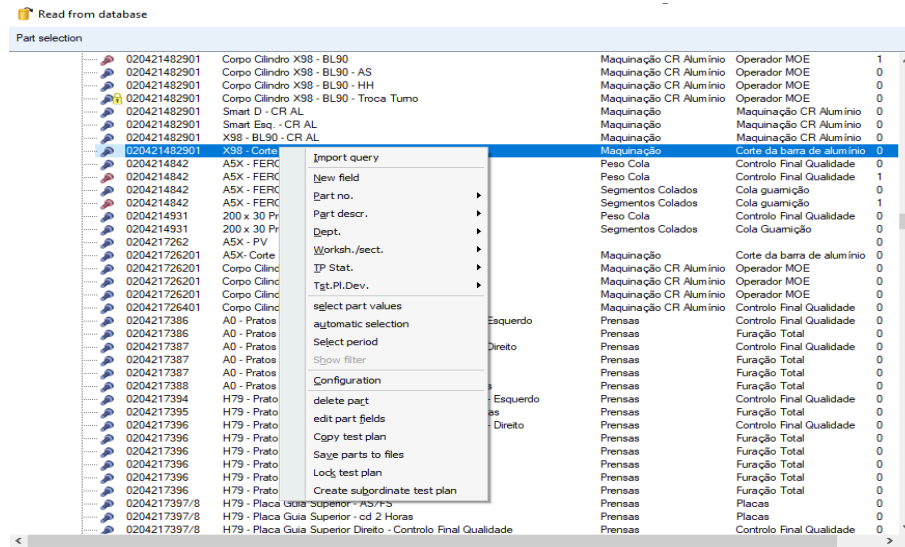


Figura 24 - Opções de criação de *Test Plan* de registos no Q-Das

Durante a configuração dos *Test Plan* temos várias opções de programar os mesmos, como ilustra a figura 24. Com as opções que existem é possível cruzar os dados inseridos e verificar o estado do componente produzido e aquilo que pode afetar o processo do setor seguinte. Esta opção, apesar de equacionada, não foi seguida, porque as medições podiam interferir, por erro humano, na produção em geral, acarretando custos e problemas para a produção.

No âmbito do estágio, foi-me atribuída a responsabilidade de realizar o levantamento das necessidades dos setores. Inicialmente, concluí que a configuração visual dos *Test Plan* era a melhor aposta como melhoria para a recolha das medições, por ser mais intuitiva e fácil de perceber. Deste modo, todos os operadores conseguem perceber a forma como se processa a recolha das medições, uma vez que a antiga configuração dos *Test Plan* era feita em formato de tabela, onde estavam descritas as características no cabeçalho e existia liberdade de escolher em que células se introduziam as medições.

Sem estabelecimento de qualquer regra na sequência de características para introduzir medições dos componentes, verifiquei algumas incongruências nas mesmas.

Apesar das medições estarem dentro das especificações e os limites superior e inferior de cada característica serem respeitados, constatei que os operadores necessitavam de muito tempo para inserir todas as medições no Q-Das, tornando-se clara a necessidade de melhorar o layout do *Test Plan* para inserir os dados das medições dos componentes, bem como a deteção dos erros inerentes às medições.

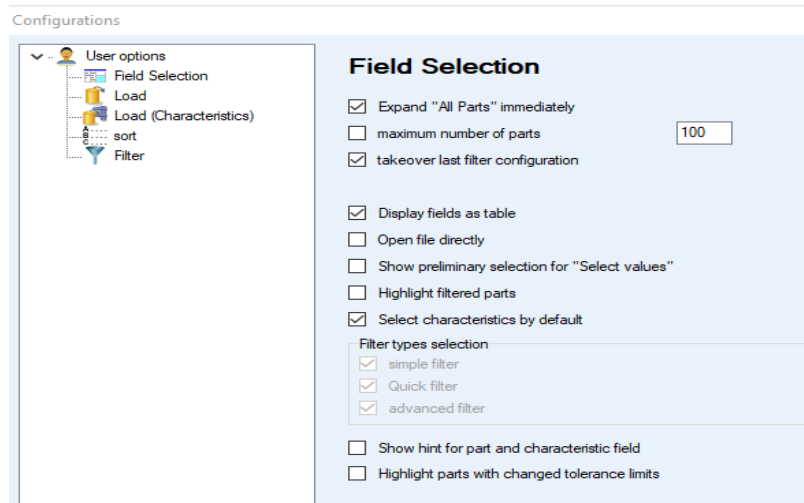


Figura 25 - Definição das opções para utilizadores

5.4.1. Alterações ao *Test Plan*

Nas alterações pensadas para o *Test Plan* ficou claro que seria muito importante a colocação de ajudas visuais, ou seja, para simplificar a introdução das medições das características dos componentes configurou-se cada *Test plan* com imagens relacionadas com cada componente. Essas imagens devem conter informações importantes tais como:

- Tipo de componente a medir;
- Ordem das características a medir, de acordo com as ferramentas e equipamentos de medição em cada setor;
- O equipamento utilizado na medição;
- Um teclado no próprio *Test Plan*;
- Uma “caixa” de texto para verificação das medições a colocar no Q-das antes de confirmar.

Sendo assim, no processo de configuração de cada *Test Plan*, as características estão agrupadas no Q-Das pela sua ordem de criação, por exemplo, um *Test Plan* com quatro características significa que são atribuídos desde o número 1 até ao número 4.

Quando é necessário trocar a ordem das características cria-se um subgrupo, com as

caraterísticas do componente que necessita que se iniciem as medições, como demonstra a figura 26, sendo necessário alterar em “changing groups” o número de caraterísticas que constitui cada subgrupo.

Conforme se associa cada uma das caraterísticas criam-se os subgrupos pretendidos.

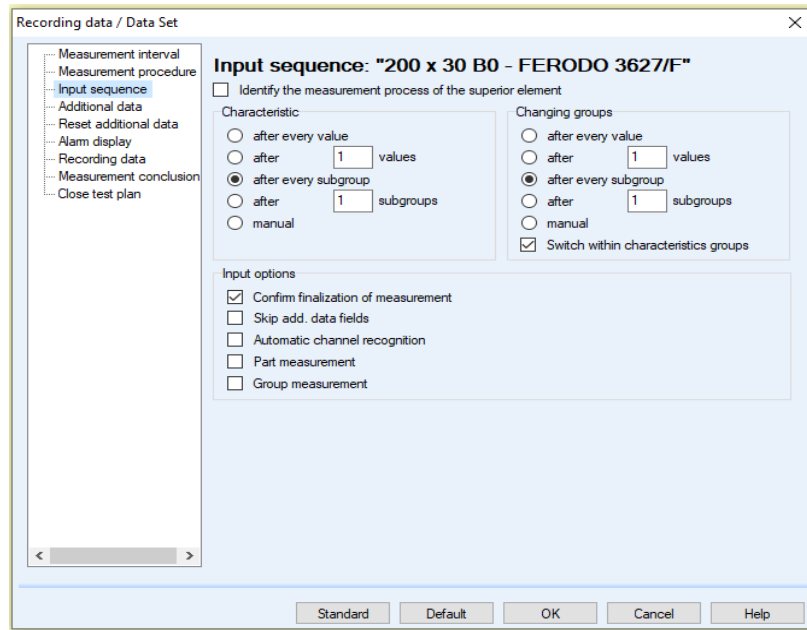


Figura 26 – Definições de *Test Plan* e Sub-grupos

Também era necessário automatizar a passagem de caraterística para caraterística, isto é, sempre que o operador termina uma medição, automaticamente no Q-Das, é pedido que se insira uma nova medição. Deste modo não existe forma de colocar medições erradas. Assim, com este fim criei a obrigatoriedade de confirmar cada medição inserida e, na configuração do *Test Plan*, serão sempre selecionadas as caraterísticas de cada subgrupo. Como ajuda visual, conforme representado na figura 27, para os operadores e também para os técnicos que diariamente inserem valores no Q-Das, foram adicionadas linhas de orientação, para que seja mais intuitiva e de fácil percepção a ordem em que deverão ser colocadas cada uma das medições.

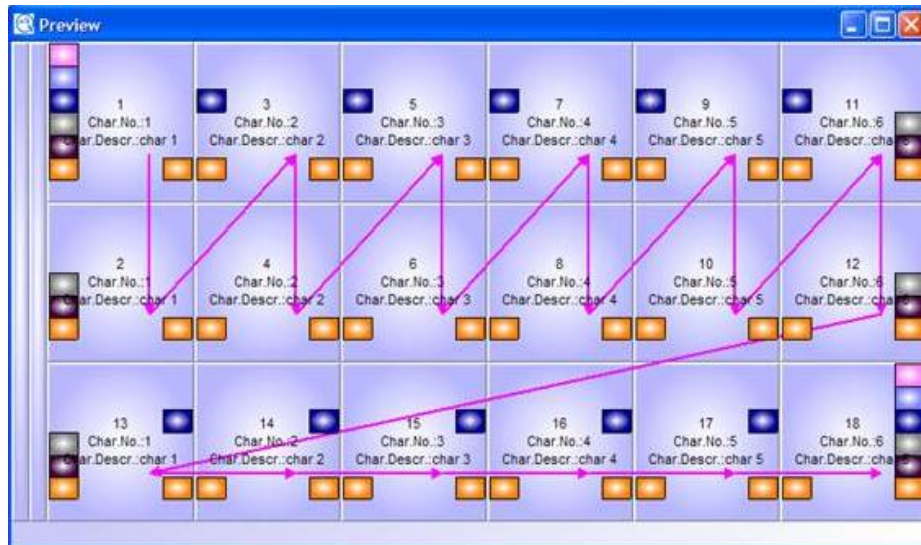


Figura 27 - Organização para inserir medições num *Test Plan*

Para garantir que todas as medições inseridas estão de acordo com o MOE (Modo Operatório de Engenharia) e o MOQ (Modo Operatório Qualidade), adicionei outra ajuda visual para informar o operador que o componente não está dentro da especificação. De forma a alertar o operador ou os técnicos de qualidade quando uma medição está não conforme, a característica fica a vermelho, não sendo possível gravar a medição. Porém, quando está a verde pode gravar a medição inserida.

O objetivo é alertar quando os componentes produzidos não estão em conformidade, sendo que na prática este alerta informa que é preciso calibrar a máquina do setor em questão e verificar as medições inseridas na produção anterior. Quando todas as medições estão dentro da especificação e as características estão a verde, o *Test Plan* fecha automaticamente.

No Q-Das é possível criar vários *Test Plan*, numerados de 1 a 10, por cada componente que se pretende medir. Cada um deles contém um tipo de informação para cada responsável dos diferentes setores poder avaliar as medições que são efetuadas em cada momento da produção. Para os diferentes *Test Plan* existe um separador “*Summary*” em que cada utilizador escolhe o *Test Plan* que pretende abrir.

Para agilizar o processo os *Test Plan* foram numerados de 1 até 4.

Estes são indicados para operadores, e técnicos de qualidade, pois estão configurados apenas para inserir medições.

Os *Test Plan* numerados, de 5 até 10, estão configurados para mostrar gráficos e os

cálculos relativos à capacidade do componente, como podemos observar na figura 28. Esta informação é importante para os engenheiros de qualidade aferirem à qualidade do produto produzido no momento, podendo tomar decisões relativamente a produção efetuada.

Em termos de análise, são verificados os valores da média (μ) e do desvio padrão ($\hat{\sigma}$), que devem estar o mais próximo possível do valor nominal de cada componente, isto porque é necessário existir uma margem de conforto até ao limite superior (LS) bem como para o limite inferior (LI), tal como foi anteriormente explicado na secção 4.5.

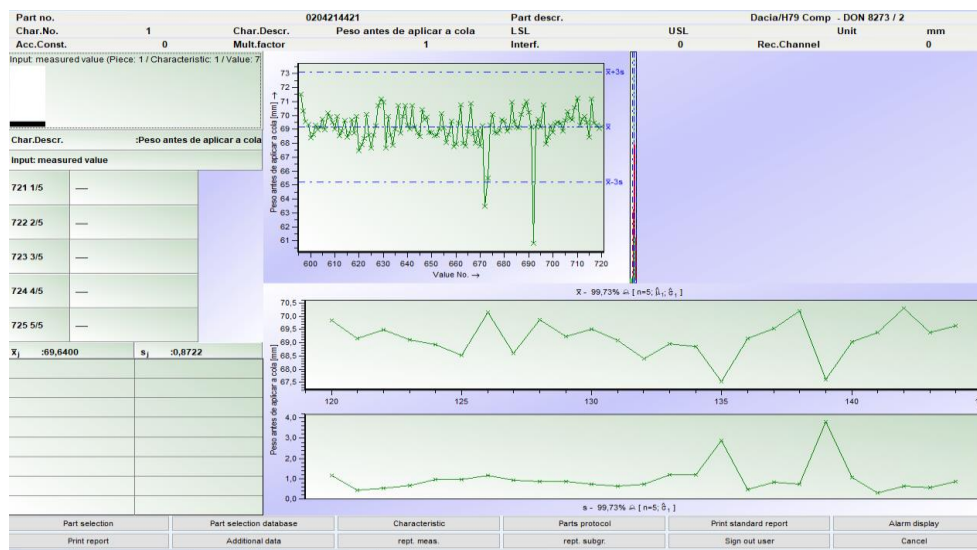


Figura 28 - Gráficos de capacidades do processo

Sabendo que os limites de especificação têm pequenos intervalos entre si, significa que existe pouco espaço de variação para os valores de controlo de qualidade. Como tal existe a preocupação de verificar se as medições efetuadas estão muito perto dos limites superior e inferior, porque facilmente ficam fora da especificação, uma vez que para o processo de fabrico dos componentes é necessário considerar que existe desgaste em cada máquina devido ao seu uso. A própria matéria-prima que, apesar de estar devidamente guardada, pode sofrer alterações na sua composição, sem esquecer que a passagem do componente de um processo para o processo seguinte pode sofrer alterações na sua constituição, originam não conformidades na qualidade de cada componente.

Por estes motivos, sempre que algum componente tem características com valores muito perto ou mesmo sobre os limites superiores e inferiores atribuídos a cada

característica, a produção é parada e verificada a calibração das máquinas que originam estas não conformidades. Após verificado todos os parâmetros é corrigida a calibração da máquina em questão, e são medidos os primeiros 5 componentes produzidos a seguir, para verificar se estão dentro da especificação. Numa primeira fase a calibração é efetuada pelo operador que está a trabalhar junto da máquina em questão e por vezes é suficiente para corrigir algum dos valores referentes às características do componente.

Contudo, o operador de cada máquina usa opções da mesma, o painel de comandos, que contém informação sobre o desgaste da sua ferramenta, e sobre as definições que estão a ser utilizadas para produzir cada componente. Caso a calibração feita pelo operador não seja suficiente, é necessária a presença da equipa de manutenção para uma intervenção mais profunda na máquina, estando presentes os engenheiros de processo de cada setor, sendo que, em representação do departamento de qualidade, foi-me atribuída a responsabilidade de acompanhar as intervenções efetuadas na fábrica AbrP.

Os dados do Q-Das também são úteis para efetuar uma avaliação sobre o estado de cada máquina. É possível cruzar as informações obtidas com a manutenção de cada máquina, o tempo útil de vida de cada ferramenta e antecipar ou alterar a ordem da manutenção preditiva prevista para cada máquina.

Utilizando as medições que são inseridas no Q-Das tem-se um suporte estatístico que permite avaliar diariamente as ocorrências que acontecem no processo e, de forma objetiva e eficiente, realizar intervenções ao mesmo sem afetar a produção de forma significativa.

5.4.2. Verificação das cotas para inserir no Q-Das

Depois de configurado cada *Test Plan* de acordo com o fluxo de produção de cada setor para que seja possível introduzir as medições dos componentes no Q-Das, de forma ordenada como é possível observar no Anexo E, é necessário efetuar o controlo de qualidade a estes componentes.

Seguindo as instruções dos MOQ para efetuar o controlo de qualidade aos componentes no arranque de serie (AS), fim de serie (FS), e na troca de turno (TT), numa primeira instância é utilizado o controlo visual pelos operadores e técnicos responsáveis

pela qualidade e, numa segunda instância, recorre-se a equipamentos eletrónicos de medição tais como rugosímetros, sensores LVDTs, manómetros que utilizam ar comprimido, câmaras de visão, e CNC's de medição 3D, como denota o Anexo F.

De forma a facilitar a verificação dos componentes em cada setor, existem calibres nos quais se testa cada característica de forma manual.

Os setores em que se utilizam calibres são [22]:

- **Prensas** – São verificados os pratos, jantes, almas e alavancas;
- **Maquinação** - São verificados os cilindros;
- **Segmentos** – São verificados os segmentos nús.

Os setores acima indicados têm como produto final componentes de metal, que são posteriormente transformados, como indicado no capítulo 3, nas secções 3.2.1 e 3.2.2. Estes, no final de cada linha de produção, são examinados visualmente pelos operadores e técnicos de qualidade. Em seguida é feita uma inspeção com calibres e por fim recorre-se à utilização dos vários equipamentos eletrónicos de medição supra designados.

Os calibres são peças de metal desenhadas de acordo com as dimensões de cada característica dos componentes existentes em cada setor, tal como representado na figura 29. A sua função é conferir se as peças de metal têm os furos de acordo com as dimensões indicadas nos MOQ e MOE.

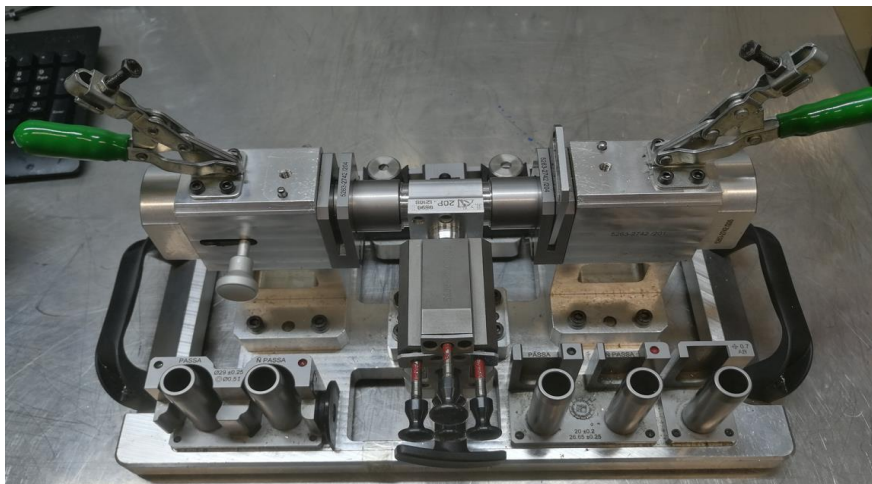


Figura 29 - Exemplo de um calibre de verificação de componentes

Após esta verificação, é determinado se as características dos componentes “passam” ou “não passam” nas especificações. Isto significa que para cada furo dos componentes acima mencionados é colocado um calibre específico para tal, sendo que este deverá encaixar nos furos em questão e passar por esses mesmos furos.

Caso o calibre passe pelos furos dos pratos, alavancas, almas, jantes (setor Prensas) e cilindros (Setor Maquinação), conclui-se que os componentes estão conformes. Caso o calibre não passe nos furos, será necessário registar com especial atenção qual o furo não conforme.

Nos segmentos nús, o calibre existente é de constituição côncava, onde o segmento nú é encaixado de forma a medir o raio, a perpendicularidade e a concavidade, sendo também um calibre de “passa” ou “não passa”.

Com este tipo de medição é possível obter indicadores sobre o estado dos componentes produzidos, sendo este um método que constitui uma segunda fase no controlo de qualidade dos componentes. Seguidamente, passa-se para a terceira fase, em que é feita uma avaliação das características dos componentes com o auxílio de equipamentos eletrónicos de medição, de forma a obter medições mais precisas que as dos métodos previamente utilizados.

A utilização de calibres no controlo de qualidade é feita na fábrica AbrP em conformidade com o cumprimento das normas ISO 9001 e ISO-TS 16949 e consequentemente dos MOQ, sendo que no Q-Das devem constar as características que foram inspeccionadas com recurso ao uso de calibres.

Como *input* no *Test Plan* do Q-Das foram definidas as características de perfil “passa” ou “não passa”, devendo estas ser inseridas com os números “0” e “1”; sendo que o número “0” indica que os furos dos componentes e a sua forma estão conformes, e o número “1” designa quando os furos dos componentes e a sua forma não estão conformes.

5.5. Configuração do Q-Das com Equipamentos de Medição

Com o objetivo de finalizar as configurações necessárias na fábrica AbrP é essencial configurar o Q-Das com as interfaces de medição das características dos componentes.

No decorrer das duas fases de controlo de qualidade referidas anteriormente, é

também necessário que se vão registando medições exatas e precisas no Q-Das de forma que seja possível seguir diariamente a produção dos componentes, bem como o estado do processo de fabrico.

Foi-me possível constatar que em cada setor de produção existem diferentes tipos de equipamentos que efetuam a medição das características dos componentes. Estes dividem-se da seguinte forma:

Setor das Prensas:

Comparador Digital Indicador – permite elevada exatidão e alta resolução de 0.0005mm. O ecrã emite a cor verde ou vermelha para identificar se os valores das características estão conformes ou não conformes. O sistema de controlo remoto pode ser previamente adaptado com uma interface RS-232 incorporada num computador.



Figura 30 – Comparador digital indicador

Setor da Maquinação:

- **Rugosímetro** - serve para determinar a rugosidade em superfícies ou perfurações metálicas. O rugosímetro mostra a profundidade da rugosidade média (Rz) e o valor de rugosidade (Ra) em μm .



Figura 31 - Rugosímetro

Setor dos Segmentos:

Sensor de medição LVDT - Transformador Diferencial Variável Linear é um transdutor para medição de deslocamento linear. O funcionamento deste sensor asente em 3 bobines e num núcleo cilíndrico de material ferromagnético de alta permeabilidade. Como resultado da medição obtém-se um sinal linear, proporcional ao deslocamento do núcleo, que está fixado ou em contacto com o que se pretende medir.



Figura 32 – Sensor LVDT

5.5.1. Importação de ficheiro DLL para os *Test Plan*

Os ficheiros DLL são ficheiros criados pelo *software* Q-Das de modo a poder interpretar os valores medidos pelos equipamentos de medição.

Este processo inicia-se efetuando-se a verificação de todas as ligações dos equipamentos de medição ao computador e procedendo-se à instalação dos drivers de cada equipamento nos respetivos setores.

A importação das medições destes equipamentos para o *software* Q-Das deve ser feita em ficheiros que o próprio *software* consiga ler, de modo a que este os insira nos *Test Plan*, sendo que estes ficheiros têm o formato DLL [19].

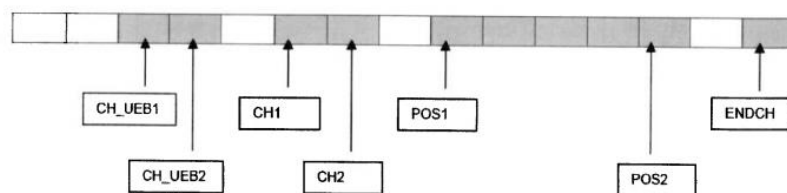


Figura 33 - String de transferência de medições [19]

Tabela 1 – Tabela sumária dos comandos e descrição para importação de ficheiros DLL [19]

Comandos	Descrição
CH_UEB1	Posição inicial do trigger
CH_UEB2	Posição inicial do trigger
CH1	Posição do Caracter 1
CH2	Posição do Caracter 2
POS1	Posição 1
POS2	Posição 2
ENDCH	Fim da posição do caracter
UBENSTR	String para o reconhecimento do trigger

Quando a DLL recebe uma sequência de caracteres, o processo de descodificação das medições ocorre de acordo com as seguintes etapas [19].

- A decodificação começa após o último sinal de transferência das medições ser recebido. Este último sinal deve ser definido utilizando o parâmetro ENDCH (-> sinal de trigger) [19];
- Em seguida, o valor medido é determinado dentro da *string* entre a POS 1 e a POS 2. Quando se define a POS 2 como 0 determina-se que todos os caracteres entre a POS 1 e a ENDCH são utilizados. Desta forma assegura-se que todos os caracteres de medição até à milésima estão a ser usados [19];
- O número do canal é determinado dentro da *string* entre CH1 e CH2. Esta determinação é opcional, o que significa que os parâmetros podem ser definidos como 0, o que desativará a decodificação do canal. Note-se que esta configuração é necessária para que sejam inseridos no Q-Das os controlos visuais, apesar desta configuração ser automática e ser necessário confirmar que está correta [19];
- Neste momento, o sinal de acionamento externo entre CH_UEB1 e CH_UEB2 está determinado. Se a sequência de caracteres entre CH_UEB1 e CH_UEB2 corresponder à sequência de caracteres definida pelo ueberster (String para o reconhecimento do Trigger), a DLL interpretará isso como uma indicação de que o valor medido deve ser registado para as estatísticas. Se os caracteres da *string* corresponderem à *string* de *trigger* definida, o valor medido é simplesmente exibido. Isso faz com que todos os valores de medição recebidos sejam registados para as estatísticas [19].

Após cumprir todos os requisitos de configuração para a importação dos ficheiros DLL estabelece-se o tempo necessário de transição das medições para cada equipamento de medição.

Define-se em conformidade com as informações delineadas pelos fabricantes destes equipamentos que indicam que este pode operar em termos de transição da leitura das medições no tempo de 1000 ms.

Desta forma, todos os equipamentos de medição ficam configurados de igual forma na fábrica AbrP.

5.5.2. Erros nas medições após configuração do Q-Das

Durante os testes de medições que me foram atribuídos, após a configuração do Q-Das, verifiquei que os setores das Prensas, Maquinação, Montagem e Hidráulica se encontram a importar de forma correta os valores das medições dos componentes para os *Test Plan*.

Contudo, durante estes testes, apercebi-me da existência de um problema na importação dos valores no setor dos Segmentos, em que o *software* Q-Das estava a aceitar medições fora da especificação e as mesmas constavam como corretas.

Em seguida, procedi, com a ajuda da minha orientadora, à análise da documentação operatória, MOQ, relativa às características e aos valores nominais das mesmas. Os pontos específicos e os valores de medição que devem ser considerados são:

- **Raio** - verificam-se três pontos: um ponto correspondente à área inicial (CR), um ponto correspondente à área intermédia (Meio) e outro ponto correspondente à área final no segmento (PF). Os valores para o raio estar dentro da especificação estão compreendidos entre 0 e -0.20;
- **Perpendicularidade** - verificam-se três pontos: um ponto correspondente à área inicial (CR), um ponto correspondente à área intermédia (Meio) e outro ponto correspondente à área final no segmento (PF). Os valores para a perpendicularidade estar dentro da especificação estão compreendidos até ao máximo de 0.08;
- **Concavidade** - verificam-se três pontos: um ponto correspondente à área inicial (CR), um ponto correspondente à área intermédia (Meio) e outro ponto correspondente à área final no segmento (PF). Os valores do raio estar dentro de especificação estão compreendidos entre 0 a -0.04 no máximo.

No final de cada linha existe uma mesa de controlo de qualidade que é composta por um molde circular e um sensor LVDT. Este equipamento é usado para verificar se as cotas dos segmentos estão corretas. Para cada modelo dos segmentos que são produzidos, existe um molde específico que é colocado junto do sensor LVDT.

No que respeita à medição, o molde roda em torno do sensor LVDT (que está fixo

na mesa de controlo de qualidade) para que se meçam valores específicos referentes a pontos cruciais dos segmentos, garantindo assim que a guarnição não descola da jante durante o tempo de vida do travão, como indica a figura 34.

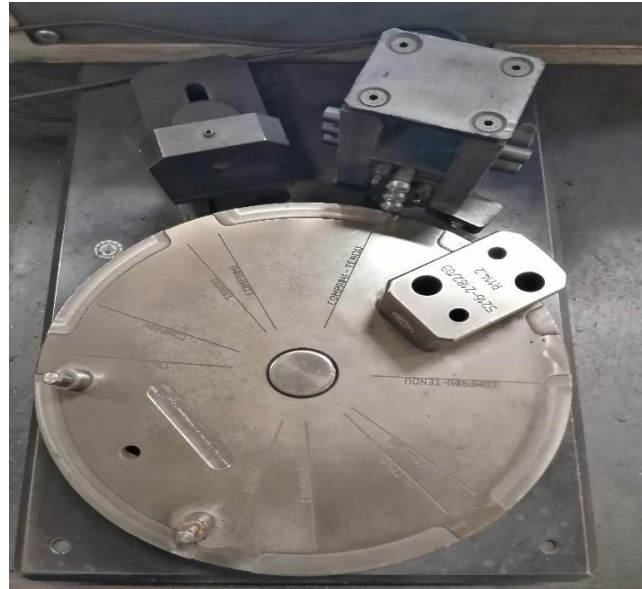


Figura 34 – Mesa de controlo de qualidade dos segmentos

Em termos de medições, para um operador é simples perceber se qualquer segmento está conforme ou não conforme, porque no ecrã aparece uma caixa vermelha em cada característica. Porém, ocorreu um tipo de problema nas medições que podia pôr em causa a produção dos segmentos.

Como habitual procedeu-se à medição no arranque de série de 5 segmentos, tendo sido detetado que todos os segmentos apresentavam não conformidades, algo invulgar visto que são raros os casos em que todas as peças estão não conformes.

Esta situação tornou-se ainda mais inusitada, dado que todas as linhas de produção apresentavam o mesmo problema. Tendo em conta que parar a produção teria um enorme impacto negativo nos prazos de entrega do produto ao cliente, foi necessário colocar o engenheiro de processo a par da ocorrência a fim de encontrar, de forma célere, uma solução.

Foi, então, efetuada uma nova tentativa de medição dos segmentos através da qual se constatou que existia um erro que afetava especificamente uma das características dos segmentos, a concavidade.

Em virtude deste erro, como indicado na figura 35 é possível inserir no Q-Das

valores fora de especificação, neste caso, o valor da característica referente à concavidade.

Para produzir os segmentos dentro de todas as normas de qualidade e de forma funcional, garantindo a segurança da travagem, a concavidade tem que ter o valor máximo de -0.004 mm.

No entanto, os segmentos produzidos apresentavam o valor de medição da concavidade de 0.003 mm, sendo este valor fora de especificação por uma grande margem.

Note-se que, com esta diferença de valores, a concavidade dos segmentos fica claramente afetada e o segmento parte, colocando em risco a segurança da viatura na travagem, pois o sistema de travagem deixa de funcionar.

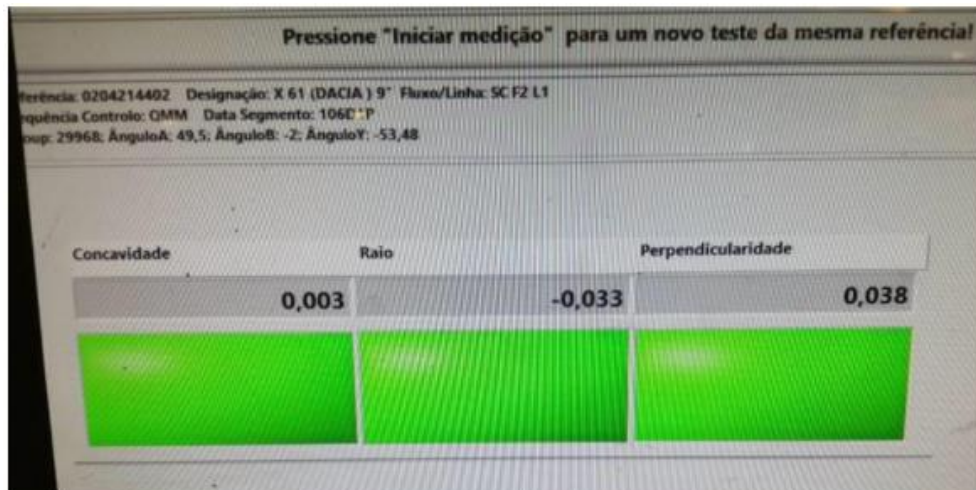


Figura 35 – Medições enviadas pelo sensor LVDT para o Q-Das

A produção foi imediatamente interrompida e iniciaram-se as verificações necessárias aos sensores LVDT e ao Q-Das, tendo este último sido configurado recentemente. Nesta operação estiveram presentes um membro da equipa de manutenção, o engenheiro de processo e um engenheiro de qualidade.

Relativamente ao sensor LVDT, iniciaram-se vários testes de despiste do problema:

- Verificação da alimentação do sensor LVDT;
- Verificação da conexão do sensor LVDT ao computador;

- Verificação da configuração do microcontrolador (mesa de controlo de qualidade ao computador (Baund Rate está em 9600));
- Verificação da porta COM.

Depois das análises efetuadas, concluí que tudo estava devidamente conectado e configurado.

Verifiquei que o tempo de importação do ficheiro DLL, que coloca as medições de cada segmento no *Test Plan*, era demasiado elevado. Neste ficheiro DLL existe a possibilidade de verificar e alterar o tempo da comunicação da leitura das características medidas. Com a ajuda do engenheiro de processo constatei que no momento da ocorrência deste erro, o tempo de leitura era de 1000ms (recomendação esta indicada pelo fabricante do sensor LVDT). Procedi então de imediato à alteração deste tempo de leitura para 250 ms, sendo possível, desta forma, a importação da medição sempre que a posição do segmento era alterada.

Para existir comunicação entre o sensor LVDT e o *Test Plan* no Q-Das, recorri ao código abaixo apresentado para corrigir o tempo de importação do ficheiro DLL das medições do sensor LVDT para o Q-Das. No diretório de ficheiros do sensor LVDT existe uma pasta com o nome delay, onde se encontra o tempo que o sensor demora a ler as várias posições do segmento, pontos CR, M, PF. Procedi à alteração para o mesmo tempo de leitura, ou seja, o tempo de leitura do sensor e da importação dos ficheiros DLL passou a ser igual, isto é, de 250 ms.

```
\LDTR0250      \\ para o condutor do nível 0 até 250ms  
<condutor> DTR  
<level> 1     \\ 0=off, 1 = on  
<time> 250   \\ tempo em ms
```

5.6. Síntese

No presente capítulo, foi apresentada a importância do *software* Q-Das na fábrica AbrP de forma a cumprir os requisitos necessários dos MOQ.

Foi abordada a verificação e correção que necessitei de implementar nos tipos de acessos de cada utilizador para manusear o Q-Das, com o objetivo de poder melhorar e organizar a forma como são inseridas as medições das características dos componentes.

Foram descritas as minhas intervenções nas soluções propostas e implementadas na configuração do *software* Q-Das, ao nível dos *Test Plan*, após o levantamento das necessidades da fábrica para prosseguir o processo de melhoria contínua. A otimização foi efetuada de forma a tornar mais fácil a inserção dos valores das medições em cada início de produção.

Foi ainda abordada a forma como é feita a importação dos ficheiros DLL para o Q-Das, fazendo com que seja possível utilizar equipamentos de medição para realizar uma dupla verificação das conformidades dos componentes, após uma primeira verificação utilizando os calibres.

Por último, explicaram-se os problemas associados à instalação dos equipamentos de medição e à forma como foram ultrapassados esses mesmos problemas.

6. Comunicação da CNC 3D com o Q-Das

Como é possível constatar nas questões abordadas no capítulo anterior, foi necessário efetuar novas configurações do Q-Das para poder cumprir todos os requisitos necessários para que a fábrica AbrP se mantivesse competitiva no fabrico do travão de tambor.

Mesmo com as verificações das medições através do uso de calibre e dos equipamentos de medição como comparadores, LVDT e rugosímetros, este último de grande precisão nas medições mas em 2D, os componentes que constituem o travão de tambor continuam a evoluir, sendo necessário obter medições em 3D.

As medições tridimensionais trazem uma nova perspetiva sobre os componentes, sendo possível obter informações mais precisas sobre estes e, por conseguinte, sobre o processo de fabrico.

Para efetuar as medições tridimensionais na fábrica AbrP existe uma CNC 3D que mede através da introdução de coordenadas, com o propósito de poder aferir se as características de cada componente se encontram de acordo com as medidas de especificação requisitadas pelos clientes e com os MOE e MOQ.

A passagem das medições efetuadas pela CNC 3D para o Q-Das é de grande relevância, pois permite identificar quais as características que estão conformes e não conformes, procedendo-se assim à afinação das máquinas que apresentaram não conformidades, sendo também possível com estes valores fazer as capacidades do processo, a fim de proceder à melhoria do mesmo.

Quando esta comunicação de informação da CNC 3D para o Q-Das não ocorre de forma correta, a retificação das não conformidades e, por consequência, a afinação das máquinas fica comprometida, tendo os valores que ser inseridos manualmente por um técnico do departamento de Qualidade no Q-Das. Contudo, este método não é compatível com as necessidades de produção da fábrica por ser demasiado moroso, uma vez que se medem cerca de cento e vinte cilindros por dia.

6.1. Análise das Cotas Importantes a Medir na CNC 3D

Os cilindros são o componente do travão de tambor mais medido, uma vez que têm um grau de importância bastante elevado no funcionamento do travão.

A cada travão de tambor corresponde um modelo diferente de cilindro, sendo que existem doze tipos de referências de cilindro produzidos na fábrica AbrP.

Com o propósito de aferir quais as cotas importantes a medir pela CNC 3D de forma a garantir que o cilindro está a ser produzido com o máximo de qualidade possível, realiza-se uma reunião FMEA (**Análise dos Modos de Falha e seus Efeito**) composta por membros do departamento de qualidade e de engenharia.

Procede-se, então, à análise dos doze desenhos de cada referência de cilindro, tendo sido consideradas as seguintes características específicas:

- Diâmetro do Furo de entrada do óleo do travão (M10);
- Posição do Furo de entrada do óleo do travão (M10);
- Diâmetro do Furo de “sangramento” (M7);
- Posição do Furo de “sangramento” (M7);
- Diâmetro do Furo de fixação no prato (M6);
- Posição do Furo de fixação no prato (M6);
- Ângulos dos furos do cilindro;
- Diâmetro do castelo;
- Diâmetro principal do cilindro;
- Posição do furo principal do cilindro;
- Simetria do cilindro;
- Ângulos do corpo do cilindro.

Estas características foram escolhidas porque delas depende o funcionamento do cilindro. Quando alguma delas está fora de especificação, facilmente o cilindro apresenta um desempenho defeituoso, fazendo com que o travão não funcione.

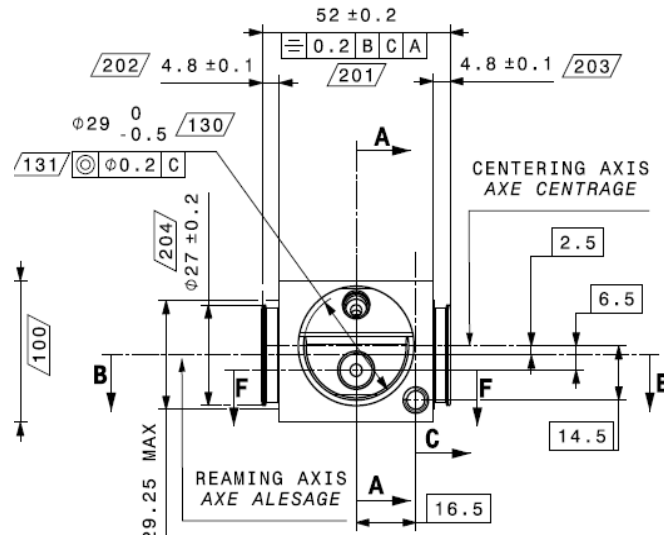


Figura 36 – Desenho das cotas de um cilindro [23].

A figura 36 representa uma parte do desenho do cilindro. Por questões de confidencialidade, apenas me é permitido mostrar este perfil do cilindro.

A imagem ilustra a forma como é constituído um desenho deste componente, através do qual se pode tirar conclusões sobre quais são as cotas importantes.

É através dos desenhos dos cilindros que é possível analisar e verificar que alterações são necessárias implementar. A análise do desenho inicia-se pelas características que são consideradas mais importantes, isto é, os comprimentos, os diâmetros e as posições em que se encontram as características dos cilindros, de forma a obter as cotas e o distanciamento exato entre cada característica.

Ao analisar o desenho é importante ter em consideração todas as referências de centramento de cada característica, isto porque no caso dos cilindros estas dependem umas das outras.

Na construção dos programas de medições na CNC 3D e dos programas de maquinação das *Chirons* é necessário ter por base estes desenhos, de forma a ter as referências necessárias para se poder programar as máquinas e obter todas as características do cilindro em conformidade.

6.2. Características e Funcionalidades da CNC 3D

Com o objetivo de poder medir os componentes produzidos e obter uma medição tridimensional é necessário programar a CNC 3D, uma vez que para cada tipo de componente existem dimensões e características próprias que são medidas de formas diferentes.

As medições CNC 3D são efetuadas nos seguintes componentes:

- Pratos;
- Calibres dos Pratos;
- Calibres dos Segmentos;
- Cilindros.

Para iniciar as medições dos cilindros é necessário colocar cada um deles no gabari. O gabari é um suporte de metal que sustenta os cilindros durante a realização das medições. Cada gabari tem um molde apropriado para segurar os cilindros, como mostra o Anexo G.

Como o próprio nome indica, CNC 3D é um controlo numérico computadorizado, o que significa que para efetuar algum tipo de ação é necessário inserir posições como indicação inicial e posições finais para que seja medido o cilindro.



Figura 37 - CNC CRYSTA-Apex S700

A máquina CNC 3D Crysta Apex S700, representada da figura 37, une a alta exatidão de medições, a partir $1,7\mu\text{m}$, a uma grande velocidade e variedade de componentes a medir. Com a capacidade de trabalhar de forma contínua, tem várias ponteiros de medição que se adaptam à estrutura e tamanho dos componentes medidos.

As ponteiros são alimentadas com uma tensão de 5V e corrente de 15mA, que ao tocar no componente exercem uma diferença de tensão que identifica a coordenada medida. Para a CNC 3D poder fazer uma medição de alta exatidão, a temperatura ambiente tem que estar num ambiente controlado entre os 16°C e 26°C [24].

Seguem-se as características da CNC 3D[24]:

- **Modelo:** Crysta Apex S700;
- **Capacidade de movimentação no eixo x:** 700mm;
- **Capacidade de movimentação no eixo y:** 700mm;
- **Capacidade de movimentação no eixo z:** 600mm;
- **Velocidade máxima de medição:** 8 mm/s;
- **Velocidade de deslocamento:** Velocidade máxima de 519 mm/s;
- **Máxima aceleração:** 2309 mm/s^2 ;
- **Resolução:** 0.0001mm ($0,1\mu\text{m}$);
- **Tipo de Movimentação:** Colchões de Ar em cada eixo;
- **Altura máxima do componente:** 545mm;
- **Peso máximo sobre a mesa:** 180kg;
- **Peso total (incluindo controlador e base):** 515kg;
- **Ar pressão:** 0.4 MPa (megapascal);
- **Ar consumo:** 50 Litros/ min em condições normais;
- **Joystick:** constituído por 2 manípulos de movimentação nos eixos xz e yz, com um regulador de velocidade e teclado para iniciar/parar a CNC 3D e para gravar posições.

A empresa fornecedora da CNC 3D, Mitutoyo, disponibiliza também o *software* MCosmos onde é efetuada a construção dos programas referentes a cada cilindro, prato,

calibre dos pratos e calibres dos segmentos. Os programas criados podem ser guardados em pastas, de forma organizada, de acordo com as referências e o tipo de componente que se queira medir. Neste sentido, o *software* MCosmos permite programar, guardar e executar cada programa.

Para efetuar o programa de cada componente existem duas formas de o poder fazer:

- Recorrendo ao *joystick* da CNC 3D;
- Através do editor do programa Mcosmos.

Note-se, que estas opções, de poder construir os programas de medições, podem ser usadas em simultâneo ou individualmente: a escolha depende do tipo de componente que se pretende medir e do grau de informação existente nos desenhos dos mesmos.

Desta forma, ao acompanhar a construção dos programas de medições necessários para aferir a qualidade dos componentes na fábrica AbrP, pode-se constatar que nos programas construídos para os calibres é utilizado o *joystick* porque são componentes em que os desenhos contêm pouca informação.

No caso dos pratos e cilindros utiliza-se o editor do programa, uma vez que os desenhos dos componentes produzidos contêm muita informação relacionada com as várias cotas que é necessário medir, sendo possível construir os programas de medição com a relação entre o posicionamento e a distância que existe entre cada característica do cilindro.

6.3. Arquitetura de comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das

Para gravar automaticamente as medições efetuadas pela CNC 3D na base de dados central do Q-Das, existe uma estrutura preparada, com várias etapas, que constitui a arquitetura da comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das. Neste sentido, é necessário compreender a forma como as medições são enviadas para a base de dados central do Q-Das, tal como representado na figura 38.

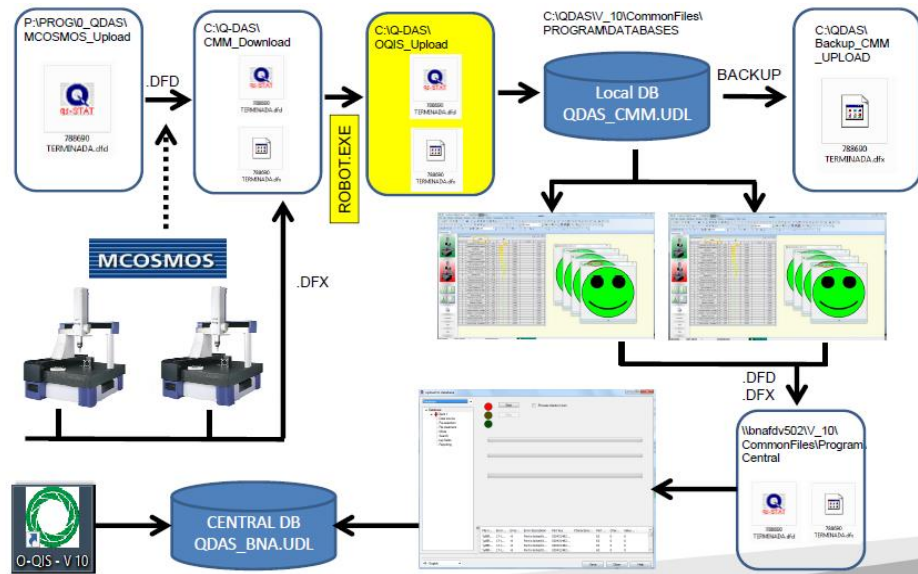


Figura 38 – Estrutura de comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das

Ao iniciar a construção de um programa de medição dos cilindros produzidos é necessário ter em consideração as características que é importante enviar para a base de dados do Q-Das. Essas características devem ter um atributo denominado “estatística”. Apenas essas medições serão enviadas para o Q-Das.

Em seguida são criados os ficheiros que contêm essas medições em formato “DFX”. Este ficheiro tem de ter o mesmo nome que o programa que está no MCosmos, para que as características sejam enviadas corretamente.

É de especial relevância notar a ordem pela qual é efetuada a medição das características na CNC 3D e o seu envio para o Q-Das, sendo apenas necessário que os ficheiros tenham o mesmo nome.

De forma automática é criado um ficheiro com a extensão “DFD”, e as medições deste ficheiro poderão ser alocadas na base de dados local do Q-Das. A existência desta base de dados local prende-se com o facto de o Q-Das necessitar de uma base de dados que esteja associada à CNC 3D, pois as extensões dos ficheiros criados não são compatíveis para a leitura no Q-Das.

Assim que a CNC 3D acaba de efetuar as leituras dos cilindros, passados alguns segundos, surge uma animação que informa se as medições estão dentro das especificações pretendidas. Essa animação é representada por “smiles”, sendo que um “smile” verde significa que todas as especificações estão conformes ou, de forma inversa, um “smile” vermelho representa características fora da especificação.

Esta forma visual ajuda a perceber, de um modo simples, se os cilindros estão a ser produzidos de forma conforme ou não conforme.

Ainda na base de dados local, quando o Q-Das não consegue ler os ficheiros com as medições efetuadas, seja porque os nomes não coincidem com os da CNC 3D ou porque as características não estão dispostas na ordem correta, é necessário efetuar o *upload* das medições realizadas na CNC 3D da base de dados local para a base de dados central. De referir que existem dois servidores dedicados exclusivamente ao Q-Das e às suas bases de dados.

Para realizar o *upload* é necessário utilizar o *software* indicado denominado Q-Das *upload*. A função deste software é carregar as medições que estão na base de dados local para a base de dados central do Q-Das, de forma a que todas as medições possam estar acessíveis para consulta.

Devido às constantes medições que são feitas na CNC 3D foi da minha responsabilidade efetuar diariamente este *upload*, tal como indica a figura 39.

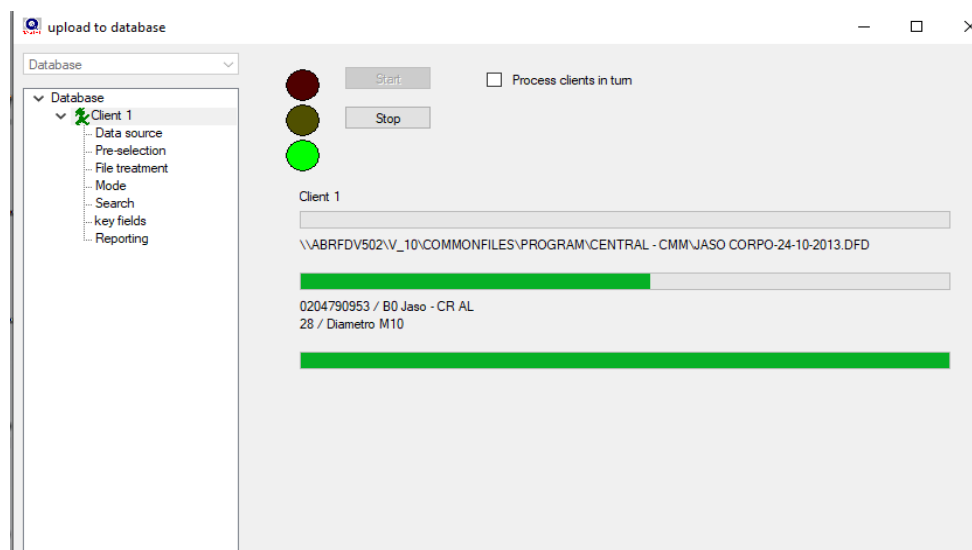


Figura 39 – *Upload* de medições para a base de dados central do Q-Das

6.4. Programa de Medições de Cilindros na CNC 3D

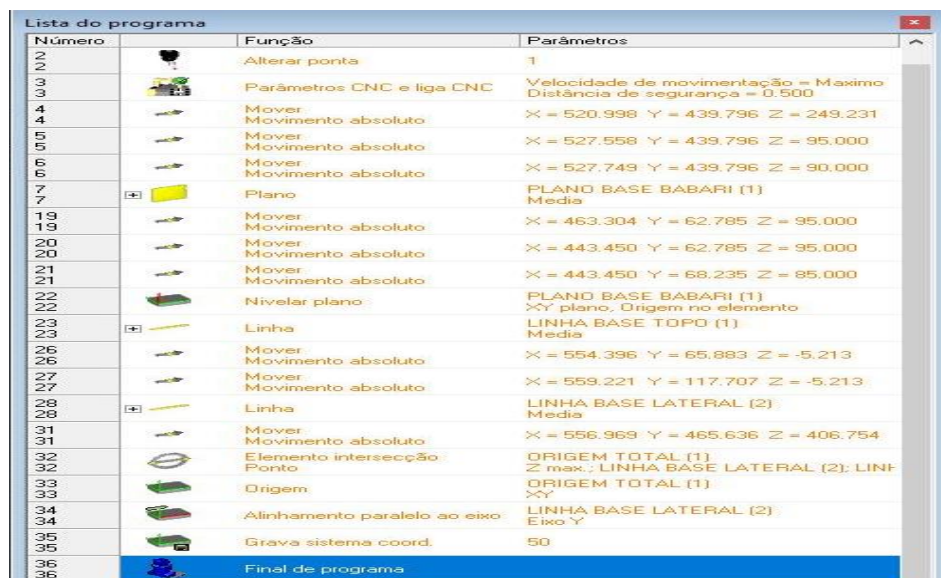
Depois de analisados todos os desenhos e tomadas em consideração as características mais importantes, inicia-se uma nova etapa para se poder obter as medições no Q-Das, sendo necessário a utilização do equipamento de medição de alta precisão, a CNC 3D.

É necessário programar a CNC 3D para que esta possa efetuar as medições dos cilindros.

O gabari é uma base metálica que contém quatro suportes com as dimensões dos cilindros, com o objetivo de aí encaixar os cilindros para os medir. Ao iniciar a construção do programa de medições é necessário executar um programa suplementar para medir o gabari e, posteriormente, é necessário que a CNC 3D esteja configurada com o alinhamento, de acordo com as dimensões do gabari que suporta os cilindros.

Depois de colocado o gabari na base da CNC 3D, é necessário calibrá-la. Este procedimento deve ser sempre efetuado, uma vez que devem ser atribuídas referências posicionais à CNC 3D, evitando assim colisões entre os componentes e a ponteira que toca nestes. Para construir o programa deslocou-se a ponteira da CNC 3D com o *joystick* para tocar em cada ponto em que se pretende gravar as coordenadas do gabari.

Após terem sido gravadas as várias coordenadas do gabari, é assumido ser esta a área de trabalho das medições. A CNC 3D necessita de ter as referências da área de trabalho, de forma a medir apenas as posições definidas pelo gabari.



Número	Função	Parâmetros
1	Alterar ponta	1
3	Parâmetros CNC e liga CNC	Velocidade de movimentação = Maximo Distância de segurança = 0.500
4	Mover	X = 520.998 Y = 439.796 Z = 249.231
4	Movimento absoluto	
5	Mover	X = 527.556 Y = 439.796 Z = 95.000
5	Movimento absoluto	
6	Mover	X = 527.749 Y = 439.796 Z = 90.000
6	Movimento absoluto	
7	Plano	PLANO BASE BABARI (1) Media
19	Mover	X = 463.304 Y = 62.785 Z = 95.000
19	Movimento absoluto	
20	Mover	X = 443.450 Y = 62.785 Z = 95.000
20	Movimento absoluto	
21	Mover	X = 443.450 Y = 68.235 Z = 85.000
21	Movimento absoluto	
22	Nivelar plano	PLANO BASE BABARI (1) XY plano, Origem no elemento
23	Linha	LINHA BASE TOPO (1) Media
26	Mover	X = 554.396 Y = 65.883 Z = -5.213
26	Movimento absoluto	
27	Mover	X = 559.221 Y = 117.707 Z = -5.213
27	Movimento absoluto	
28	Linha	LINHA BASE LATERAL (2) Media
31	Mover	X = 556.969 Y = 465.636 Z = 406.754
31	Movimento absoluto	
32	Elemento intersecção	ORIGEM TOTAL (1) Z max.: LINHA BASE LATERAL (2); LINHA
33	Ponto	ORIGEM TOTAL (1)
33	Origem	XY
34	Alinhamento paralelo ao eixo	LINHA BASE LATERAL (2) Eixo Y
35	Grava sistema coord.	50
36	Final de programa	

Figura 40 – Programa de calibração do gabari

6.4.1. Estrutura do Programa de Medições de Cilindros

Ao iniciar um programa de medições na CNC 3D deve ter-se em consideração as características funcionais desta, ou seja, a área em que a ponteira da CNC 3D consegue medir nas coordenadas x , y e z .

A CNC 3D, como qualquer CNC, necessita de coordenadas para poder efetuar algum tipo de movimento. Nesse sentido, é importante ter a noção de que a orientação relativamente aos planos x , y e z é essencial para que os programas sejam executados sem erros, evitando assim colisões entre os componentes a medir e a ponteira da CNC.

Em termos de medição, esta preocupação está também presente quando se pretende construir um programa de medição, sendo que a estrutura do mesmo é a seguinte [25].

- **Subprograma inicial** – Indicação inicial da posição da CNC 3D do ponto zero até ao primeiro cilindro;
- **Programa de medição das características do cilindro** – Percorre o cilindro para medir as características do mesmo;
- **Subprograma final** – Indicação da posição final da CNC 3D após medição de um cilindro, para poder passar às medições do próximo cilindro.

A estrutura do programa foi pensada desta forma para que sejam medidos quatro cilindros de cada vez, respondendo às necessidades de controlo de qualidade da produção. Otimizou-se o programa de medições na CNC 3D o máximo possível, a fim de reduzir o tempo de medição, evitando ciclos de medição desnecessários e colisões.

A capacidade máxima de produção de cada *Chiron* é de quatro cilindros de cada vez. Existindo dez *Chiron* na fábrica AbrP, são maquinados doze mil cilindros por dia e verificados pelo controlo de qualidade cerca de 1% deste total, isto é, cento e vinte cilindros, durante os três turnos de produção.

6.4.2. Subprograma

A programação de um cilindro, de acordo com o que foi referido anteriormente, começa pela análise das cotas do desenho e em seguida pelo subprograma inicial que tem como função orientar a CNC 3D desde o ponto zero até à localização do primeiro cilindro.

Para construir um programa de medições de um cilindro, é atribuído ao programa um nome, sendo esse nome a referência do cilindro. Esta norma foi criada para que todos os utilizadores possam identificar o cilindro que necessitam de medir.

No que à programação diz respeito, é necessário escolher a opção de edição no programa MCosmos, de forma a ser possível adicionar os comandos necessários para efetuar qualquer movimento com a CNC 3D.

Tendo o subprograma o propósito de orientar a ponteira da CNC 3D, é necessário que indique qual a origem do referencial e o fim do mesmo. Recorre-se unicamente ao *joystick* para movimentar a ponteira da CNC 3D, uma vez que é a forma mais simples para definir o caminho que a ponteira deverá percorrer desde o ponto zero até ao componente a medir. Foram gravadas quatro posições desde o início até ao fim do referencial, sendo o fim do referencial a aproximação da ponteira ao cilindro. Desta forma, a primeira posição representa o início do referencial onde a ponteira está recolhida, a segunda posição representa a descida da ponteira até junto do cilindro; a terceira posição representa a paragem da ponteira perto do cilindro; por fim, a quarta e última posição traduz a paragem da ponteira junto ao cilindro.

Terminado este ciclo no programa de medição dos cilindros, a CNC 3D tem definidas todas as posições que vai tomar para efetuar o seu movimento, podendo avançar para o próximo ciclo do programa: a medição das características do cilindro. Quando termina a medição dos cilindros, o subprograma é novamente iniciado para recolher a ponteira da CNC 3D até à posição de ponto zero.

O programa tem apenas a posição onde termina a medição e a posição de ponto zero da CNC 3D. Assim, fica garantido que se possam retirar e colocar os cilindros para iniciar uma nova medição.

É de notar que, como o subprograma é utilizado para todos os programas de medição dos cilindros, foi guardado na biblioteca do MCosmos de forma a poder ser utilizado em todos os programas sem a necessidade de construir um novo subprograma.

6.4.3. Programa de Medições do Cilindro

Em primeiro lugar é efetuada a construção do gabari a fim de determinar a área de medição dos cilindros na qual a CNC 3D deve atuar. Em seguida constrói-se o subprograma para que a CNC 3D conheça o caminho desde o ponto zero até à posição exata dos cilindros. Por fim, realiza-se a construção do programa dos cilindros.

Posteriormente é necessário identificar quais são as *Chirons* que produziram os cilindros e a posição em que foram maquinados, de forma a efetuar o controlo de qualidade nas dez *Chirons* e nas quatro posições de maquinação dos cilindros em cada *Chiron*. O técnico do departamento de qualidade utiliza um quadro para poder colocar as posições e qual a *Chiron* em que foram produzidos os cilindros, como ilustra a figura 41.

POS 1		POS 2	
Nº Linha	Chiron 6	Nº Linha	Chiron 6
Nº Posição	Pos 1	Nº Posição	Pos 2
POS 3		POS 4	
Nº Linha	Chiron 6	Nº Linha	Chiron 6
Nº Posição	Pos 3	Nº Posição	Pos 4

Figura 41 – Escolha das *Chiron* e posições dos cilindros no programa Mcosmos

É de notar que na construção do programa para medir os cilindros não é efetuado qualquer tipo de programação, uma vez que o quadro que identifica as posições e a *Chiron* que maquinou os cilindros é ativado através das opções existentes no editor do MCosmos.

Seguidamente é possível iniciar a construção do programa de medições dos cilindros. Para otimizar o tempo de medição do cilindro, as características são organizadas de acordo com o tempo de leitura que a CNC 3D necessita, sendo medidas pela seguinte ordem:

- Base do cilindro;
- Base dos furos M10, M7 e M6 do cilindro;
- Furos M10, M7 e M6;
- Diâmetro do furo principal;
- Corpo do cilindro.

Para iniciar o programa, foi responsável por escolher a ponteira que melhor se adaptava à forma das características que o cilindro tem, para que possa percorrer o espaço entre cada característica sem colisões.

São utilizados dois tipos de ponteiras, uma com a haste mais pequena e outra com a haste mais comprida.

Cada posição gravada na CNC 3D é assumida pela própria como a “posição máquina”. Isto significa que não precisa de voltar para o ponto zero para medir o próximo ponto gravado.

Assente sobre o plano da base do cilindro, criei a base dos furos M10, M7 e M6, designada por castelo, para que de forma sequencial possa ser efetuada a medição, não sendo necessário efetuar a troca de ponteira ao medir o castelo.

O castelo tem forma circular e o seu posicionamento é feito através do posicionamento do furo M10, uma vez que este furo está no centro do cilindro. No que diz respeito ao comprimento do cilindro, este tem uma variação entre os 38 mm e 48 mm. Como tal, sabendo o comprimento do cilindro, são criados dois planos, um direito e outro esquerdo, referentes aos furos do diâmetro principal do cilindro, que distam 38 mm a 48 mm entre si. Esta variação representa o comprimento dos cilindros que são produzidos na fábrica AbrP, como ilustra a figura 42.

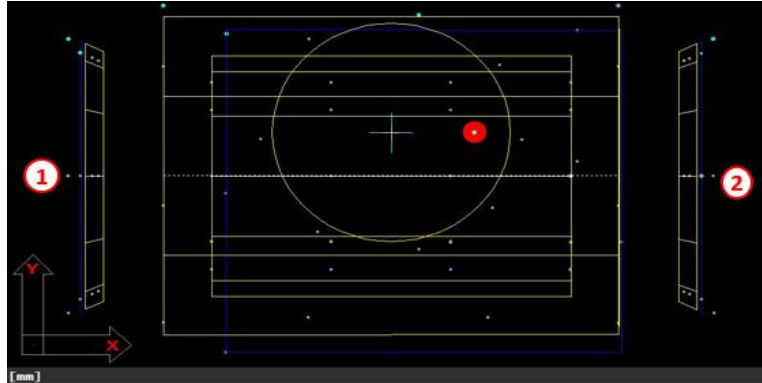


Figura 42 – Criação dos planos no programa de medições

Descrição da Figura 42:

- 1 – Plano Esquerdo;
- 2 – Plano Direito.

Automaticamente é fornecido o plano que divide o comprimento do cilindro e, confirmado esse plano, obtém-se o centro do cilindro, ficando assim determinada a localização do furo M10, sendo esta posição memorizada no programa do cilindro, como ilustra a figura 43.

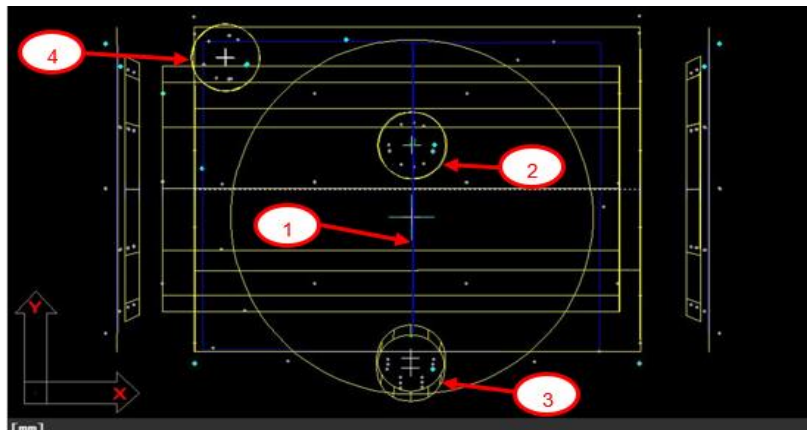


Figura 43 – Criação dos furos do cilindro no programa de medições

Descrição da figura 43:

- 1 – Plano intermédio de centro do cilindro;
- 2 – Localização do Furo M10;
- 3 – Localização do Furo M7;
- 4 – Localização do Furo M6.

Relativamente aos furos M7 e M6, necessitei de recorrer ao desenho para introduzir as posições de ambos, uma vez que no desenho dos cilindros existem referências relativas à distância entre os furos. Selecionei a opção para inserir as cotas de forma manual. As cotas representam as posições referentes a x , y e z para os furos M7 e M6.

Uma vez que os furos M10, M7 e M6 são essenciais para que o cilindro funcione e possa desencadear o correto funcionamento do travão de tambor, é necessário confirmar se as cotas estão certas. Para tal, utilizei a ponteira de forma manual movendo-a até aos furos e confirmando, deste modo, se as coordenadas obtidas coincidiam com as coordenadas que inseri. Como as coordenadas obtidas coincidiram, os dados foram gravados através do botão “go to” do *joystick*; porém, se não coincidissem, teria que verificar a criação dos planos correspondentes ao comprimento do cilindro, tanto o esquerdo com o direito, pois estes são o ponto de partida para o início da criação dos planos, devendo então efetuar-se a sua correção e adaptar-se as cotas à correção efetuada.

Com o castelo e os furos criados, dei início á construção do plano correspondente à base do cilindro, denominado de simetria, com o objetivo de verificar se a base do cilindro está totalmente nivelada, como indica a figura 44.

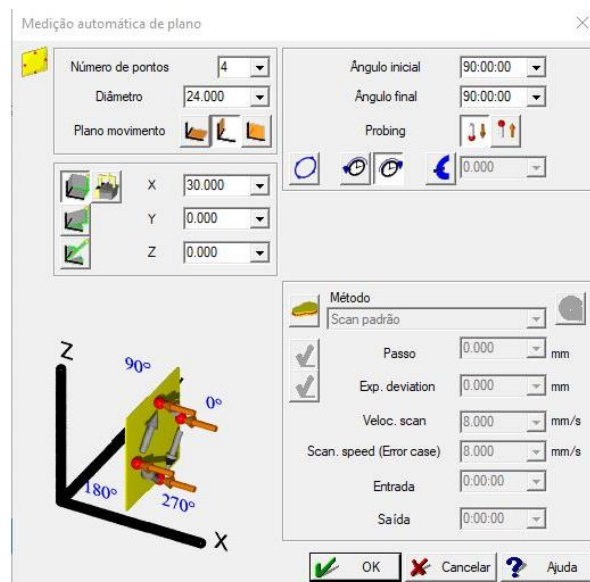


Figura 44 – Escolha das dimensões do plano de simetria

Utilizei o joystick da CNC 3D para programar e gravar as quatro posições da base do cilindro, sendo elas os cantos superiores direito e esquerdo e os cantos inferiores direito e esquerdo. Desloquei a ponteira até próximo da posição que pretendia gravar e pressionei o botão “go to” do joystick, ficando assim definida cada posição de deslocamento da ponteira da CNC 3D para futura medição.

Como os planos direito e esquerdo correspondem ao comprimento dos cilindros é possível criar o furo do seu diâmetro principal. Para criar esta característica é necessário trocar a ponteira da CNC 3D para que seja medido o comprimento do interior do cilindro.

Para criar o diâmetro do furo principal do cilindro recorri novamente ao desenho para verificar qual era o seu valor, escolhi no editor a opção “diâmetro” e coloquei o valor que está no desenho. Em seguida, recorri ao editor no MCosmos para selecionar a opção “cilindro”, na qual inseri o valor da distância entre a base do cilindro e o centro do diâmetro do furo principal, como ilustra a figura 45.

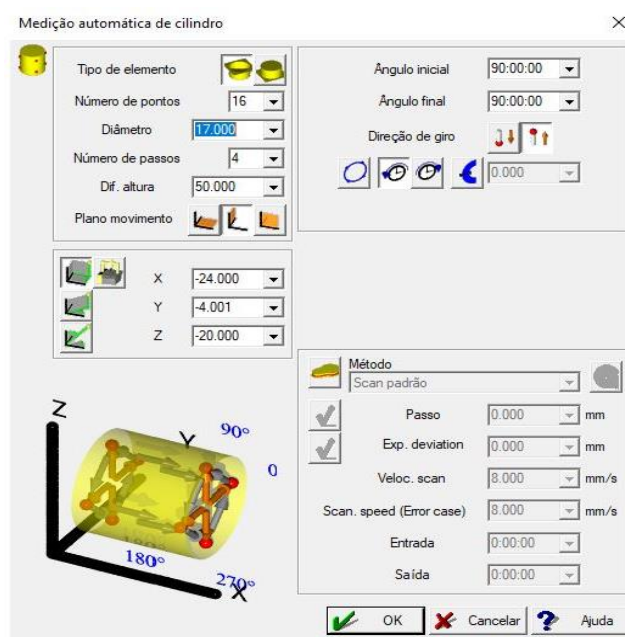


Figura 45 - Escolha das dimensões do diâmetro do cilindro

Deste modo garanti que o diâmetro está centrado e gravei esta posição pressionando o botão “*go to*” do *joystick*.

É de notar que inicialmente, no programa de medições, são criados dois planos, o esquerdo e o direito, que distam entre si o comprimento do cilindro. Estes planos são utilizados para criar o diâmetro do furo principal.

De seguida, utilizei a mesma ponteira para medir o interior do diâmetro do cilindro, inserindo a mesma no furo principal do cilindro.

É colocada a ponteira dentro do furo principal do cilindro, onde esta irá medir quatro pontos do furo, isto é, as partes superior e inferior e os lados direito e esquerdo. Esta medição repete-se no meio do furo do cilindro e perto do término do mesmo, sendo assim possível verificar o posicionamento do furo e a sua uniformidade, sem desvios.

Novamente, gravei cada uma destas posições através do *joystick* pressionando o botão “*go to*”.

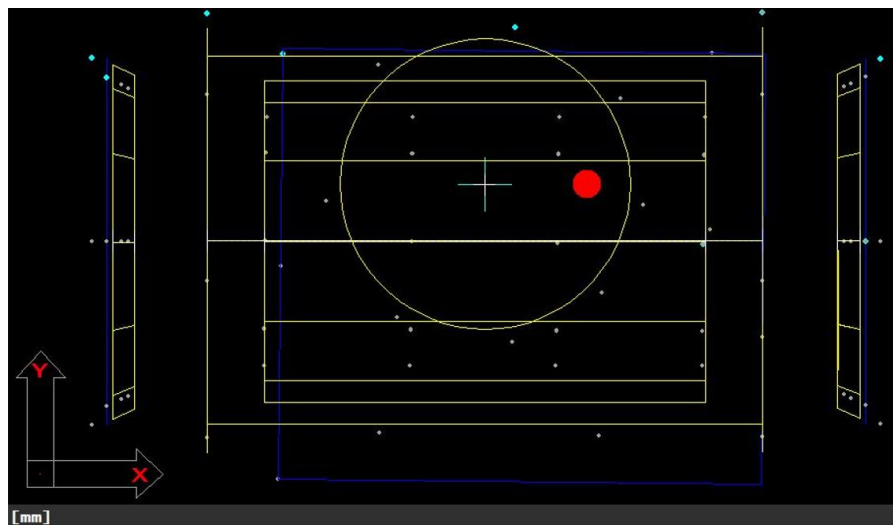


Figura 46 – Criação do furo principal do cilindro

Por fim, falta apenas o corpo do cilindro que corresponde à medição exterior do furo principal deste. Para tal, procedi à troca da ponteira pois é necessário utilizar uma ponteira com a haste mais pequena, dado que irão ser medidas características do cilindro ao nível da superfície e pretende-se evitar possíveis colisões da ponteira da CNC 3D com o gabari que suporta os cilindros.

Uma vez que no desenho não existem referências relativas às medidas do corpo do cilindro, para se efetuar a sua medição é necessário colocar a ponteira em cada um dos

pontos exteriores do furo principal do cilindro e gravar essa posição pressionando o botão “go to” do joystick.

No total fiz a gravação de cinco posições em torno da superfície do cilindro, compreendidas entre o ponto inferior do exterior do cilindro e a sua base. Com estes cinco pontos é possível medir também o ângulo que existe entre a base do cilindro e o seu corpo.

Note-se que todas as características descritas no programa de medições contêm um valor nominal e uma tolerância, estando ambas descritas no desenho de cada cilindro. No programa de medições na CNC 3D, estes valores têm que estar obrigatoriamente definidos para que seja possível a obtenção das medições das características.

No MCosmos, quando se abre a definição “tolerância” verifica-se qual o nome que foi previamente atribuído a essa característica, sendo em seguida inseridos manualmente os valores nominais e as tolerâncias correspondentes a essa característica, como indica a figura 47.

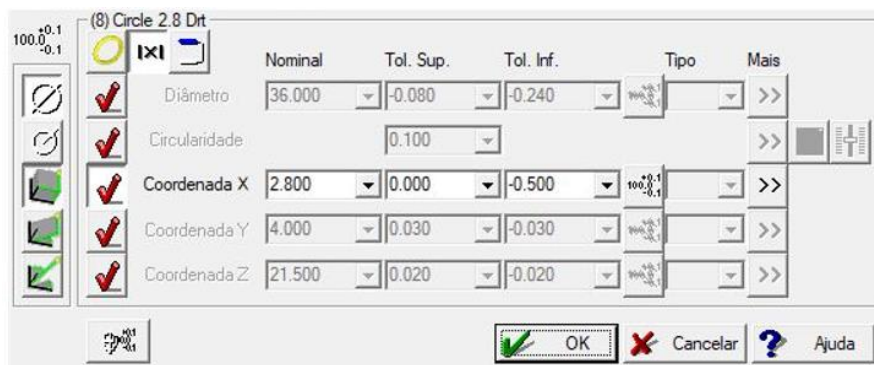


Figura 47 – Atribuição das tolerâncias de uma característica.

Em suma, recorri aos programas de medição utilizados para que a CNC 3D possa medir as referências dos cilindros produzidos na fábrica AbrP e verificar que têm a mesma estrutura, apesar de existirem cilindros de diferentes comprimentos, como indicam os desenhos dos mesmos. A estrutura do programa de medição é a mesma de modo a otimizar este programa para que funcione com a maior celeridade possível de forma a responder às necessidades da produção, como ilustra o Anexo H.

Depois de efetuar os programas de medição, verifiquei que a estrutura acima descrita corresponde à medição otimizada de cada cilindro, sendo esta posteriormente aplicada aos restantes cilindros.

No Anexo I é possível verificar as posições que a CNC 3D efetuou quando medi um cilindro.

6.5. Características com a Atribuição “Estatística”

Após ter concluído a construção do programa de medições dos cilindros que realizei no programa MCosmos, seguiu-se a atribuição das características com o atributo “estatística”.

Esta particularidade do programa MCosmos deve-se ao facto da definição “tolerância” permitir a atribuição dos valores nominais e das tolerâncias superiores e inferiores, visto que quando se maquina um cilindro existe uma oscilação que deve estar de acordo com os valores indicados nos desenhos de cada cilindro, sendo desta forma possível calibrar as *Chirons*.

Dentro da definição “tolerância”, para além da atribuição dos valores nominais e respetivas tolerâncias, existe na opção “mais” a possibilidade de seleccionar a opção “estatística” que se apresenta como um gráfico de barras. Ativei essa opção, para os valores das medições das características ficarem prontos para enviar para o Q-Das, como indica a figura 48.

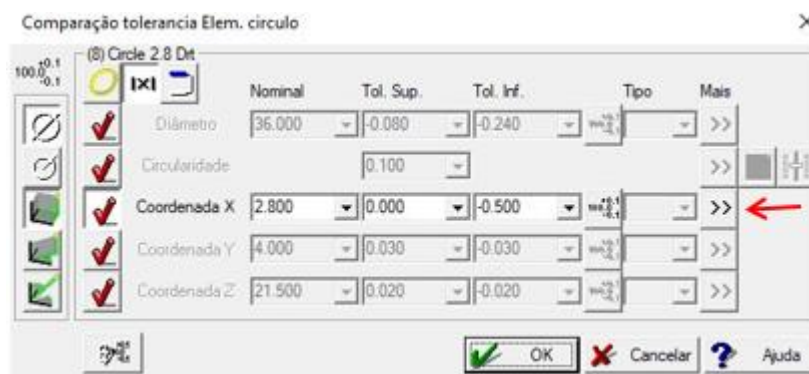


Figura 48 – Seleção dos valores das características para “estatística”

Para que os valores das medições das características sejam enviados da CNC 3D para o Q-Das, defini quais as características que seriam enviadas, sendo obrigatória a atribuição da definição “estatística” para que esse envio de informação ocorresse, como ilustra figura 49.



Figura 49 – Atribuição do atributo “estatística”

Para terminar o processo de comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das, indiquei, no programa de medições, quais os ficheiros DFD que deveriam ser enviados para o Q-Das. Sem esta linha de indicação do ficheiro de origem criado pela CNC 3D e o arquivo, ou seja, o *Test Plan* do Q-Das, como indica a figura 50, não existe comunicação entre ambos. Esta comunicação ocorrerá ao inserir o nome da pasta de arquivo onde se encontram os *Test Plan*.

É de salientar que tive a necessidade seleccionar a opção “sobrescrever se o arquivo existir”, para que no final de cada medição fossem enviados os respetivos valores.

Desta forma, garanti que os valores das medições fossem sempre enviados para o *Test Plan* com o mesmo nome.

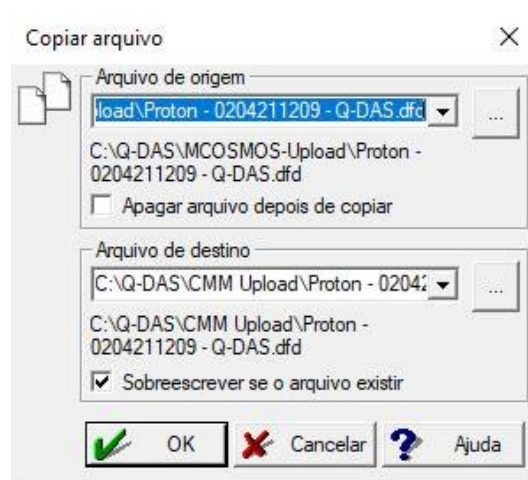


Figura 50 – Caminho das pastas de envio de medições

6.6. Comunicação das medições da CNC 3D com o Q-Das

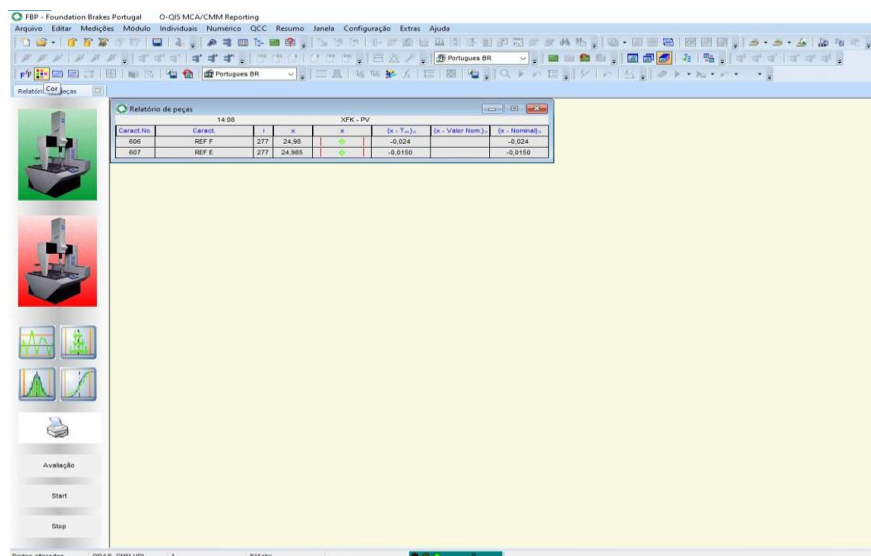
Quando as medições das características pretendidas estão seleccionadas com atributo “estatística” no programa de medição construído na CNC 3D, é necessário efetuar o processo de comunicação entre os ficheiros que são produzidos na CNC 3D e no Q-Das.

Tal como foi anteriormente explicado no capítulo 6 na secção 6.3, na arquitetura de comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das, que mostra os ficheiros que são criados quando são efetuadas medições, é importante construir os *Test Plan* de cada referência de cilindro corretamente para que exista uma comunicação de medições.

Comparando com o processo de criação e alteração dos *Test Plan* efetuados nos setores de produção, durante a criação dos *Test Plan* existe a preocupação de colocar as características de forma a que os operadores e técnicos do departamento de qualidade insiram os valores das medições de forma célere, sem criar problemas que levem à interrupção da produção.

No que diz respeito às medições da CNC 3D, surgem outro tipo de preocupações na criação dos *Test Plan*, sendo importante cumprir a ordem de leitura das medições que a CNC 3D realiza previamente.

As medições, ao chegarem ao Q-Das, estão na base de dados local. Significa isto que apenas é possível visualizar as medições no computador utilizado pela CNC 3D, como indica a figura 51.



The screenshot shows the Q-Das software interface. A window titled 'Relatório de peças' is open, displaying a table of measurement data. The table has columns for 'Caract No', 'Caract', 'x', 'x', 'D - T...', 'D - Valor Nom.', and 'D - Nominal'. The data is as follows:

Caract No	Caract	x	x	D - T...	D - Valor Nom.	D - Nominal
606	REF F	277	24.98	-0.024		-0.024
607	REF E	277	24.985	-0.0150		-0.0150

Figura 51 - Base de dados local do Q-Das

6.6.1. Criação de *Test Plan* de Comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das

Uma vez que as medições dos cilindros estão na base de dados local, significa que estão disponíveis para serem enviadas para a base de dados central. Para realizar esta comunicação é necessário criar um *Test Plan* e colocá-lo na pasta *CMM Upload*, onde é efetuado o primeiro *upload* das medições.

Name	Date modified	Type	Size
Backup	18/12/2019 15:48	File folder	
CMM Upload	09/09/2021 22:07	File folder	
Fotos MCOSMOS	18/12/2019 15:49	File folder	
MCOSMOS-Upload	09/09/2021 19:42	File folder	
Relatorios W45	18/12/2019 15:49	File folder	
V_10	18/12/2019 15:50	File folder	

Figura 52 – Pasta de destino das medições da CNC 3D

Quando é criado o *Test Plan* devem ter-se em consideração dois aspetos importantes:

- O nome dos ficheiros Q-Das deve ser igual ao que consta no programa de medição de cada cilindro;
- A ordem das características criadas no *Test Plan* deve ser igual à ordem de características medidas pela CNC 3D com o atributo “estatística”.

No momento em que criei os *Test Plan* para receberem as medições efetuadas pela CNC 3D, tive de ter em consideração a forma como o programa de medições foi construído. É fundamental que a ordem das características que constam no programa de medições seja igual à ordem que as mesmas têm no *Test Plan*.

O nome do *Test Plan* deverá ser também exatamente igual ao que foi atribuído no programa de envio das medições efetuadas, sendo que todos os *Test Plan* que criei tiveram em consideração esta particularidade.

Quando a CNC 3D está a medir cada cilindro faz uma leitura de acordo com as posições que são gravadas no programa. Todavia, a atribuição dos valores das características que são medidas necessita da definição de um nome pelo qual a CNC 3D possa designar cada valor medido.

Esta particularidade, que está implícita na capacidade que a CNC 3D tem na obtenção dos valores, afeta a forma como os ficheiros gerados, referentes às medições de um cilindro, são enviados para o Q-Das.

Note-se que, sem respeitar a ordem e o nome das características, bem como o nome atribuído ao *Test Plan*, nenhuma medição poderá ser enviada da CNC 3D para o Q-Das.

Assim que termina a medição de um cilindro, é criado um ficheiro com a extensão QML e uma extensão do mesmo ficheiro no formato DFX. Ambos os ficheiros têm os valores das medições que foram efetuadas, mas simultaneamente cada um deles tem funções diferentes.

O ficheiro QML corresponde à medição que é introduzida na base de dados local. Este ficheiro contém, para além do valor da medição das características do cilindro, a data em que foi efetuada essa medição. Este ficheiro é também um backup da medição realizada.

O ficheiro DFX é criado pois a CNC 3D não consegue criar ficheiros compatíveis com a extensão que o Q-Das consegue ler. Esta situação existe porque inicialmente o Q-Das não foi pensado para efetuar qualquer tipo de comunicação com CNC 3D, e, por conseguinte, foi desenvolvida a extensão DFX que é compatível com a CNC 3D e o Q-Das.

Ambos os ficheiros são enviados para a pasta CMM Upload, como indica a figura 53, onde se encontra o *Test Plan* que criei, que corresponde à referência do cilindro que foi medido. Os ficheiros QML e DFX têm o mesmo nome que o *Test Plan* assim como a mesma ordem de medição e as mesmas definições das características

Name	Date modified	Type	Size
0204L8119801 01 AA	08/09/2021 16:56	DFD File	1 KB
0204214555 01 AA.	09/09/2021 19:41	DFD File	7 KB
0204214555 01 AA_27072021_152228.QML	27/07/2021 15:22	QML File	2 KB
0204214555 01 AA_27072021_161152.QML	27/07/2021 16:11	QML File	2 KB
0204214555 01 AA_27072021_163646.QML	27/07/2021 16:36	QML File	2 KB
0204214555 01 AA_27072021_184840.QML	27/07/2021 18:48	QML File	2 KB
0204214556 01 AA.	09/09/2021 19:08	DFD File	7 KB
A5x-0204217262	16/07/2021 10:23	DFX File	1 KB
A7-0204214283-QDAS	09/09/2021 22:36	DFX File	1 KB
A7-0204214283-QDAS_08092021_222025.QML	08/09/2021 22:20	QML File	4 KB
A7-0204214283-QDAS_08092021_222533.QML	08/09/2021 22:25	QML File	3 KB
A9- CMP - 0204712029-5.023-QDAS	12/05/2015 08:33	DFD File	7 KB
BJA 8 -0204L81159-QDAS	31/05/2021 07:02	DFD File	7 KB
CMFB 9 0204N10701	16/06/2021 20:40	DFD File	7 KB
CMFB 9 0204N10701_03092021_011609.QML	03/09/2021 01:16	QML File	2 KB
CMFB 9 0204N10701_16062021_220438.QML	16/06/2021 22:04	QML File	2 KB
CMFB 9 0204N10701_17082021_023825.QML	17/08/2021 02:38	QML File	2 KB

Figura 53 – Exemplo de ficheiros QML e DFX contendo as medições da CNC 3D

A comunicação fica estabelecida, bem como o envio dos valores medidos pela CNC 3D, quando o ficheiro DFX, criado pela mesma, desaparece da pasta *CMM Upload*. Nesse momento as medições são inseridas no Q-Das.

Por sua vez, o ficheiro QML, assim que as medições ficam inseridas no Q-Das e de forma automática, é colocado numa pasta com a designação “backup”.

Contudo, a comunicação, apesar de bem-sucedida, ainda se encontra na base de dados local, o que significa que os valores estão prontos para serem encaminhados para a base de dados central do Q-Das. Para tal, é necessário efetuar um *upload* das medições.

Para garantir que o *upload* é efetuado de forma correta, é preciso garantir que a pasta *MCOSMOS-Upload* contenha o *Test Plan* com as referências dos cilindros medidos, como indica a figura 54.

De acordo com o verificado anteriormente, o *software* Q-Das utiliza a interface designada *Test Plan* como forma de inserir valores de medições e recorre à mesma interface para efetuar a comunicação entre a base de dados e os equipamentos de medição.

Os *Test Plan* que criei respeitam o mesmo nome e ordem das características dos que existem na pasta *CMM Upload*, isto porque os valores das medições estão agrupados pela ordem em que foram medidos, e dessa forma garante-se que o *upload* é realizado de forma correta.

Name	Date modified	Type	Size
002-X98 POSIÇÃO CASQUILHO DIR. ACT...	07/03/2016 10:54	DFD File	9 KB
003 -J92 POSIÇÃO DO CASQUILHO DIR.A...	07/03/2016 10:31	DFD File	9 KB
0204214555 01 AA.	09/09/2021 19:41	DFD File	7 KB
0204214556 01 AA.	09/09/2021 19:08	DFD File	7 KB
0204788636-JASO NEW-24-10-2013	28/04/2014 15:09	DFD File	27 KB
A5X-0204217262	25/01/2016 15:31	DFD File	11 KB
A7-0204214283-QDAS	29/02/2016 11:07	DFD File	11 KB
A9- CMP - 0204712029-5.023-QDAS	12/05/2015 08:33	DFD File	7 KB
B0 - 0204214188 - Q-DAS	23/05/2014 08:46	DFD File	27 KB
BJA 8 -0204L81159-QDAS	31/05/2021 07:02	DFD File	7 KB
BL-90-0204214829-Q-DAS	22/05/2014 08:25	DFD File	32 KB
CMFB 9 0204N10701	16/06/2021 20:40	DFD File	7 KB
F3M-0204L99892	28/02/2019 15:15	DFD File	5 KB
Fiat 19 - 0204211670 - Q-DAS	26/05/2014 08:37	DFD File	68 KB
H79 D - 0204217416 - Q-DAS	27/05/2014 11:29	DFD File	31 KB
H79 D-0204217416-NMO641-QDAS	08/01/2019 09:46	DFD File	7 KB
H79 E - 0204217416 - Q-DAS	27/05/2014 11:28	DFD File	31 KB
H79 E-0204217416-NMO641-QDAS	12/05/2015 09:57	DFD File	7 KB
HHA D-0204L80209-QDAS	04/02/2019 09:33	DFD File	7 KB
HHA E-0204L80208-QDAS	04/02/2019 09:35	DFD File	7 KB
J92 - 0204797192 - Q-DAS	08/01/2019 09:28	DFD File	39 KB
J92-0204214556-VERSAO ACTUAL	06/02/2019 14:50	DFD File	5 KB

Figura 54 – *Test Plan* de comunicação com a base de dados central do Q-Das

É possível avaliar a qualidade dos cilindros medidos durante as produções depois de confirmada a comunicação dos valores das características medidas pela CNC 3D e da passagem correta e em tempo real desta informação para o Q-Das. Deste modo, é possível calibrar as máquinas com mais precisão, como demonstra o Anexo J, evitando a produção de cilindros não conformes e reduzindo os custos associados à mesma.

Os defeitos dos cilindros não conformes serão também mais facilmente detetados, uma vez que ao conhecer o processo de maquinação dos cilindros e sabendo quais são as características que mais vezes apresentam defeitos, é possível analisar quais os motivos das falhas de produção e reagir de forma preventiva.

Após essa análise é possível avançar para as alterações e melhorias ao processo que se considerem apropriadas.

6.7. Análise FMEA dos Cilindros

Tendo em conta que uma pequena alteração necessita sempre de uma aprovação de vários departamentos para que todos os componentes produzidos estejam conformes, realiza-se a reunião de FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) para analisar quais as fragilidades que podem surgir ao nível do processo de fabrico e da qualidade do produto final.

Nas reuniões de FMEA é necessário estarem presentes membros dos departamentos de engenharia e de qualidade, neste caso representados pelo engenheiro de processo do setor, um engenheiro de qualidade (no caso a supervisora de qualidade), o *team leader* do setor da maquinação e um técnico do laboratório da fábrica AbrP.

Note-se que nas reuniões efetuadas, participei em conjunto com a supervisora de qualidade, pois realizei o processo de comunicação entre a CNC de medição 3D e o Q-Das, assim como também elaborei os programas de medição de cilindros da CNC 3D.

Nesta reunião foram avaliados vários pontos referentes ao processo e à sua qualidade, sendo importante salientar que as reuniões de FMEA na fábrica AbrP são “desenvolvidas” de forma semelhante para os diferentes setores. A ordem de trabalhos é a indicada abaixo [26].

- Análise de potenciais falhas do processo (maquinação de cilindros);
- Análise de potenciais falhas do produto (cilindros);

- Perante as potenciais falhas restringir a hipótese de falhas e paragens de linha;
- Reclamações dos clientes;
- Defeitos ocorridos durante a produção de amostras iniciais e no global do volume de produção.

Através da análise destes pontos é possível responder às necessidades que o processo exige para uma melhoria contínua do mesmo.

De salientar que este processo foi decidido em várias reuniões de FMEA, tendo sido implementado ao longo de várias semanas, por ser necessário analisar detalhadamente as doze referências do cilindro.

6.7.1. Análise de Potenciais Falhas do Processo

O processo de maquinação dos cilindros é considerado um processo estável no que ao seu funcionamento se refere. É possível avaliar a estabilidade do processo através dos componentes produzidos, isto é, da quantidade de componentes não conformes e do número de avarias que cada máquina apresenta. Todos estes parâmetros indicam uma percentagem de 87% de componentes produzidos com sucesso, sendo os restantes 13% componentes não conformes.

No que toca às máquinas envolvidas no processo de fabrico, a fábrica AbrP é composta por dez *Chirons*. As *Chirons* são máquinas de maquinação, ou seja, trabalham materiais como o ferro e o alumínio, transformando uma barra de alumínio em cilindros com as características de cada referência, como indica a figura 55. O cilindro da direita não está maquinado e o cilindro da esquerda está maquinado.



Figura 55 – Exemplos de cilindros maquinados e por maquinar

Para obter a forma do cilindro, cada máquina *Chiron* tem *PLC* Siemens que são programados de formar a utilizar as vinte e quatro ferramentas de furação que transformam a barra de alumínio no cilindro maquinado, como ilustra o Anexo K.

Os *PLC* transmitem os comandos que estabelecem a ordem em que cada ferramenta maquina o cilindro, obtendo as leituras dos sensores sobre a posição dentro da *Chiron* em que o cilindro se encontra. Em termos de comportamento ao nível da produção, as *Chiron* são bastantes estáveis e fiáveis.

A troca das ferramentas de furação é efetuada de acordo com o ciclo de vida de cada uma. Em média, o tempo de vida são quarenta mil furos por cada ferramenta, de acordo com as indicações do fabricante das ferramentas.

Esta avaliação tem também por base as medições inseridas no Q-Das através da CNC 3D, dos rugosímetros e de forma manual pelos técnicos do departamento de qualidade e operadores fabris. Analisando as medições verifica-se que o processo de maquinação corresponde à estabilidade referida, uma vez que os valores das medições estão dentro dos valores normais das características dos cilindros.

No entanto, após efetuadas as medições na CNC 3D, foram verificados no Q-Das valores para a rugosidade fora do normal, sendo que o valor desta dever ser zero ou próximo de zero. Desta forma existiu uma acumulação de componentes não conformes no início do arranque de série (AS). Significa isto que, sempre que ocorre uma mudança de produção para uma referência nova de cilindros se verifica que existe um valor de cerca de 20% de componentes não conformes. Esta informação é trazida do departamento de qualidade para o departamento de engenharia de processo no decorrer da análise de falhas ao processo.

A causa associada a este número de componentes não conformes deve-se à alteração das ferramentas de maquinação que necessitam de ser trocadas sempre que existe uma troca de referência (consoante o pedido do cliente fabricante automóvel).

6.7.2. Análise de Potenciais Falhas do Produto

No que à qualidade diz respeito, foi feita a avaliação das potenciais falhas do produto com base nos registos do Q-Das. Foi-me solicitado que realizasse uma análise à capacidade do processo, de acordo com o representado no Anexo L. Deste modo foi possível ter uma base de medições que podiam comprovar o estado do processo e analisar

o mesmo em conjunto com os dados que o engenheiro de processo obtém deste.

Tendo em conta que existem vários tipos de controlo de qualidade dos cilindros, sendo estes efetuados nos arranques de série, a cada hora de produção e na troca de turno, verifiquei que nos arranques de série existem medições que se encontram perto dos limites superiores e inferiores, sendo esta situação visível em várias características. É de notar que o cilindro pode estar dentro da especificação, mas quando várias medições estão muito próximas dos limites, isso indicia que o processo pode estar perto da falha.

Durante os controlos de qualidade feitos pelos técnicos do departamento de qualidade verificou-se que no corpo do cilindro se encontravam limalhas nos furos, tendo também sido encontrados restos de material nas faces dos cilindros, pondo em causa a funcionalidade e segurança dos mesmos, pois representa uma possível contaminação que põe em causa o funcionamento do sistema de travagem do carro.

Com recurso às medições existentes no Q-Das, não foi possível estabelecer um padrão sobre o motivo do aparecimento das limalhas e restos de material no cilindro, porque estes podiam ser encontrados em diferentes momentos da produção bem como em diferentes características da mesma.

A correção desta não conformidade é importante pois ao colocar os pinos nos furos do cilindro, como indica a figura 56, se existirem limalhas ou restos de material, estes podem não ficar bem posicionados, originando erros de leitura na CNC 3D que podem colocar em causa as afinações do processo. Tornou-se evidente a necessidade de uma intervenção no processo de Maquinação.

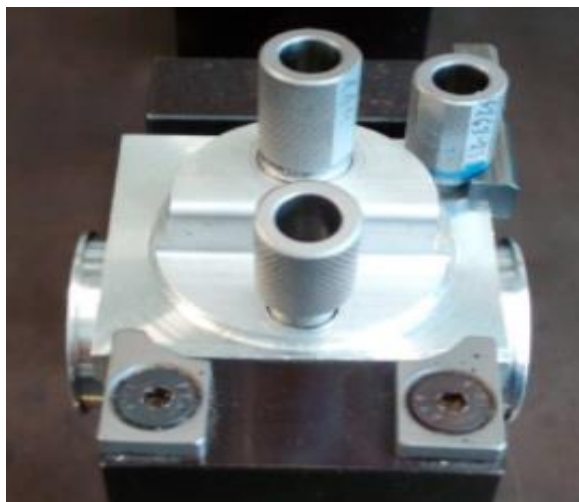


Figura 56 – Cilindro com pinos para medição na CNC 3D

6.8. Estudo FMEA de Alteração ao Processo de Maquinação de Cilindros

Como resultado da reunião FMEA do processo de maquinação de cilindros, iniciou-se o estudo das possíveis alterações ao processo de fabrico com a finalidade de aumentar a qualidade do produto.

Efetuuou-se uma nova reunião com o departamento de engenharia, qualidade e manutenção para identificar as possíveis formas de avaliar as alterações ao processo indicadas nas reuniões de FMEA.

A ideia da alteração ao processo deve contemplar os seguintes parâmetros:

- Financeiramente viável;
- Não pode colocar em causa o processo já implementado;
- Respeitar o espaço existente para o setor da maquinação.

Com base nos parâmetros acima descritos e nas hipóteses sugeridas pelos participantes da reunião, pensou-se instalar três tubos de ar comprimido de forma que o robô que coloca os cilindros nas *Chirons* pare durante alguns segundos para que os cilindros maquinados sejam atingidos pelo ar comprimido, permitindo a saída das limalhas.

Esta alteração foi pensada pois cumpre as necessidades exigidas, uma vez que para além de garantir que os cilindros, depois de maquinados, não apresentam limalhas, evita que outros setores da fábrica necessitem de ajustar o seu processo com metodologias que garantam que os cilindros não têm limalhas, nomeadamente o setor da hidráulica.

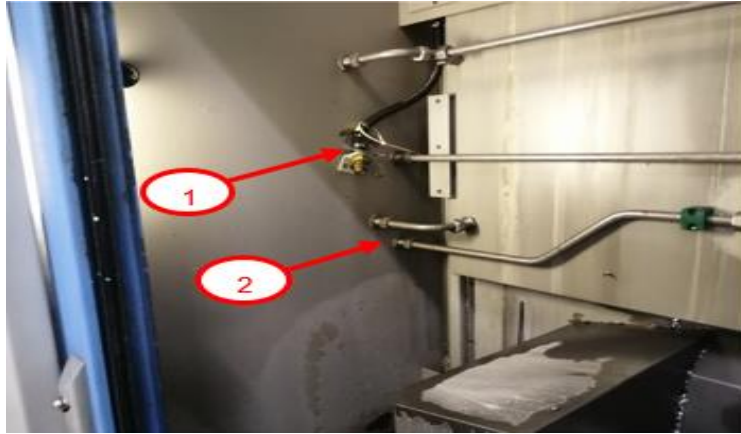


Figura 57 – Tubo interior de ar comprimido da *Chiron*

Descrição da figura 57:

- 1 – Tubo de ar comprimido da *Chiron*;
- 2 – Sistema de hidráulico da *Chiron*.

No que respeita à questão financeira, verificou-se que os gastos monetários implicados não são elevados, pois não é necessário efetuar alterações de fundo nas *Chirons*, sendo que estas estão adaptadas com tubos, de forma a serem adicionados mais aspersores de água ou ar comprimido, dependendo das necessidades do tipo de fábrica onde são instaladas.

Na componente técnica, podem utilizar-se as valências do robô que coloca os cilindros para as *Chirons*, reprogramando-o de modo a parar junto ao ar comprimido para que os cilindros possam ser atingidos pelo mesmo.

Como tal, e depois de analisadas todas as variáveis e as suas respetivas implicações, existiu um amplo consenso entre os departamentos de engenharia, qualidade e manutenção, relativamente à execução desta alteração.

6.8.1. Implementação da Alteração ao Processo

Depois de decidida qual a alteração ao processo, iniciou-se a implementação da mesma para garantir que os cilindros não têm limalhas depois de maquinados.

Definiu-se que se iria proceder à implementação do processo em duas *Chirons* de cada vez, iniciando-se pelas *Chirons* 1 e 2, seguindo-se as *Chirons* 3 e 4, *Chirons* 5 e 6,

Chirons 7 e 8 e, por fim, as *Chirons* 9 e 10.

A planificação da ordem de trabalhos para efetuar a alteração ao processo foi a seguinte:

- Instalação das condutas de ar comprimido;
- Programação do Robô que coloca os cilindros nas *Chirons*;
- Testes de funcionalidade do processo.

Aproveitando a instalação de ar comprimido que percorre toda a fábrica, efetuou-se a ligação da *Chiron* 1 à instalação central de ar comprimido já existente.

Foi necessário adicionar a cada *Chiron* um adaptador de medição da pressão do ar comprimido e a entrada do ar comprimido. As *Chirons* são máquinas que necessitam de alimentação trifásica com tensão de 400V para funcionar, acionando os motores para que as ferramentas transformem as barras de alumínio em cilindros.

O circuito de ar comprimido é independente dos outros circuitos da *Chiron*. Desta forma, a instalação do adaptador não coloca em causa o funcionamento da máquina, como indica a figura 58. O adaptador de ar comprimido é acoplado exteriormente na *Chiron*.



Figura 58 – Sistema de ar comprimido das *Chirons*

Para garantir que as limalhas são retiradas do cilindro, o engenheiro de processo definiu a pressão do ar comprimido como sendo 6 bar.

Em seguida, colocou-se o tubo de ar comprimido junto à porta onde o robô entra na *Chiron 1*. Para que o ar comprimido atinja todo o cilindro é necessário fazer uma derivação no tubo do circuito principal de ar comprimido da *Chiron 1*. De acordo com o tamanho e o tipo de furos do cilindro produzido na fábrica AbrP, deve-se dividir o tubo principal em três ramificações do mesmo, ficando assim garantido que todos os cilindros e respectivos furos são percorridos pelo ar comprimido.

Iniciou-se, então, o processo de verificação da instalação de ar comprimido. Ao ligar a *Chiron 1* verificou-se que o ar comprimido estava corretamente instalado, não existindo fugas no circuito, e a sua pressão de 6 bar estava constante. No que à maquinação do cilindro diz respeito, não foi necessário proceder a qualquer tipo de alteração no processo.

Conforme mostra a figura 59, colocou-se o ar comprimido a apontar para a garra do robô de forma que os jatos de ar atinjam os cilindros, retirando daí as limalhas.

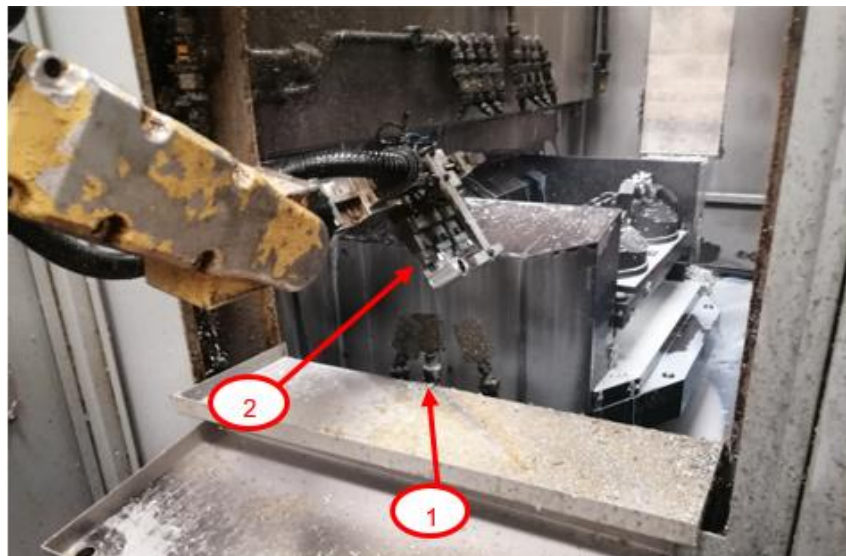


Figura 59 – Localização dos tubos de ar comprimido

Descrição da figura 59:

- 1 – Tubos de ar comprimido instalados na *Chiron*;
- 2 – Garra do robô com cilindro maquinado.

Após a colocação do ar comprimido junto à porta onde o robô entra para colocar o cilindro na base da *Chiron 1*, iniciou-se a programação do robô.

O robô é constituído por 6 graus de liberdade, sendo que 3 desses graus são para posicionar a garra e os outros 3 para a orientar de forma a agarrar o cilindro e colocá-lo na posição correta para ser maquinado.

Em termos de programação do robô, este possui uma consola com um *joystick* para ser programado por posições, e essas posições são gravadas na consola.

Para efetuar a gravação do robô utiliza-se o *joystick*, sendo o robô colocado na opção de programação de forma a colocá-lo nas posições pretendidas para agarrar o cilindro e colocá-lo na mesa da *Chiron 1*.

O ciclo de funcionamento do robô passa por agarrar um cilindro por maquinar, que chega por meio de um tapete, vindo do serrote que corta as barras de alumínio no tamanho de cada referência de cilindros.

Note-se que o robô não necessita de ter um computador externo para efetuar gravações ou para receber qualquer tipo de indicação. Todas as operações, desde alterações na programação do robô, ao seu reinício ou encerramento, são feitas pela sua consola de comando.

No ecrã touch da consola é possível observar em que parte do código está o ciclo de funcionamento do robô, bem como algum erro que possa existir no mesmo.

A tabela 2 descreve as etapas que foram efetuadas para programar o robô que coloca os cilindros dentro da *Chiron*. Estas etapas foram decididas com colaboração com Engenheiro de Manutenção como sendo as que mais otimizam o processo, e de acordo com os 6 graus de liberdade que o robô pode oferecer.

No que diz respeito ao programa que está implementado no robô, foi-me incumbida a responsabilidade de adicionar quatro alterações ao programa inicial. As posições 4, 5, 6 e 13 são aquelas que, perante a colocação dos tubos de ar comprimido, eram necessárias para que o cilindro fosse atingido pelo ar comprimido. Em termos de testes à implementação das alterações, com a ajuda do engenheiro de manutenção, assim que era gravada uma nova posição, esta era imediatamente verificada para garantir que o programa estava a ser construído de forma correta para, se fosse necessário, efetuar as alterações no momento.

Tabela 2 – Descrição do ciclo de posições de programação do robô

Posições Robô	Movimentos gravados para programar o robô
1	Robô está parado e move-se até ao tapete.
2	Robô pára para abrir a garra.
3	Garra pega no cilindro.
4	Coloca-se o cilindro num suporte com um sensor que deteta o cilindro e ativa o ar comprimido.
5	Robô aguarda 2 segundos para a <i>Chiron</i> (tempo de segurança para garantir que a <i>Chiron</i> maquinou os cilindros).
6	Robô volta a pegar no cilindro que estava no suporte.
7	Robô volta para a posição inicial.
8	Robô coloca o cilindro na mesa da <i>Chiron</i> .
9	Robô volta à posição inicial durante 30 segundos (tempo de maquinar os cilindros).
10	Robô entra novamente na <i>Chiron</i> .
11	Robô pára para abrir a garra e agarra no cilindro.
12	Robô inicia o ciclo para voltar à posição inicial.
13	Robô pára o ciclo para voltar à posição inicial com o cilindro sobre os 3 tubos de ar comprimido. Para atingir o cilindro, a garra tem uma inclinação de 30° para que o ar percorra o cilindro facilmente.
14	Robô coloca o cilindro maquinado no tapete para ser embalado.
15	Robô volta para a posição inicial.

No que à qualidade diz respeito, verifiquei nos testes efetuados, que as alterações que foram feitas não comprometiam o aspeto visual do cilindro, não tendo sido verificados quaisquer riscos ou defomações causadas pelo robô, mantendo-se os padrões de qualidade exigidos pelos construtores de automóveis.

Após a alteração efetuada, fiquei responsável por acompanhar e reportar várias produções de cilindros, tendo sido possível notar que não se verificaram mais cilindros com limalhas.

Esta melhoria do processo de maquinação trouxe uma maior qualidade na produção dos cilindros, uma vez que elimina as limalhas de cada cilindro produzido, evitando problemas nos processos seguintes de contaminação da montagem dos cilindros. Desta forma, ficam também garantidas duas coisas muito importantes: a primeira refere-se à tentativa de que não existam reclamações dos construtores de automóveis, clientes da fábrica AbrP, e a segunda refere-se a garantir uma produção sem limalhas no cilindro. A qualidade das medições efetuadas na CNC 3D passa a ser de elevada precisão pois não existem objetos no cilindro. Assim, todas as afinações necessárias à produção têm uma precisão muito mais elevada.

6.9. Síntese

No presente capítulo, foi apresentada a importância da comunicação entre a CNC 3D e o *software* Q-Das na fábrica AbrP, de forma a garantir a qualidade da produção de cilindros.

Foi abordada a forma como se processa a análise das cotas importantes dos cilindros, que serão medidas na CNC 3D.

Foi descrita a forma como construí um programa de medições na CNC 3D, a arquitetura de comunicação entre a CNC 3D e o Q-Das e qual o processo que garante que as medições podem ser utilizadas para as afinações das *Chirons*. A otimização foi efetuada de forma a tornar mais fácil e eficiente o processo de fabrico, para que possa ser corrigido em tempo real.

Da mesma forma, foi ainda abordada a forma como as medições efetuadas pela CNC 3D, quando enviadas para o Q-Das, transmitem informação que é utilizada para efetuar alterações ao processo da fábrica AbrP, como um processo de FMEA.

Foi mostrado como decorre um processo de FMEA, neste caso do setor de Maquinação, sendo indicados os pontos a ter em consideração, bem como as pessoas de

cada departamento que constituem um FMEA, uma vez que é necessário o contributo de todos para alcançar os objetivos de melhoria de cada processo de fabrico.

Por último, explicaram-se as etapas que constituíram a alteração do processo resultante do FMEA e a forma como estas alterações preveniram problemas.

É de salientar que, o capítulo 6 é extenso porque o trabalho descrito no mesmo foi incluído num documento interno como exemplo futuro de melhoria do processo de fabrico.

7. Outras Tarefas

Ao longo do estágio acompanhei as valências do departamento de qualidade, nomeadamente os métodos de trabalho associados à qualidade interna e à qualidade externa que diariamente interferem na produção de travões.

Antes de iniciar as minhas funções na fábrica foi-me facultada a informação associada ao uso do equipamento de proteção individual (EPI) e de todas as normas de segurança que constituem o trabalho realizado em cada setor. Deste modo, também foi possível obter um conhecimento dos riscos e das técnicas de trabalho que são aplicadas na fábrica.

Após ter conhecimento das regras de segurança, comecei por fazer o acompanhamento dos trabalhos diários realizados por parte do departamento de qualidade, tais como reuniões de trabalho com o departamento de engenharia com vista à melhoria do processo, tarefas realizadas pelos técnicos do departamento de qualidade e análise da qualidade dos componentes vindos de fornecedor.

7.1. Reuniões Diárias

O dia na fábrica começa com uma reunião em cada setor com o objetivo de verificar os dados de produção e quais os problemas de maior impacto que ocorreram no dia anterior relativos à produção dos componentes.

Inicialmente apenas participava como observador. Contudo, à medida que fui adquirindo mais experiência, comecei a participar mais ativamente nestas reuniões.

Esta reunião é denominada de Point CIP que corresponde a um procedimento dentro do sistema de produção Hitachi para reconhecer e eliminar permanentemente problemas críticos na produção.

Na maioria dos casos, os operadores reconhecem os problemas que cada máquina apresenta, pois estão diariamente a trabalhar com as mesmas e conhecem os padrões de trabalho relativos à produção, assim como os desvios que as mesmas apresentam.

Quando ocorre algum problema ou alguma situação que possa comprometer a produção, por exemplo, desgaste das ferramentas que moldam os componentes ou defeitos nos componentes durante o arranque de série, de imediato o operador deve alertar

o *team leader* e tentar identificar o problema que está a ocorrer, verificando quais são os parâmetros que estão na máquina.

Neste tipo de situações as máquinas são paradas para libertar a produção o mais rápido possível. O *team leader* contacta o departamento de manutenção e qualidade para que seja verificado o problema em questão.

O *team leader* deve recolher toda a informação sobre o problema e partilhá-la com o departamento de engenharia, manutenção e qualidade, para que desta forma sejam analisados os factos sobre a referida paragem, no sentido de encontrar uma solução para o problema.

No dia seguinte, na reunião Point CIP, são discutidos os problemas verificados, as suas causas e as possíveis resoluções, sendo que toda esta informação será utilizada para criar procedimentos de forma a agilizar a resolução de problemas idênticos no futuro.

7.1.1. Análise de Dados sobre a produção

Era minha responsabilidade diária analisar os dados recolhidos da produção. A forma mais simples para verificar se a produção estava a funcionar de forma correta ou se houve muitas avarias de máquinas é analisando os componentes não conformes.

Os registos inseridos no Q-Das são uma peça fundamental, pelo que os analisei diariamente. Todavia, o Q-Das não permite avaliar a questão financeira relacionada com os componentes não conformes e os custos associados a estes. Para tal é utilizado o *software* SAP, onde se faz o registo dos componentes, sendo da minha responsabilidade o tratamento desta informação que é posteriormente tratada em *Excel*.

Antes das reuniões Point CIP efetua-se a extração dos registos que são inseridos em SAP, como indica a figura 60. Estes registos dizem respeito aos componentes não conformes que foram produzidos no dia anterior.

Article	Motif	Qté en unité saisie	Montant DI	Date cpt.	Nom utilisateur	Ctre coûts
0204211252	8200	1-	0,09-	26.08.2021	P103ABR	621240
0204211252	8807	1-	0,09-		P103ABR	621232
0204211252	8200	1-	0,09-		P103ABR	621240
0204211255	8200	2-	0,69-		SAR1ABR	621221
0204211255	8230	6-	2,08-		SAR1ABR	621221
0204211270	8402	1-	0,09-		P103ABR	621220
0204211270	8420	1-	0,09-		P103ABR	621220
0204211270	8604	2-	0,19-		P103ABR	621233
0204211270	8200	1-	0,09-		P103ABR	621240
0204211270	8560	1-	0,09-		P103ABR	621282
0204211270	8608	1-	0,09-		P103ABR	621232
0204211270	8603	1-	0,09-		P103ABR	621233
0204211270	8402	1-	0,09-		P103ABR	621220
0204211270	8608	1-	0,09-		P103ABR	621232
0204211270	8200	1-	0,09-		P103ABR	621240
0204211270	8560	4-	0,38-		P103ABR	621282
0204211270	8000	4-	0,38-		MEN4ABR	621361
0204211270	8603	1-	0,09-		P103ABR	621233
0204211681	8532	1-	0,01-		P103ABR	621270
0204214190	8000	1-	1,56-		MEN4ABR	621361
0204214403	8200	2-	0,92-		OD71ABR	621211

Figura 60- Registos em Sap do custo dos defeitos de componentes

Após proceder à extração dos registos, estes são tratados de acordo com três tipos de categorias:

- “Defeitos_Sucata” - São os defeitos provenientes de problemas com as ferramentas da máquina em consequência do desgaste; problemas relacionados com a matéria-prima dos componentes; componentes que caem ao chão ou que são mal-acondicionados quando transportados entre setores;
- “Ensaio_Sucata” - São defeitos associados a algum teste ou ensaio que seja necessário efetuar ao processo;
- “Afinações_Sucata” – Corresponde aos componentes não conformes que são produzidos durante o início de uma nova referência de componentes do travão, quando são efetuadas as afinações das máquinas ou quando se procede à troca de alguma ferramenta nas máquinas.

Quando são inseridos em SAP os registos dos componentes não conformes, é necessário colocar um código e as quantidades relativas a cada componente, estando predefinido o valor monetário de cada componente registado.

Ao tratar em *Excel* da extração efetuada em SAP, são somados todos os valores de componentes não conformes e o seu valor monetário, sendo apresentado um gráfico, como indica a figura 61, com os valores diários. Como meta diária de componentes não

conformes na fábrica AbrP é estipulado o valor de 370€, sendo estes relatórios enviados para todos os responsáveis da fábrica.

Quando o valor de componentes não conformes é ultrapassado por uma margem muito grande, são iniciados os procedimentos de avaliação ao processo para encontrar a causa da produção de componentes não conformes.

Um dos pontos que é analisado, na sequência da quantidade dos componentes não conformes, é o histórico das afinações efetuadas às máquinas, de forma a verificar problemas ocorridos anteriormente e qual a resolução aplicada em cada caso.

O tipo de defeitos que existem em cada produção são analisados com o propósito de estudar quais são os defeitos que mais vezes ocorrem pois através deste estudo é possível perceber a origem dos mesmos no processo, sendo desencadeado todo o trabalho entre os vários departamentos que existem na fábrica AbrP para prevenir mais defeitos nos componentes produzidos.

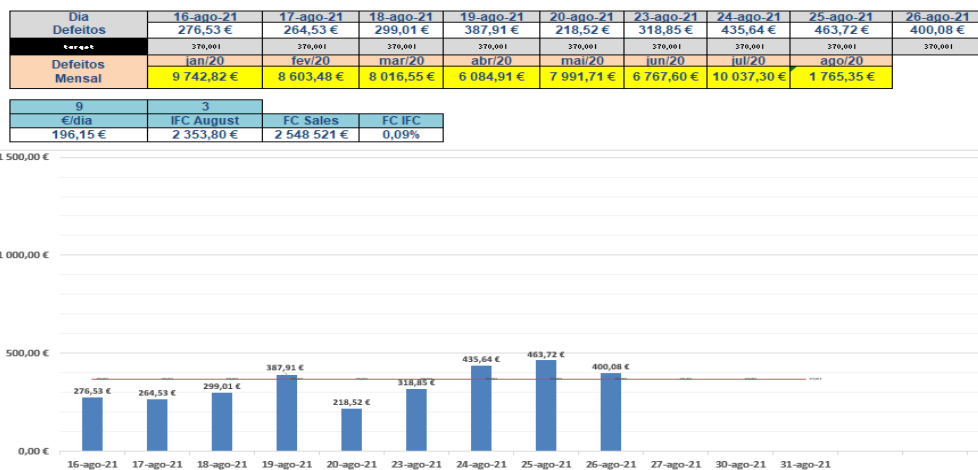


Figura 61- Gráfico e tabela dos custos de defeitos dos componentes

7.2. Auditoria Externa

No decorrer do estágio ocorreu uma auditoria externa na fábrica AbrP, sendo este um ponto de avaliação importante para o prestígio da fábrica. Durante a auditoria foram avaliados os controlos de qualidade realizados ao processo e ao produto, bem como a documentação associada aos MOQ, os registos que são inseridos no Q-Das.

No que diz respeito ao processo, foram avaliados os C_p e C_{pk} , a documentação associada aos MOE, e a forma como foram efetuadas as trocas de produção de referências dos componentes do travão a tambor.

Participei na auditoria como observador, tendo por objetivo compreender o modo como este tipo de processos se realiza numa fábrica.

Durante a auditoria, os auditores procuram fragilidades nos processos de fabrico da fábrica AbrP. Essas fragilidades não são de cariz técnico, mas sim de cariz documental, ou seja, foi verificado se estava tudo conforme as normas ISO 9001 e ISO-TS 16949 que são a base para que a indústria automóvel possa cumprir todos os requisitos que são propostos.

Antes da auditoria ser realizada é enviada para os auditores uma apresentação do processo de fabrico que existe na fábrica AbrP, na qual é descrito o fluxo de fabrico, e onde são indicadas as referências dos travões que são produzidos.

Note-se que são explicados também o processo que é realizado quando chega a matéria-prima à fábrica AbrP e quais os procedimentos efetuados para garantir a qualidade das matérias-primas. Desta forma, o auditor, adquire um conhecimento prévio sobre o funcionamento da fábrica AbrP.

Durante a realização da auditoria são verificados os MOQ e MOE, pois estes têm a informação necessária sobre a forma como são executados os planos de controlo, o modo como são elaborados os testes que verificam a qualidade dos componentes, quais as ferramentas que são utilizadas e onde são guardados os registos das produções. Nos MOE verifica-se se respeitam o espaço associado à linha de montagem, se os operadores cumprem as normas de utilização dos equipamentos de segurança para cada local de trabalho, as indicações de limpeza de cada setor, se todos os componentes estão devidamente identificados e as instruções de trabalho correspondentes a cada máquina e à sua forma de operar.

No decorrer da auditoria foi-me solicitado que mostrasse aos auditores os registos do Q-Das relativos às referências que são produzidas nos vários setores. Neste caso os auditores solicitaram-me informação decorrente de vários períodos de tempo escolhidos aleatoriamente, não mais que uma semana, para efetuarem a verificação dos registos dos valores de capacidade do processo C_p e C_{pk} das datas que eram pedidas.

7.3. Síntese

No presente capítulo, foram apresentadas as tarefas que realizei de modo regular na fábrica AbrP, tais como as reuniões Point CIP e os extratos diários de IFC, sendo estes de grande importância para aferir o estado da produção, através do ponto de vista dos defeitos que são produzidos em todos os setores da fábrica AbrP e posteriormente discutidos nas reuniões de Point CIP.

Foram descritos quais os procedimentos seguidos no que ao tratamento da informação exposta do Point CIP diz respeito e quais os departamentos envolvidos na procura de soluções para os problemas, sendo que também diariamente estive implicado nestes, procurando ativamente por soluções para a melhoria dos processos.

Por último, foi explicado o processo de auditoria externa que decorreu na fábrica AbrP e as observações efetuadas pelo auditor, a fim de verificar a conformidade dos documentos e procedimentos que devem estar descritos, para tudo o que envolve o fabrico de componentes na indústria automóvel.

8. Conclusão

No decorrer do meu estágio foi possível colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, unindo a teoria à prática em contexto real.

Durante o mesmo houve também oportunidade de acompanhar e realizar diversos tipos de tarefas efetuadas pelo departamento de qualidade da fábrica AbrP.

Este estágio permitiu-me alargar horizontes, aprender novos métodos de trabalho e testar a minha resiliência perante as várias dificuldades que ocorriam diariamente. Graças aos ensinamentos e experiências que me foram transmitidos pelos vários profissionais com quem contactei, foi possível aperceber-me de muitos pormenores importantes que em cada produção podem surgir, quer a nível das máquinas quer a nível do estado em que no momento se encontra cada matéria-prima.

O processo de fabrico de um travão de tambor contém várias especificidades que é necessário ter em conta, uma vez que é necessário considerar cada tipo de componente que é produzido e as variações que podem ocorrer durante o seu fabrico, seja por indicação dos fabricantes de automóveis em relação às características de determinado tipo de travão, seja por necessidade de otimizar a produção e qualidade do produto.

A implementação e uniformização de novos *Test Plan* no Q-Das foi um dos grandes desafios que enfrentei durante este estágio, pois foi necessário conjugar o conhecimento sobre cada setor de produção e a criação de *Test Plan* de forma que todos os utilizadores obtivessem a informação sobre o estado dos componentes produzidos, informação essa essencial para o desempenho das suas funções.

Foi muito aliciante poder aprofundar mais os meus conhecimentos sobre a comunicação entre o Q-Das e a CNC 3D bem como contribuir para a criação dos programas de medição de cilindros, dado que necessitei aprender a programar uma CNC e a analisar um desenho técnico de mecânica.

Através das medições da CNC enviadas para o Q-Das, foi-me possível compreender melhor e analisar em tempo real a produção de cilindros, assim como efetuar as verificações sobre o estado dos componentes produzidos. Esta análise permitiu que fosse efetuada uma alteração do processo, de forma a melhorar e evitar problemas no funcionamento do travão de tambor.

A participação em todo o processo de análise e implementação de alterações do processo

de fabrico (FMEA) permitiu-me compreender a análise ao seu funcionamento. Foi gratificante entender e poder ser parte ativa em todo o processo.

Diariamente acompanhei as diversas tarefas realizadas no que à qualidade do produto diz respeito. Desta forma, foi-me possível estar em contacto com os problemas relacionados com cada fase de produção, o que me permitiu compreender os problemas existentes, bem como encontrar solução para cada um deles, num trabalho conjunto dos vários departamentos da fábrica.

Todas as atividades que realizei ao longo dos meses de estágio de mestrado, que foram sempre acompanhadas por profissionais com grande experiência laboral, mostraram-se de grande ajuda no meu crescimento profissional pois foi-me possível colocar em prática vários dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, desenvolvendo também a capacidade de inovação e resolução de problemas.

Para ultrapassar os desafios que diariamente me foram propostos tive de desenvolver competências de decisão, sentido crítico e conjugar a pressão adjacente às tarefas diárias com técnicas que um engenheiro necessita para obter resultados positivos na resolução de problemas.

Referências

- [1] <https://www.hitachiastemo.com/>
- [2] Historia Fábrica Abrantes Ed 7, Abrantes Portugal.
- [3] <https://www.chassisbrakes.com/company/profile/>
- [4] Hitachi Astemo Official Presentation. Customers and Auditors, Abrantes 2021
- [5] L. Barçante. Qualidade Total: O Impacto Estratégico na Universidade e na Empresa. Campus Elsevier, 1ª edição, 1998. ISBN-85-352-0231-5.
- [6] P. Saraiva et al. Testemunhos da Qualidade em Portugal. Instituto Português da Qualidade, 1ª edição, 2001. ISBN-972-763-028-6.
- [7] P.Fung. Quality Philosophies Series - Philip Crosby. Hong Kong Society for Quality.
- [8] J. Isnard et al. Gestão da qualidade. Publicações FGV Management, 2011. ISBN-978-85-225- 1209-6.
- [9] R. Aguilar. Pilatus PC-12 Assembly Line: Industrialization Manufacturing and Process Improvement. Instituto Superior Técnico, 2014. Tese de Mestrado em Engenharia Aeroespacial
- [10] J. Pinto. Gestão de operações na indústria e nos serviços. Lidel, 2010. ISBN-9789727577415.
- [11] Daniela Sousa Tomás. Melhoria do Processo de Controlo de Qualidade no Programa KC390 Fuselagem Central. Instituto Superior Técnico, 2017. Tese de Mestrado em Engenharia Aeroespacial.
- [12] Long, Shengzhao, Dhillon, & Balbir, S. (2016). Man-Machine-Environment System Engineering. Springer.
- [13] Kujawińska, A., & Vogt, K. (2015). Human factors in visual quality control. Management and Production Engineering Review, 6 (2), 25 – 31.
- [14] Antonio Fernando Silva Ferreira Borges. Ações de Melhoria para o Controlo de Qualidade e Desempenho na Indústria Automóvel. Universidade de Coimbra, 2019. Tese de Mestrado em Engenharia Aeroespacial.
- [15] Imai, M. (1998). Gemba Kaizen:Cómo implementar el Kaizen (Gemba).

[16] Michael H. Down, Todd Kerstra. DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation (2005). Statistical Process Control (SPC) Reference Manual

[17] K. Krishnamoorthi. A First Course in Quality Engineering. Pearson Education, 1ª edição, 2006. ISBN-0-13-147201-1.

[18] Métodos Estatísticos da Qualidade-Manual de Instruções. Autoeuropa. Ford, Volkswagen

[19] Manual Software Q-Das Versão 2, 2007 Doc- No E-PD 22 E

[20] Hitachi Astemo (2021). Procedimento Modo Operatório de Engenharia – Ed.1. Abrantes, Portugal (Documento Interno)

[21] Hitachi Astemo (2021). Procedimento Modo Operatório de Qualidade – Ed.1. Abrantes, Portugal (Documento Interno)

[22] Hitachi Astemo (2021). Procedimento Modo Operatório de Qualidade – Utilização de Calibres - Ed.3. Abrantes, Portugal (Documento Interno)

[23] Hitachi Astemo (2021) – *Software* Edma – Base de Dados de Desenhos Técnicos (2021) – Departamento de Engenharia – V- 3.0. Abrantes, Portugal. (Software Interno)

[24] <https://mitutoyo.eu/web/mitutoyo/pt/mitutoyo/08/>

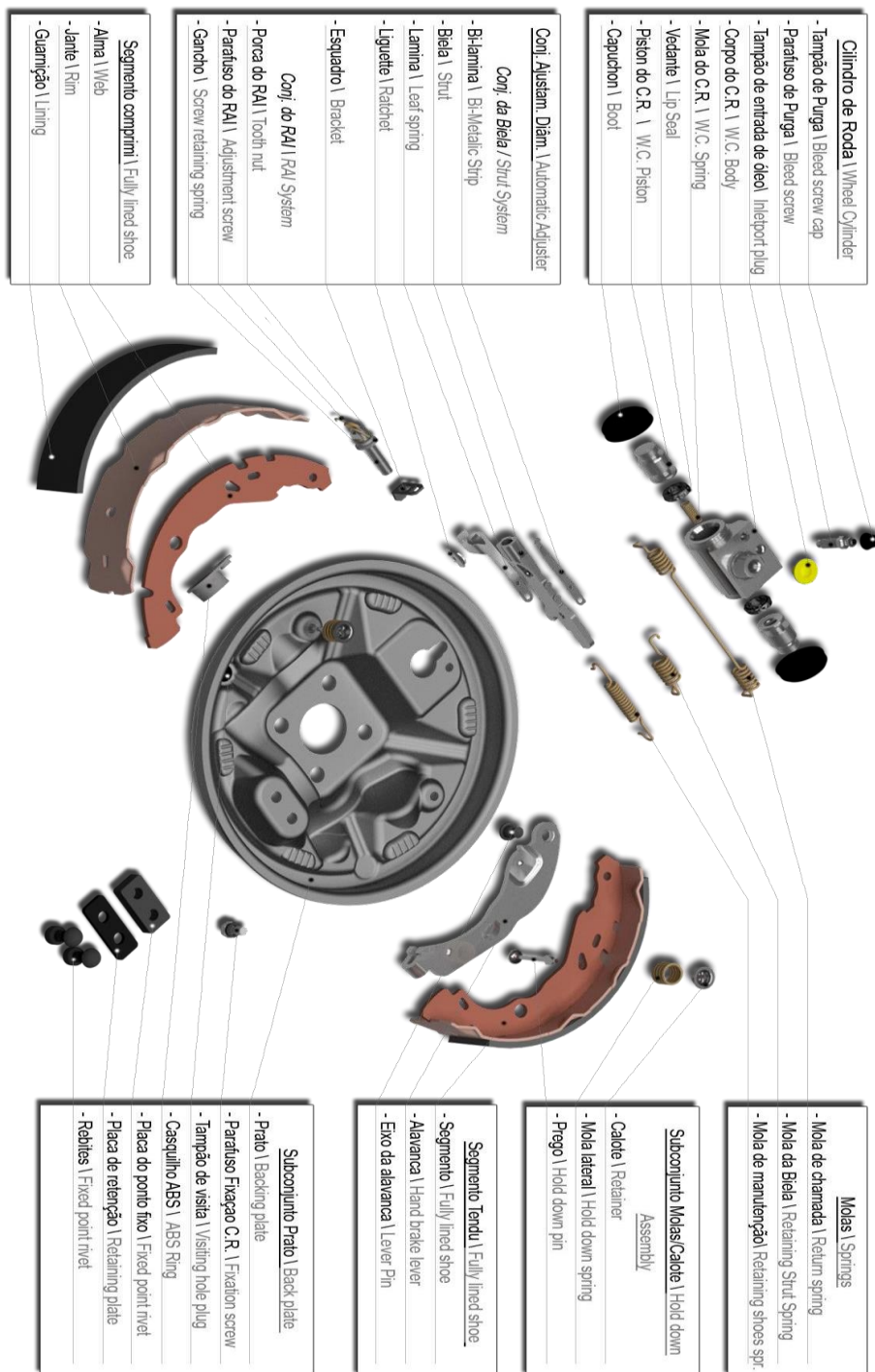
[25] BRT Apex700 (Main Unit) Bright Apex Series CNC Coordinate Measuring Machine (2015). User's Manual. Mitutoyo.

[26] Hitachi Astemo (2021). Estrutura FMEA, Ed.3. Abrantes, Portugal (Documento Interno)

Anexos

Anexo A

O Anexo A indica todos os componentes que constituem um travão de tambor.



Anexo B


Fotografia do setor da Hidráulica



Anexo C

O Anexo C representa um MOE onde são indicadas as instruções sobre a forma de cada máquina da fábrica AbrP operar de acordo com as especificações dos clientes e depois de efetuadas todas as análises ao processo. Também está representado um MOQ onde são indicadas as instruções de verificação do controlo de qualidade de cada componente produzido e as ferramentas que são utilizadas para esse mesmo controlo de qualidade.

	AbrP 4.2-1 s4 Modo Operatório	Página 1 de 4	1ª Edição
TÍTULO / APLICAÇÃO	Troca de ferramentas	Sector	Código NMO: 579
REFERÊNCIA:	MODELO:	IND. MOD	PLANO TABELA:
Toda	----	----	----
Op.	Descrição da Operação	Pontos Qualidade	Tempo (min)
1	Quando ferramenta parte / avaria aparece a mensagem "FERRAMENTA ROTÁ" e a Chirra pára.	---	
2	Carregar na botão "MENU SELECT".	---	
3	Carregar na botão de "DIAGNÓSTICO".	---	
4	Carregar na botão de "ALARMES".	---	
5	Carregar na botão de "MENSAGENS".	---	
6	Pressionar "RESET".	---	
7	Pressionar "JOG".	---	
8	Pressionar "RESET".	---	
9	Pressionar "MDA".	---	
Elaborada por :	Verificada por :	Aprovada por :	Detentor de Cópia na AbrP
F. Gomes	P. Barbosa	J. Oliveira	QMK IEF MOENSE CIP PER CLP PUR
<small>Este documento é propriedade exclusiva do Robert Bosch GmbH. Não pode ser reproduzido ou fornecido a terceiros sem o seu acordo. Se for impresso, é uma cópia não autorizada. O utilizador deve verificar a sua identidade e a validade, antes de utilizar.</small>			

SUPLEMENTO À DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO AbrP SDR-100 s1						2ª edição	
Template documentação Operatória						Pag 2 de 2	
Sector Aplicação	Modo Operatório Qualidade					Página	3 de 4
Maquinação CR Alumínio	Título / Aplicação: Corpo Alumínio Fundido Cilindro Ø22 8"					Código	QMO 2039
	Referência/Denominação do Produto L312949					Nº da Revisão	0
	DRW:	L312949	Ref.:	L312949	Ind. PHD	Data:	05/02/2004
						Data revisão	24/08/2021
<p>Nota: todas as peças não conformes/ caídas no chão são colocadas imediatamente nas caixas de refugo (vermelhas) disponíveis nos postos</p>							
Ponto	Características a controlar	Método de Controlo	Frequência		Registo		
			Controlo	Registo			
16 (409)	Posicionamento do furo do parafuso de purga 10,5 ± 0,35 mm	Tridimensional	NMO 641	NMO 641	Relatório CMM		
17 (300)	Estado da rosca do furo de entrada de óleo M10x1 6H	 Tampão Roscado M10X1 6H P/NP ISO 1502	NMO 641	NMO 641	Q-Das		
18 (314)	Posicionamento do furo de entrada de óleo 0; 6,5 ± 0,35	Calibre P/NP 5263-2742/130	NMO 641	NMO 641	Q-Das		
19 (500)	Diâmetro da rosca do furo de fixação 2xM6x1,00	Calibre P/NP M6X1 6H ISO 1502	NMO 641	NMO 641	Q-DAS		
20 (502)	Profundidade mínima da rosca de fixação 8,00 Min	Calibre P/NP 5260-2294	NMO 641	NMO 641	Q-DAS		
21 (503)	Diâmetro do chanfro do furo de fixação Ø 7,0 -0,5 mm	Calibre P/NP 5263-2436/30 + 5263-2445	NMO 641	NMO 641	Q-DAS		
22 (505)	Posicionamento do parafuso de fixação 2 x(16,5 ;29) mm	Tridimensional	NMO 641	NMO 641	Q-DAS		

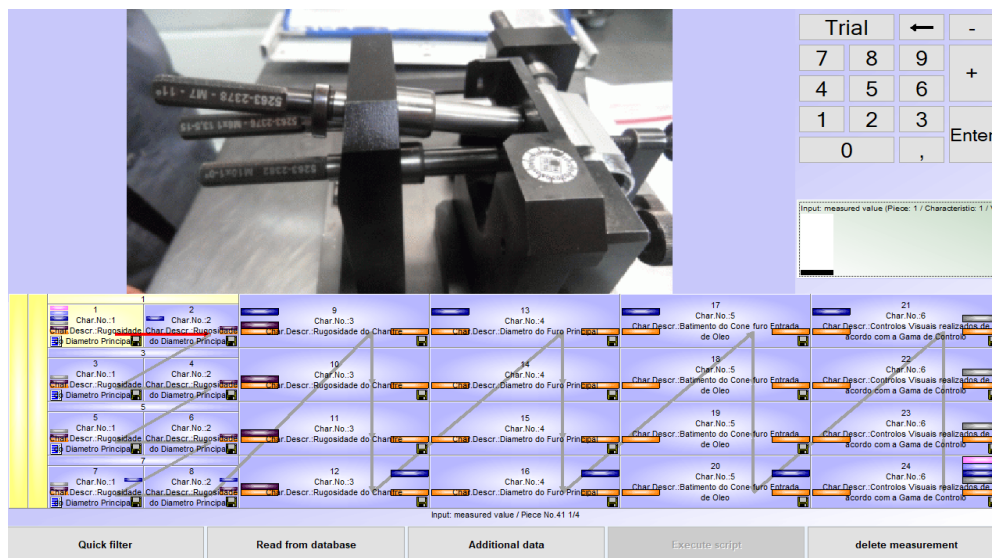
Anexo D

O Anexo D representa as características que são avaliadas no controlo de qualidade.

#	Sector	Atividade	Componente	Característica	Simbolo	Medição	Tolerância	Tipo	Cp	Cpk
1.2	Prensas	Componentes	Jante	Espessura	S	2,00	±0,13	Var	1,93	1,92
1.2	Prensas	Componentes	Alma	Espessura	S	4,00	±0,17	Var	1,88	1,75
1.2	Prensas	Componentes	Prato	Crav Casquilho	S	200 daN	mim	Atrib	-	2,51
1.2	Prensas	Componentes	ATM	Garantiade alojamento do cabo	S	7,00	±0,25	Atrib	1,92	1,83
1.2	Prensas	Componentes	ATM	Espessura	S	4,50	±0,19	Var	1,9	1,89
1.2	Prensas	Componentes	ATM	Garantia fixação do cabo TM	S	4,15	±0,1	Atrib	1,72	1,68
2.1	Segmentos	Soldadura	Seg. Nú	Raio C	F	109,10	±0,15	Var	1,96	1,96
2.1	Segmentos	Soldadura	Seg. Nú	Raio T	F	109,10	±0,15	Var	1,96	1,74
2.2	Segmentos	Colados	Seg. Colado T	Raio T	F	114,10	±0,1	Var	1,74	1,74
2.2	Segmentos	Colados	Seg. Colado C	Raio C	F	114,10	±0,1	Var	1,91	1,89
3.1	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Ang. Chanfro DRT	F	25,00	±2	Var	1,91	1,82
3.1	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Ang. Chanfro ESQ	F	25,00	±2	Var	1,88	1,84
3.1	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Ø furo pistons	S	22,00	0,033	Var	1,94	1,7
3.1	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Runout (Batimento)	S	0,2 A máximo		Atrib	-	2,46
3.1	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Rugosidade do chanfro	F	1,60		Var	-	1,81
3.2	Cilindros	Maquinação	Cilindro	Diâmetro de conjugação no prato	F	30,40	-0,08/-0,24	Var	1,97	1,78
3.2	Cilindros	Hidráulica	Cilindro	Torque Parafuso purga	S	7,50	±1,5	Var	1,87	1,78
4.2	Montagem	Travão	Travão	Diâmetro de Entrega	F	227,60	±0,10	Var	1,81	1,79
4.2	Montagem	Travão	Travão	Bin. P. purga	S	7,50	±1,5	Var	1,93	1,88
4.2	Montagem	Travão	Travão	Bin. P. fixação	S	8,00	±2,0	Var	1,83	1,82
4.2	Montagem	Travão	Travão	Alt. Eixo Crav.	S	1,55	±0,15	Var	1,91	1,74

Anexo E

O Anexo E exemplifica a organização implementada nos *Test Plan* no Q-Das de acordo com as necessidades da produção de cada setor, de forma a possibilitar a inserção das medições de forma mais eficiente.



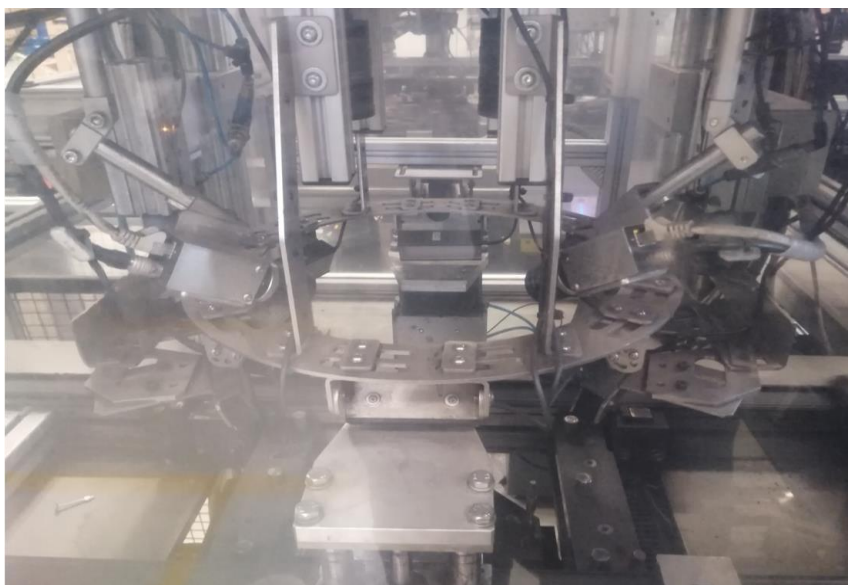
Anexo F

O Anexo F representa os equipamentos utilizados para realizar o controlo de qualidade nos vários setores de produção.

- **Câmara de visão que deteta o afastamento da Bi-lamina e Lamina em relação á biela**



- **Câmara de visão que deteta a presença dos componentes no travão de tambor**



- **CNC 3D de medição de componentes**



- **Ponteira de medição da CNC 3D**



- **Comparador Digital Indicador**

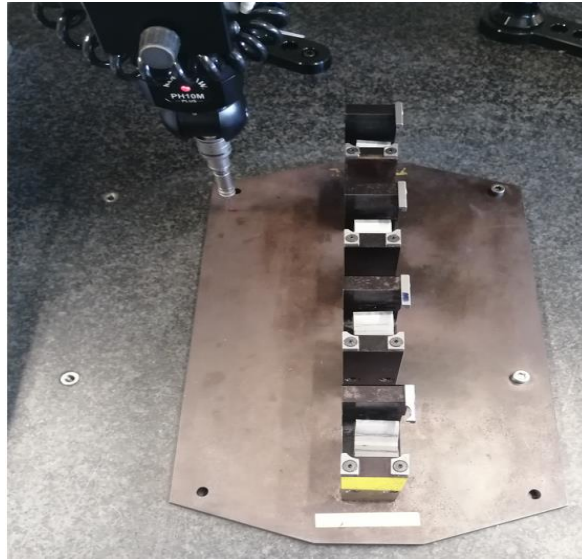


- **Sensor LVDT**



Anexo G

O Anexo G demonstra o gabari que é utilizado na fábrica AbrP para fixar os cilindros que serão medidos pela CNC 3D.



Anexo H

Exemplo do Código de um programa de medições da CNC 3D.

Número	Função	Parâmetros
91	Cone	Cone 25 Dnt (2) Medida
92	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção = YZ plano X = PLGDRT Y = 0.000 Z = 0.000 Diâmetro = 20.000
93	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção = YZ plano X = PLGDrt+1 Y = 0.000 Z = 0.000 Diâmetro = 19.000
94	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção = YZ plano X = PLGDrt+1.5 Y = 0.000 Z = 0.000 Diâmetro = 18.000
95	Elemento terminado	
96	Mover	X = -32.402 Y = 0.028 Z = -8.509
97	Mover	X = -32.391 Y = -0.028 Z = -16.134
98	Mover	X = -29.051 Y = -0.047 Z = -16.133
99	Círculo	Circle D gola Dnt (6) Medida
100	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção = YZ plano X = PLGDrt+0.5 Y = 0.000 Z = 0.000 Diâmetro = 29.000
101	Elemento terminado	
102	Mover	X = -28.515 Y = 15.138 Z = 18.734
103	Mover	X = -25.920 Y = 13.818 Z = 18.747
104	Plano	Plano 4.8 Dnt (5) Medida
105	Medi ponto CNC	X = -24.000 Y = 13.818 Z = 18.747 Ângulo X = 0.00.00 Ângulo Y = 90.00.00 Ângulo Z = 90.00.00
106	Medi ponto CNC	X = -24.000 Y = 13.789 Z = 14.773 Ângulo X = 0.00.00 Ângulo Y = 90.00.00 Ângulo Z = 90.00.00
107	Mover	X = -25.682 Y = -17.295 Z = 15.003
108	Mover	X = -25.677 Y = -17.285 Z = 10.867
109	Medi ponto CNC	X = -24.000 Y = -17.285 Z = 10.867 Ângulo X = 0.00.00 Ângulo Y = 90.00.00 Ângulo Z = 90.00.00
110	Medi ponto CNC	X = -24.000 Y = -17.230 Z = 18.263 Ângulo X = 0.00.00 Ângulo Y = 90.00.00 Ângulo Z = 90.00.00
111	Elemento terminado	
112	Fórmula de cálculo	PL4_80rt = PL(5)X
113	Mover	X = -27.150 Y = 21.142 Z = 17.977
114	Mover	X = -27.124 Y = 21.000 Z = -1.112
115	Círculo	Circle F Dnt (7) Medida

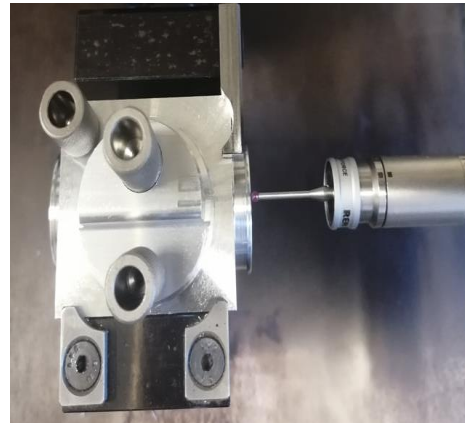
Configuração e Comunicação do Software Q-Das com Interfaces Fabrís

Número	Função	Parâmetros
296	Ler sist. coordenad.	1
297	Origem	Circle M10 (15) XY
298	Alterar ponta	1
299	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 40.000
300	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 22.000
301	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 15.000
302	Círculo	Circle 3.1 M10 (18) Meda
303	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção =>XY plano X = 0.001 Y = 0.000 Z = 15.000 Diâmetro = 3.000
304	Elemento terminado	
305	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 100.000
306	Tolerância - Círculo - Estatística Circle 3.1 M10 (18)	Diâmetro 3.100 0.200 -0.200 >> Ø 3.1 M10 #40
307	Tolerância - Círculo - Estatística Circle 3.1 purga (17)	Diâmetro 3.100 0.200 -0.200 >> Ø 3.1 purga #39
308	Tolerância - Estatística Concentricidade	Elemento = Circle 3.1 M10 (18) Campo de tolerancia = 0.200 >> Concentricity BM10 #41
309	Origem	Circle G (1) XYZ
310	Tolerância - Círculo - Estatística Circle fix teste (13)	Coordenada X 14.000 0.200 -0.200 >> X co-ordinate #42 Coordenada Y 15.000 0.200 -0.200 >> Y co-ordinate #43
311	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 4 T ol Engl V\Q S G\QMM2\2021\011 - Medição 3D\001-Relatorios 3D Auditor\01- RELATÓRIOS 3D PRODUÇÃO CR-AL\Proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
312	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 2 T ol Engl C\Q-DAS\Relatorios W45\Proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
313	Relatório de arquivo	@patname -- @day- @month-@year-- @hou
314	Alterar sensor	Número do sensor = 1
315	Alterar ponta	1
316	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 2 T ol Engl V\S P E C\QMM - Qualidade Interna\2021\01- RELATÓRIOS 3D PRODUÇÃO CR-AL\proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
317	Mover Movimento absoluto	X = -32.380 Y = 34.189 Z = 178.113
318	Copiar arquivo	C:\Q-DAS\MCDSMDS-Upload\Proton - 0204211209 - Q-DAS.dfd C:\Q-DAS\CMM Upload\Proton - 0204211209 - Q-DAS.dfd

Número	Função	Parâmetros
296	Ler sist. coordenad.	1
297	Origem	Circle M10 (15) XY
298	Alterar ponta	1
299	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 40.000
300	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 22.000
301	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 15.000
302	Círculo	Circle 3.1 M10 (18) Meda
303	Medição automática de círculo	No pontos = 4 Plano de projeção =>XY plano X = 0.001 Y = 0.000 Z = 15.000 Diâmetro = 3.000
304	Elemento terminado	
305	Mover Movimento absoluto	X = 0.000 Y = 0.000 Z = 100.000
306	Tolerância - Círculo - Estatística Circle 3.1 M10 (18)	Diâmetro 3.100 0.200 -0.200 >> Ø 3.1 M10 #40
307	Tolerância - Círculo - Estatística Circle 3.1 purga (17)	Diâmetro 3.100 0.200 -0.200 >> Ø 3.1 purga #39
308	Tolerância - Estatística Concentricidade	Elemento = Circle 3.1 M10 (18) Campo de tolerancia = 0.200 >> Concentricity BM10 #41
309	Origem	Circle G (1) XYZ
310	Tolerância - Círculo - Estatística Circle fix teste (13)	Coordenada X 14.000 0.200 -0.200 >> X co-ordinate #42 Coordenada Y 15.000 0.200 -0.200 >> Y co-ordinate #43
311	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 4 T ol Engl V\Q S G\QMM2\2021\011 - Medição 3D\001-Relatorios 3D Auditor\01- RELATÓRIOS 3D PRODUÇÃO CR-AL\Proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
312	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 2 T ol Engl C\Q-DAS\Relatorios W45\Proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
313	Relatório de arquivo	@patname -- @day- @month-@year-- @hou
314	Alterar sensor	Número do sensor = 1
315	Alterar ponta	1
316	Relatório de saída	GEOPAK\Mituyo\GEOPAK Exemple 2 T ol Engl V\S P E C\QMM - Qualidade Interna\2021\01- RELATÓRIOS 3D PRODUÇÃO CR-AL\proton\@patname -- @day- @month-@year-- @hour-@minute-@second.pdf
317	Mover Movimento absoluto	X = -32.380 Y = 34.189 Z = 178.113
318	Copiar arquivo	C:\Q-DAS\MCDSMDS-Upload\Proton - 0204211209 - Q-DAS.dfd C:\Q-DAS\CMM Upload\Proton - 0204211209 - Q-DAS.dfd

Anexo I

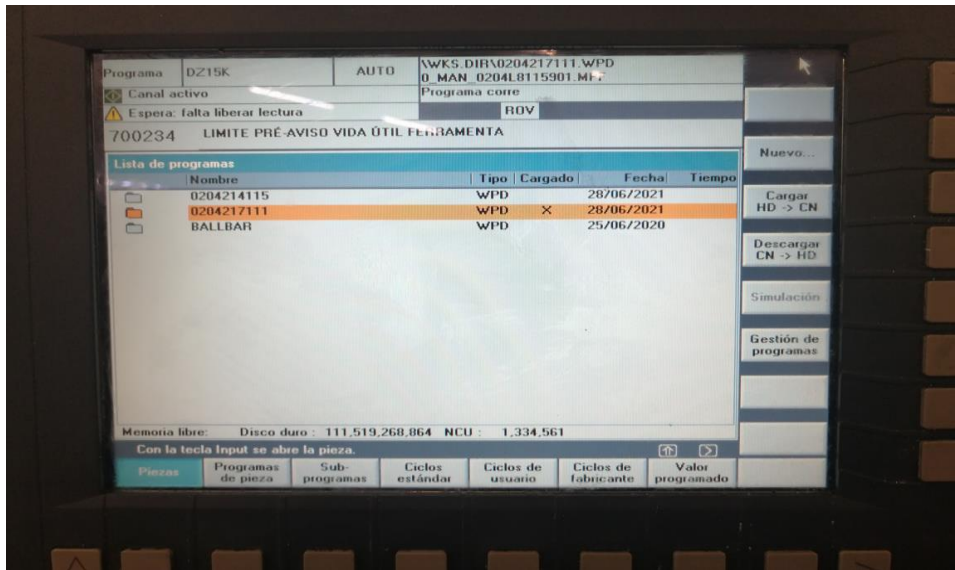
CNC a medir cilindros



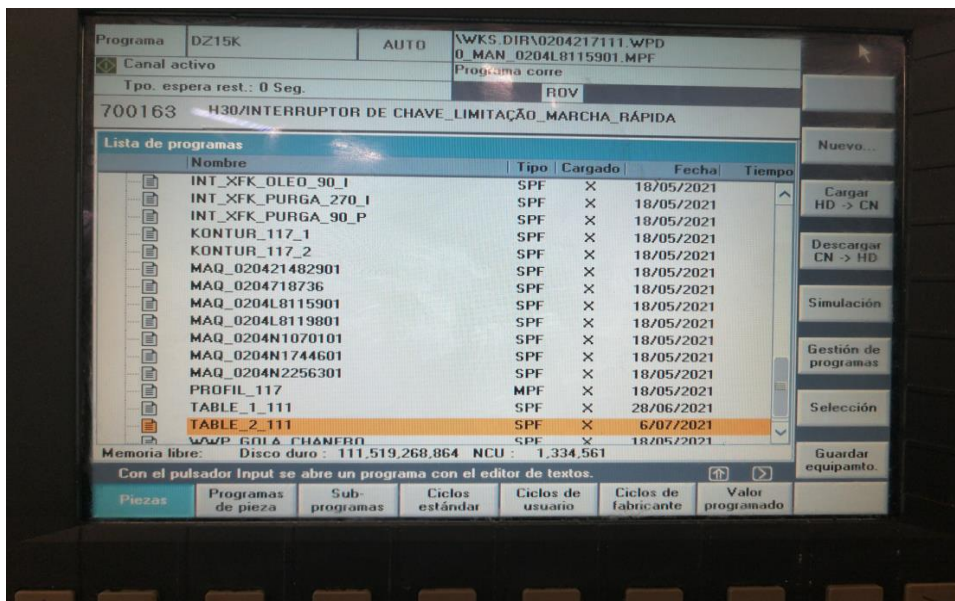
Anexo J

O Anexo J representa o processo de calibração de uma *Chiron* depois de efetuadas as medições dos cilindros recorrendo a CNC 3D.

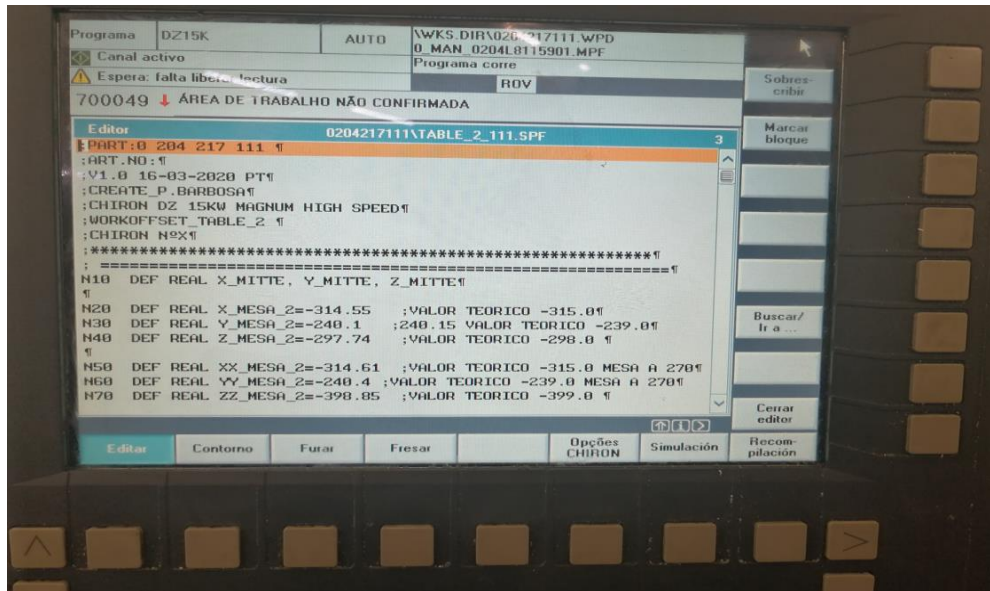
- Referências das barras de alumínio para os cilindros



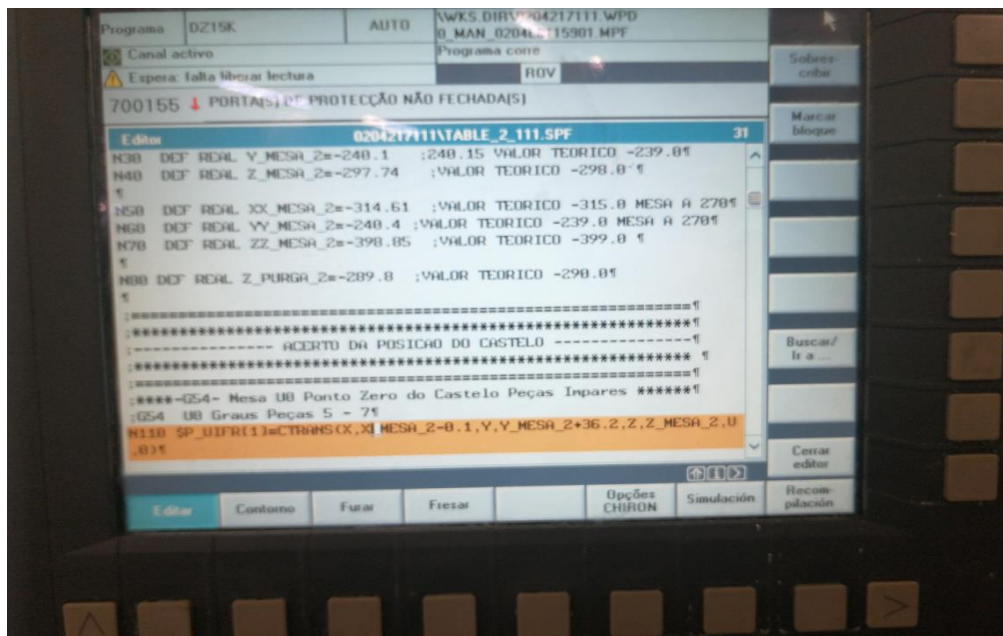
- Programa da *Chiron* para maquinar cilindros



- Programa com as coordenadas de cada mesa de maquinação dos cilindros



- Alteração de 0.2mm no programa inicial da Chiron da característica “castelo”



Anexo K

O Anexo K mostra o interior de uma *Chiron*, o local onde são colocados os cilindros para maquinar, denominado de mesa da *Chiron*.



Anexo L

O Anexo L representa uma capacidade efetuada a uma característica do cilindro, neste caso o diâmetro do furo principal do cilindro onde são introduzidos os pistons do cilindro.

