

Inês Simões Ferreira

MELHORIA DE UM PROCESSO DE AUDITORIAS A  
PRODUTOS COM RECURSO À METODOLOGIA  
DMAIC





Inês Simões Ferreira

MELHORIA DE UM PROCESSO DE AUDITORIAS A  
PRODUTOS COM RECURSO À METODOLOGIA  
DMAIC

**Tese de Mestrado**

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz

Engenheiro Marco Aurélio da Costa Coimbra Matos





*“If you can’t fly then run, if you can’t run then walk, if you can’t walk then crawl, but  
by all means, keep moving.”*  
(Martin Luther King Jr.)



## RESUMO

Este estudo realizou-se na *Brose*, empresa de componentes mecatrónicos para a indústria automóvel, motivado pela falta de capacidade para efetuar todas as auditorias ao produto, acordadas com o cliente *Ford*, dentro da 8 horas disponíveis por turno.

O *Lean Six-Sigma* é uma metodologia que fornece um conjunto de métodos, que possibilitam a redução das variações do processo, eliminação de desperdícios e redução dos tempos de entrega. Uma das metodologias mais utilizadas para a redução de problemas e melhoria contínua é a estrutura *DMAIC*.

Em função da dificuldade de cumprimento do plano de controlo, acordado com o cliente, pretende-se uma redução do tempo das auditorias ao produto, utilizando a metodologia *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*), aplicada às diferentes fases da estrutura *DMAIC*, na ordem do 20%.



## ABSTRACT

This study took place in *Brose*, an automobile company, motivated by the lack of capacity to perform the entire product audit agreed with customer *Ford*, within the 8 hours per shift.

The *Lean Six Sigma* is a methodology that provides a set of methods that enable the reduction of variations in the process, elimination of waste and reduction of delivery times. One of the most used methodologies to reduce problems and continuous improvement is DMAIC.

Due to the difficulty in complying with the control plan, agreed with the client, it is intended to reduce the auditing time of the product audits, using the SMED methodology applied to different phases of the DMAIC, in order of 20%.



## **PALAVRAS – CHAVE**

*Lean Six Sigma*

DMAIC

SMED

FMEA

IATF

Plano de Controlo



## KEY WORDS

*Lean Six Sigma*

DMAIC

SMED

FMEA

IATF

Control Plan



## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por tudo, pelo apoio demonstrado, por todos os sacrifícios e por criarem condições para o meu sucesso académico.

Agradeço ao meu orientador na *Brose* Tondela, Engenheiro Marco Matos, pelo desafio, pelos conhecimentos transmitidos e por me ter apoiado, motivado e orientado ao longo deste projeto.

Agradeço ao meu orientador na Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Professor Doutor Paulo Vaz, pela orientação e disponibilidade que demonstrou desde o início deste projeto.

Agradeço a toda a equipa do laboratório, em especial ao Nuno Santos e ao Samuel Pacheco, que me apoiaram neste projeto, pela compreensão, disponibilidade demonstrada e pelos conhecimentos transmitidos.



## ÍNDICE GERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | xv   |
| ÍNDICE DE TABELAS .....  | xvii |
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 1    |
| 2. APRESENTAÇÃO DO GRUPO BROSE .....   | 3    |
| 2.1. Missão e Objetivos.....   | 3    |
| 2.2. Cultura e Princípios .....  | 4    |
| 2.3. Produtos .....  | 5    |
| 2.4. Unidade de Produção de Tondela .....                                      | 5    |
| 2.4.1. Organograma .....   | 6    |
| 2.4.2. Principais Produtos .....   | 6    |
| 2.4.3. Clientes da <i>Brose</i> Tondela.....                                   | 7    |
| 2.4.4. Módulos de Fecho da Ford .....  | 8    |
| 2.4.5. Principais Funções do Módulo de Fecho.....                              | 11   |
| 2.4.5.1. Funções elétricas da fechadura.....                                   | 11   |
| 2.4.5.2. Funções mecânicas do <i>bracket</i> e do cabo.....                    | 11   |
| 2.4.6. Definição e Classificação das Características Especiais de Produto..... | 12   |
| 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....   | 19   |
| 3.1. Lean Six-Sigma.....   | 19   |
| 3.1.1. <i>Six Sigma</i> .....  | 20   |
| 3.1.2. Metodologia DMAIC .....   | 20   |
| 3.1.3. Tipos de Desperdício .....  | 21   |
| 3.2. SMED .....  | 21   |
| 3.2.1. Implementação da Metodologia SMED .....                                 | 23   |
| 4. FASE <i>DEFINE</i> – DMAIC.....   | 25   |
| 4.1. Definição do Problema .....   | 25   |
| 4.2. Processo de Auditoria .....   | 26   |
| 4.3. Definição da Equipa de Trabalho .....                                     | 28   |
| 5. Definição do Plano de Trabalho .....  | 28   |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 6.   | FASE <i>MEASURE</i> – DMAIC .....         | 29 |
| 6.1. | Material Necessário .....                 | 29 |
| 6.2. | Diagrama Esparguete .....                 | 30 |
| 6.3. | Método e Tempos .....                     | 31 |
| 7.   | FASE <i>ANALYSE</i> – DMAIC.....          | 37 |
| 7.1. | Plano de melhoria .....                   | 37 |
| 7.2. | Mudança de Layout .....                   | 39 |
| 7.3. | Análise do Investimento .....             | 41 |
| 7.4. | Plano de Execução .....                   | 43 |
| 8.   | FASE <i>IMPROVE</i> – DMAIC.....          | 45 |
| 8.1. | Diagrama esparguete.....                  | 46 |
| 8.2. | Métodos e Tempos.....                     | 47 |
| 9.   | FASE <i>CONTROL</i> – DMAIC .....         | 53 |
| 9.1. | Introdução das LPA´s no Laboratório ..... | 53 |
| 10.  | CONCLUSÃO.....                            | 55 |
|      | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....          | 57 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Unidade de Produção de Tondela .....  | 5  |
| Figura 2 - Organograma da Brose Tondela .....  | 6  |
| Figura 3 –Sistema fechadura e SCA.....   | 6  |
| Figura 4 – Módulo de fecho .....   | 6  |
| Figura 5 – Elevador de vidro .....   | 6  |
| Figura 6 - Layout da unidade de produção de Tondela .....  | 7  |
| Figura 7 - Ford Mondeo (CD391) .....   | 8  |
| Figura 8 - Ford Kuga (C520).....   | 8  |
| Figura 9 - Ford Grand C-Max (C344) .....   | 8  |
| Figura 10 - Ford Transit Conect (C344).....  | 8  |
| Figura 11 – Módulo de fecho da Ford e principais componentes. ....   | 9  |
| Figura 12 - Primeiro e segundo posto de trabalho de uma linha de montagem .....                                | 10 |
| Figura 13 - Terceiro posto de trabalho de uma linha de montagem de módulos .....                               | 10 |
| Figura 14- Diagrama representativo da definição da características do produto (Ford Motor Company, 2019) ..... | 12 |
| Figura 15 - Representação do conceito car-set.....   | 25 |
| Figura 16 - Layout do laboratório e localização dos equipamento utilizado no processo de auditoria .....       | 27 |
| Figura 17 - Diagrama esparguete.....   | 30 |
| Figura 18- Imagens dos vídeos realizados.....  | 31 |
| Figura 19 - Alterações feitas ao layout inicial .....  | 40 |
| Figura 20 – Descrição da motivação do investimento.....  | 41 |
| Figura 21 - Cálculo do retorno do investimento .....   | 42 |
| Figura 22 - Dados do cenário actual (caso de estudo) e futuro após investimento .....                          | 42 |
| Figura 23 - Diagrama esparguete após alteração do layout .....   | 46 |
| Figura 24 - Formulário utilizado na Brose para realização de LPA´s .....                                       | 53 |



## ÍNDICE DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - FIRST - Princípios empresarias da Brose .....   | 4  |
| Tabela 2 - Produtos Desenvolvidos e Fabricados Pelo Grupo Brose .....                            | 5  |
| Tabela 3 – Classificação de características especiais .....                                      | 13 |
| Tabela 4 - Classificação das características especiais e métodos de controlo.....                | 13 |
| Tabela 5 - Plano de controlo genérico dos módulos de fechos da Ford .....                        | 15 |
| Tabela 6 - Etapas da metodologia DMAIC .....   | 20 |
| Tabela 7 - Variantes/ frequência de auditorias ao módulos da Ford .....                          | 26 |
| Tabela 8 - Número de auditoria ao produto realizadas em 2018.....                                | 26 |
| Tabela 9 - Lista de tarefas e respetiva duração (fase Measure).....                              | 31 |
| Tabela 10 - Número de auditorias ao produto realizadas em 2018 e tempo total .....               | 35 |
| Tabela 11 - Proposta de melhoria para otimização da UTS LMM.....                                 | 37 |
| Tabela 12 - Plano de execução .....  | 43 |
| Tabela 13 - Listagem das tarefas e tempos após otimização da máquina e alteração de layout ..... | 47 |
| Tabela 14 - Impacto da melhoria da máquina .....   | 50 |
| Tabela 15 - Número de auditorias ao produto realizadas em 2018 e tempo total corrigido .....     | 51 |



## ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| SMED    | <i>Single Minute Exchange of Die</i>             |
| TPS     | <i>Toyota Production System</i>                  |
| IED     | <i>Internal Exchange of Die</i>                  |
| OED     | <i>Outer Exchange of Die SMED</i>                |
| IATF    | <i>International Automotive Task Force</i>       |
| MFB     | <i>Multifunction bracket</i>                     |
| CL      | <i>Central Lock</i>                              |
| DL      | <i>Double Lock</i>                               |
| PCL     | <i>Power Child Lock</i>                          |
| MCL     | <i>Manual Child Lock</i>                         |
| FMEA    | <i>Failure Mode and Effects Analysis</i>         |
| D -FMEA | <i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i>  |
| P-FMEA  | <i>Process Failure Mode and Effects Analysis</i> |
| LPA     | <i>Layered Process Audit Checklist</i>           |
| UTS LMM | <i>Universal Test System Latch Mini Modules</i>  |
| CBA     | <i>Cost Benefit Analysis</i>                     |



# 1. INTRODUÇÃO

No âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, foi desenvolvida esta dissertação, entre maio de 2018 e fevereiro de 2019, na *Brose*, empresa do ramo automóvel.

A indústria automóvel é um dos setores do mercado mais exigentes, no qual a flexibilidade e a capacidade de resposta constituem a base do sucesso. A redução do *lead time* é uma das formas de aumentar a produtividade e a competitividade das organizações.

A auditoria ao produto, de acordo com o plano de controlo, permite fazer, por amostragem, a aceitação de lotes, cumprindo o acordado com o cliente e com os requisitos IATF (*International Automotive Task Force*).

O estudo abordado tem origem na falta de capacidade de realização de todas as auditorias ao produto para o cliente *Ford*, dentro das 8 horas disponíveis por turno. Com o objetivo de diminuir o impacto da transição de auditorias para os turnos subsequentes na ordem dos 20%, foi adotada a metodologia *Six-Sigma* utilizando a ferramenta SMED como parte do *Lean Manufacturing*.

A dissertação está dividida em dez capítulos e desenrola-se seguindo a estrutura DMAIC. No capítulo introdutório é apresentado o problema, assim como o objetivo do trabalho, seguindo-se para um segundo capítulo onde é apresentado o grupo *Brose* e a unidade de produção de Tondela. No capítulo três é feito o enquadramento teórico, sendo apresentados alguns conceitos chave como: *Lean Six-Sigma*, *DMAIC* e *SMED*.

Entre o capítulo quatro e oito desenvolve-se todo o trabalho de análise, melhoria e controlo de acordo com a fase da estrutura DMAIC.

Por último, no capítulo nove, são apresentadas as conclusões gerais da dissertação, terminando com a apresentação de sugestões possíveis para desenvolvimentos de trabalhos futuros.



## **2. APRESENTAÇÃO DO GRUPO BROSE**

A *Brose* é uma empresa multinacional alemã do setor automóvel, sediada em Coburg, fundada por Max Brose em 1908.

Inicialmente, a sua atividade residia na comercialização de acessórios e produtos para a indústria automóvel. Hoje em dia, desenvolve e produz unidades elétricas e sistemas mecânicos para cerca de oitenta fabricantes de automóveis e mais de quarenta fornecedores.

A marca *Brose* é sinónimo de força inovadora, eficiência e qualidade. Essas características marcam o sucesso desta empresa familiar desde a sua fundação.

Atualmente, conta com 12.218 colaboradores, distribuídos por sessenta fabricas, presentes em vinte e três países. O grupo está entre os quarenta melhores fornecedores mundiais da indústria automóvel e ocupa o quinto lugar na categoria de empresas familiares. Um em cada dois veículos no mundo tem pelo menos um produto *Brose*.

### **2.1. Missão e Objetivos**

O grupo *Brose* utiliza a sua experiência, nas áreas da eletrónica e mecânica, para satisfazer as necessidades dos clientes e oferecer as soluções mais adequadas.

No desenvolvimento de novos produtos são utilizados materiais cada vez mais leves com intuito da redução do consumo de combustível, contribuindo para a redução da emissão de CO<sub>2</sub>. Os produtos *Brose* procuram tornar os automóveis mais seguros, confortáveis e eficientes.

O grupo tem como objetivo consolidar e expandir a sua posição no mercado chinês: planeia aumentar as parcerias com fabricantes internacionais e colaborar mais

proximamente com fabricantes nacionais, de modo a fornecer aos clientes produtos e serviços normalizados e personalizados.

A administração e gerência promoveram os seguintes objetivos em todas as fábricas do grupo:

- a) **Liderança de mercado:** “Queremos ser líderes mundiais de mercado e de tecnologia em sistemas mecatrónicos inteligentes para veículos”;
- b) **Crescimento:** “Queremos aumentar o nosso volume de negócios em, pelo menos, 10% anualmente, de forma a melhorar continuamente a nossa competitividade”;
- c) **Rentabilidade:** “Queremos 5% dos resultados para financiar o nosso crescimento e manter a nossa autonomia”;
- d) **Qualidade:** “Queremos satisfazer os nossos clientes através de produtos e processos inovadores, consciência nos custos e qualidade”;
- e) **Rapidez:** “Queremos simplificar todas as decisões e actividades para que sejam realizadas de forma rápida e correcta” (Brose, 2014).

## 2.2. Cultura e Princípios

*FIRST* é o resultado de uma revisão dos princípios empresariais, feita pelos acionistas, pelo conselho executivo e pela gerência, que representa um conjunto de princípios assentes em valores, que definem claramente a cultura empresarial *Brose*. Na Tabela 1 é apresentado o significado do acrónimo *FIRST*, bem como cada um dos princípios que o compõem.

*Tabela 1 - FIRST - Princípios empresariais da Brose*

| Princípio |                  | Descrição  |
|-----------|------------------|--|
| <b>F</b>  | <b>Family</b>    | A família <i>Brose</i> coloca os interesses da empresa à frente dos próprios interesses. Por isso, cresce de forma rentável e autofinanciada, mantendo assim a autonomia da empresa familiar.  |
| <b>I</b>  | <b>Inovation</b> | Estabelece padrões com sistemas inovadores e componentes mecatrónicos, assegurando uma posição de liderança no mercado, com a melhor relação custo benefício.                                  |
| <b>R</b>  | <b>Respect</b>   | Todos os colaboradores, em especial os gestores, são exemplos. Conscientes da responsabilidade social, atuam de forma justa com os colaboradores em todos os níveis e em todas as localidades. |
| <b>S</b>  | <b>Success</b>   | Entregam alta performance aos clientes, pelo que definem elevados padrões de qualidade a eles próprios e aos seus parceiros.   |
| <b>T</b>  | <b>Team</b>      | Acionistas, gerentes e colaboradores cooperam com espírito de confiança, tomam decisões de forma rápida e clara e assumem responsabilidade pelas suas ações.                                   |

## 2.3. Produtos

Na Tabela 2, são referidos os produtos desenvolvidos e produzidos pelo grupo *Brose*, que se dividem em três setores: portas, estruturas de bancos e motores.

*Tabela 2 - Produtos Desenvolvidos e Fabricados Pelo Grupo Brose*

| <b>Portas e porta-malas</b>                         | <b>Estruturas de bancos</b>                         | <b>Motores elétricos e drives</b>  |
|---|---|--|
| - Sistemas de portas                                | - Bancos dianteiros                                 | - Sistemas para aplicações na transmissão de automóveis e sistemas de arrefecimento do motor |
| - Elevadores de vidro                               | - Bancos traseiros                                  | - Servomotores para os elevadores de vidro   |
| - Sistemas de fechaduras (SCA)                      | - Componentes para bancos                           | - Servomotores e eletrónica para os sistemas de travagem                                     |
| - Sistemas de elevadores de porta-malas             | - Servomotores e eletrónica (drives, controladores) | - Sistemas de direção assistida  |
| - Servomotores e eletrónica (drives, controladores) |   | - Controladores eletrónicos  |

## 2.4. Unidade de Produção de Tondela

A unidade de produção de Tondela (Figura 1) foi fundada pela empresa BOMORO, em 1994, na qual eram produzidas fechaduras, exclusivamente, para a AutoEuropa. No início da sua atividade, contava apenas com seis trabalhadores e após um ano já contava com quarenta trabalhadores.

Em 1996, o grupo *BOSCH* comprou a fábrica de Tondela, sendo em 2003 adquirida pela *Brose*.

Em 2008, foram construídas novas infraestruturas para dar resposta ao seu crescimento. A unidade de produção de Tondela, pertencente à divisão de portas do grupo *Brose* e conta, atualmente, com 287 colaboradores.



*Figura 1 – Unidade de Produção de Tondela*

## 2.4.1. Organograma

A *Brose* Tondela, à semelhança das outras fábricas do grupo, possui um responsável máximo pela fábrica, o *Plant Manager*, e uma equipa de *staff*. A Figura 2 apresenta essa estrutura.

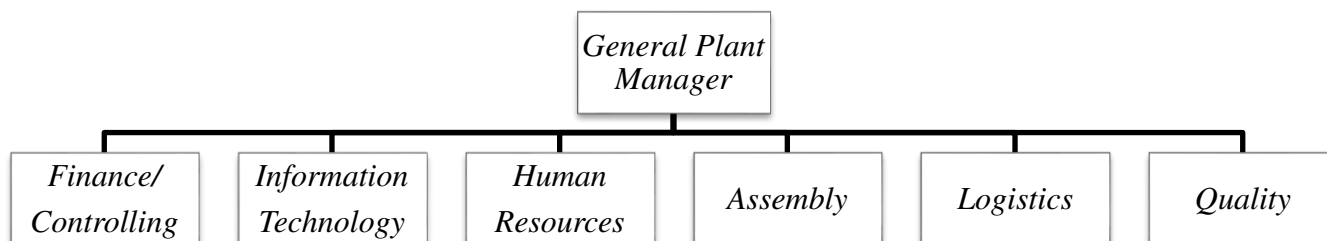


Figura 2 - Organograma da Brose Tondela

## 2.4.2. Principais Produtos

Os principais produtos que se produzem na *Brose* Tondela são:

- Sistemas de fechadoras e SCA's (Figura 3);
- Módulos de fechaduras (Figura 4);
- Elevadores de vidro (Figura 5).

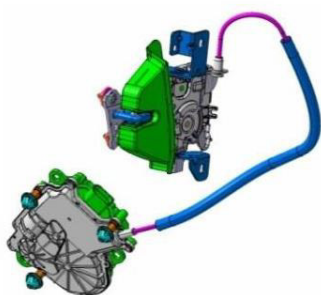


Figura 3 – Sistema fechadura e SCA

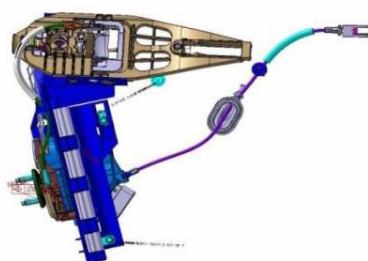


Figura 4 – Módulo de fecho

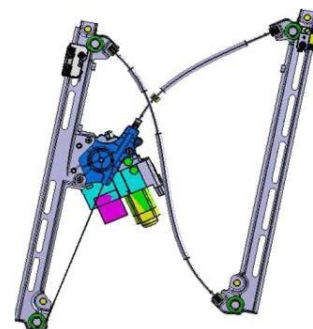


Figura 5 – Elevador de vidro

Em 2018 produziram-se cerca de 7.610.868 peças na *Brose* Tondela. Os sistemas de fechaduras e SCA's representam cerca de 77,6% da produção nesta unidade. Em segundo lugar, em termos de volume de peças vendidas, surgem os módulos de fechaduras, com 16,7% desse volume e, em último lugar, os elevadores de vidros com cerca de 5,7%.

### 2.4.3. Clientes da Brose Tondela

Os produtos acima mencionados são fornecidos a diferentes fabricantes do ramo automóvel.

Os sistemas de fechaduras e SCA's são produzidos para o grupo *BMW* (*BMW*, *Rolls-Royce* e *Mini*), para a *Jaguar* e *Land Rover* e para o grupo FCA (Maserati e Alfa Romeo)

A *PSA* é o cliente para os elevadores de vidros e à *Ford* são fornecidos os módulos de fecho.

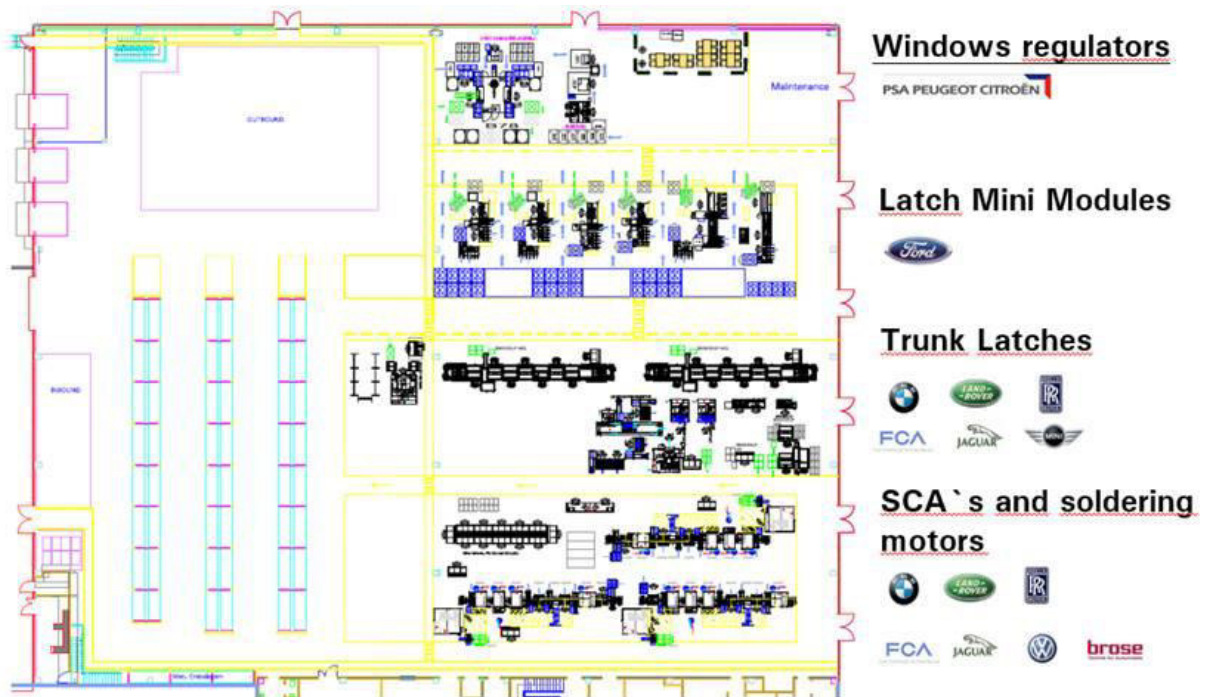


Figura 6 - Layout da unidade de produção de Tondela

#### 2.4.4. Módulos de Fecho da Ford

Atualmente existem 4 projetos de módulos de fechaduras da Ford: C520 (Ford Kuga), CD391 (Ford Mondeo), V408 (Ford Transit Conect) e C344 (Ford Grand C-Max).



*Figura 8 - Ford Kuga (C520)*



*Figura 7 - Ford Mondeo (CD391)*



*Figura 9 - Ford Grand C-Max (C344)*



*Figura 10 - Ford Transit Conect (C344)*

Em 2018, foram vendidas 1.149.214 módulos da Ford, representando 33% da facturação da fábrica (27.830.395€).

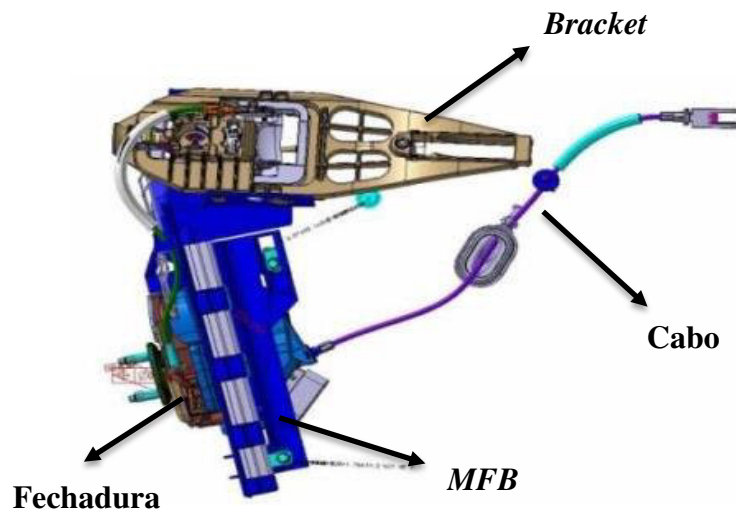
A Ford recolha três vezes por dia, sendo o stock máximo de um dia. São enviadas duas cargas de 78 e 30 paletes para Valência de módulos dos projetos C520, V408 e CD391 e uma carga de cerca de 6 paletes para Saarlouis (Alemanha) de módulos do projeto C344.

São produzidos cerca de:

- 3000 peças/dia do projeto C520
- 1000 peças/ dia do projeto CD391

- 1000 peças/ dia do projeto V408
- 168 peças/do projeto C344

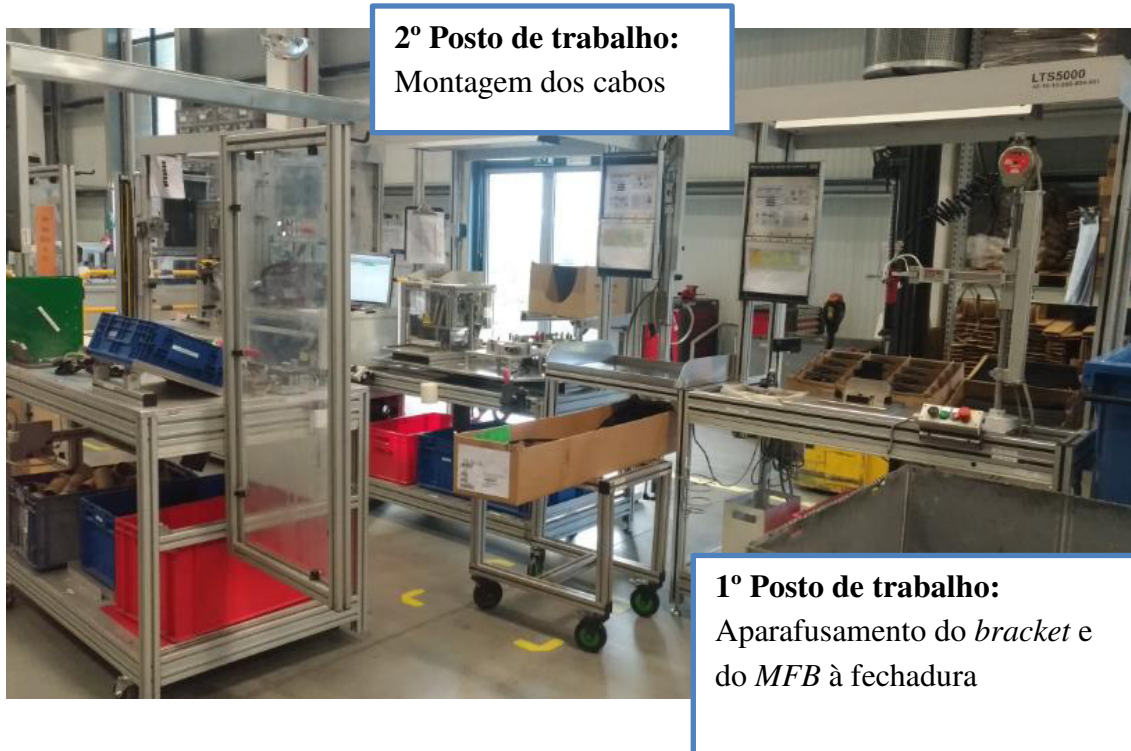
O processo de montagem dos módulos de fecho consiste fundamentalmente na aplicação do *bracket*, do *MFB* (*multifuntion bracket*) e de cabos numa fechadura previamente montada na *Brose Ostrava*.



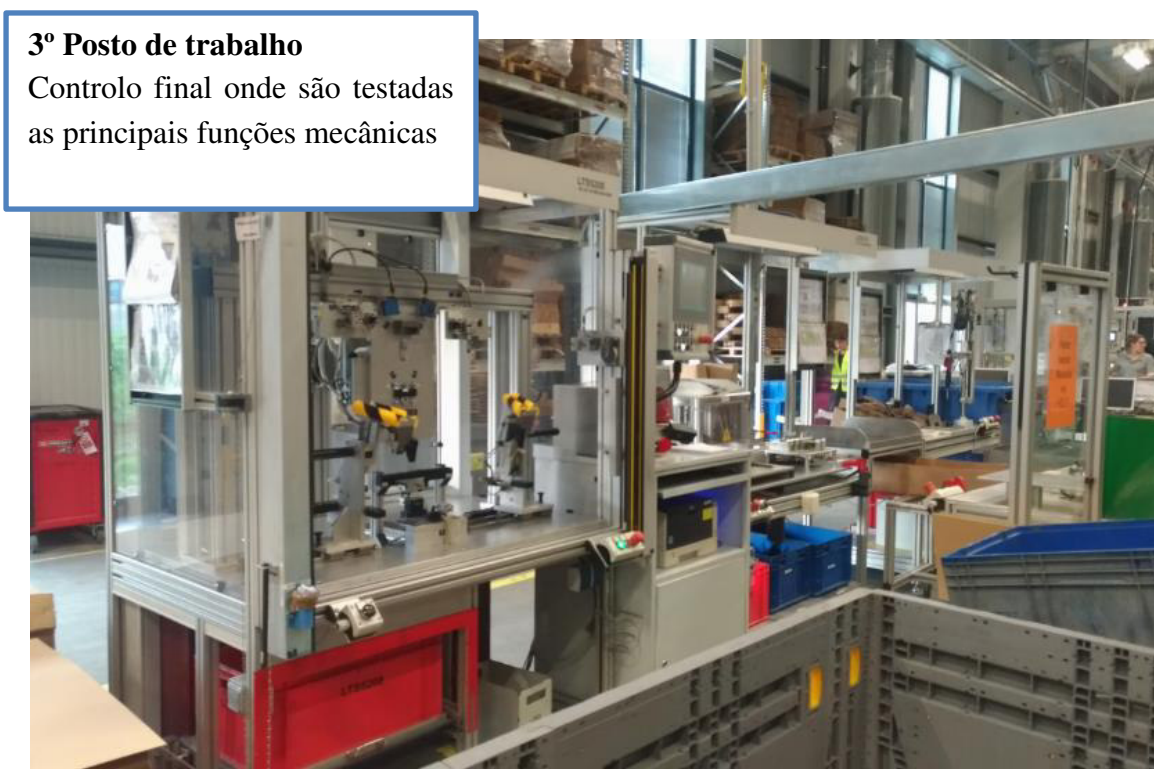
*Figura 11 – Módulo de fecho da Ford e principais componentes.*

O módulo de fecho é montado na porta do veículo através do *MBF*, o puxador exterior é montado no *bracket* e o puxador interior é montado no cabo.

A Brose Tondela é responsável pelo processo de montagem manual de todos os componentes adquiridos a fornecedores exteriores. Os componentes são aparafusados e são testadas as principais funções mecânicas (abertura e fecho do lado interior/exterior do veículo) de forma atributiva no controlo final (*EOLT OK/NOK*).



*Figura 12 - Primeiro e segundo posto de trabalho de uma linha de montagem*



*Figura 13 - Terceiro posto de trabalho de uma linha de montagem de módulos*

## 2.4.5. Principais Funções do Módulo de Fecho

As funções dos módulos de fecho dividem-se em: funções elétricas da fechadura e funções mecânicas do cabo e *bracket*, onde são montados os puxadores.

### 2.4.5.1. Funções elétricas da fechadura

- **CL – *Central Lock*** - é apenas possível abrir a fechadura pelo puxador interior;
- **DL – *Double Lock*** – não é possível abrir a fechadura. Em caso de tentativa de assalto, ao tentarem partir o vidro e abrir a porta pelo interior não é possível abrir a fechadura.
- **PCL – *Power Child Lock*** – função de segurança – ao ativar o PCL é possível abrir a porta pelo puxador exterior, contudo não é possível abrir pelo puxador interior, evitando que as crianças saiam do carro (função presente apenas nas fechaduras traseiras).
- **MCL – *Manual Child Lock*** – na ausência de PCL, as fechaduras das portas traseiras possuem *Manual Child Lock*, que pode ser ativado ou desativado diretamente na porta traseira.
- **DL-CL** – fechaduras com possibilidade de transição da função DL para CL.
- ***Unlock*** – abertura elétrica através de um comando
- ***Door Stop*** – segurança adicional presente nos módulos das portas de correr, que permite manter a porta aberta ou fechada quando veículo está estacionado em planos inclinados (por exemplo, na entrada e saída de crianças não abre ou fecha inadvertidamente).

### 2.4.5.2. Funções mecânicas do *bracket* e do cabo

- Abertura e fecho da fechadura pelo puxador interior;
- Abertura e fecho da fechadura pelo puxador exterior.

A cada função do produto está associada uma característica mensurável, sendo a análise feita numa fase inicial do projecto, através da FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

## 2.4.6. Definição e Classificação das Características Especiais de Produto

A FMEA é uma metodologia analítica que tem como objetivo identificar potenciais problemas durante as fases de desenvolvimento do produto e do processo. É uma metodologia essencialmente preventiva que analisa como um sistema pode potencialmente falhar e efetua a respetiva análise de risco, tendo em conta a causa de falha, a probabilidade de ocorrência e a probabilidade de deteção da mesma, caso ela ocorra (Ford Motor Company, 2008).

O D-FMEA determina as características do produto que devem ser potencialmente controladas com base no design do produto. A P-FMEA analisa todas as etapas do processo produtivo, de modo a determinar onde é necessário controlar o processo. Esse controlo confirma as potenciais características especiais do D-FMEA, e identifica características adicionais além das identificadas anteriormente (Ford Motor Company, 2019).

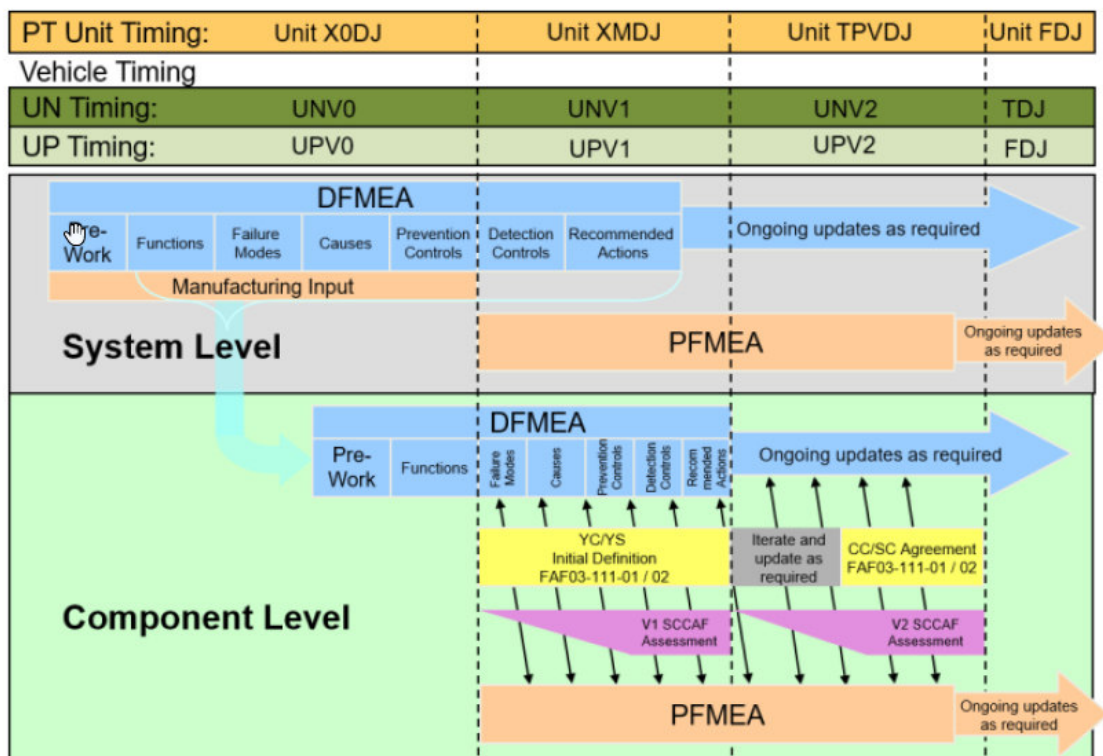


Figura 14- Diagrama representativo da definição da características do produto (Ford Motor Company, 2019)

A FMEA analisa o risco para o condutor e ocupantes do veículo, no caso de falhas no produto, e este impacto é classificado em termos de severidade.

A IATF 16949:2016 classifica uma característica de produto ou de processo de produção tendo em conta a influência na segurança e/ou no cumprimento de requisitos legais.

Na *Brose* estas características especiais são designadas como características de segurança-críticas (D) e características importantes (◇).

*Tabela 3 – Classificação de características especiais*

| D-FMEA     |                         |  | P-FMEA     |               |  |
|------------|-------------------------|--|------------|---------------|--|
| Critério   | Classificação           | Observações  | Critério   | Classificação | Observações  |
| S = 9 - 10 | Segurança Crítica Legal | Ligação com P-FMEA<br>Ações deteção pelo fornecedor<br>Definidas pelo cliente e fornecedor | S = 9 - 10 | D             | Plano de controlo alinhado com D-FMEA<br>Aprovado pelo cliente |
| S = 5 - 8  | Importante              | (desenhos, SCAFF, etc.)  | S = 8      | ◇             |  |

*Tabela 4 - Classificação das características especiais e métodos de controlo*

| Critério                     | Requisito   | Método  |
|------------------------------|---|---|
| S = 9 – 10<br>e<br>S = 5 – 8 | Prevenir envio de peças não conformes para o cliente  | Poka-Yoke<br>Sistema automático deteção 100%<br>Dispositivos por variáveis ou atributos |
|                              | Capabilidade do processo durante a produção e controlo nas diversas fases da característica | SPC   |
|                              | Eliminar ou prevenir o modo de falha através do controlo da(s) causa(s)                     | FMEA  |

No caso particular da Ford, o formulário utilizado no processo de seleção, identificação e controlo das características especiais é designado por SCCAF (*Special Communication and Agreement Form*) (Ford Motor Company, 2019).

A auditoria aos módulos de fecho da Ford permite fazer, por amostragem, a aceitação do respetivo lote, seguindo o protocolo estabelecido com o cliente e os requisitos IATF.

De acordo com os requisitos 8.6 e 8.6.1, da IATF 1694:2016: *“The release of products and services to the customer shall not proceed until the planned arrangements have been satisfactorily completed, unless otherwise approved by a relevant authority and, as applicable, by the customer... The organization shall ensure that the planned arrangement to verify that the product and service requirements have been met encompass the control plan and are documented as specified in the control plan...”*

As linhas de montagem da Ford trabalham diariamente em dois turnos, das 06h00 às 14h00 e das 14h00 às 22h00. As auditorias que não são realizadas durante os dois primeiros turnos transitam para o terceiro turno, assegurando que no dia seguinte todos os lotes produzidos foram auditados.

Os resultados são documentados no *software QDAS qs-STAT*, onde é feita a análise estatística (capabilidade e carta de controlo), sendo reportado mensalmente à “Divisão de Porta”, como parte do controlo de segurança do produto.

Na tabela 5 é apresentado o plano de controlo.

Tabela 5 - Plano de controlo genérico dos módulos de fechos da Ford

| Control Plan               |   |                                   |                 |   |                           |               |               |                                      |                   |                             |         |  |                   |
|----------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|---|---------------------------|---------------|---------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------|--|-------------------|
| Prototype:                 |   |                                   | Prelaunch:      |   |                           | Production: X |               |                                      |                   |                             |         |  |                   |
| Control Plan number:       |   |                                   |                 | Key contact/ Phone:   |                           |               |               | Created:                             |                   | Modified:                   |         |  |                   |
| Part number:               |   |                                   |                 | Core Team:  |                           |               |               | Customer engineering approval/ date: |                   |                             |         |  |                   |
| Part name/Description:     |   |                                   |                 | Part Classification:  |                           |               |               | Customer quality approval/ date:     |                   |                             |         |  |                   |
| Supplier/ plant:           |   | Supplier code:                    |                 | Traceability level:   |                           |               |               | Key-User control plan release:       |                   |                             |         |  |                   |
| Part/<br>Process<br>number | Process<br>element/<br>Operation<br>description | Machine,<br>device,<br>jig, tools | Characteristics |   |                           | Class         | Methods       |                                      |                   |                             |         | Reaction<br>plan   |                   |
|                            |   |                                   | No.             | Product<br>Characteristic                                     | Process<br>characteristic |               | Specification | Inspection<br>equipment              | Sample            |                             | Graphic |  | Control<br>Method |
|                            |   |                                   |                 |   |                           |               |               | Size                                 | Frequency         |                             |         |  |                   |
| 2                          | Audite Testing<br>(Attributive)                 |                                   | 2.1             | Delivery State  |                           |               |               | Visual<br>Check                      | 3<br>car-<br>sets | Per shift<br>and<br>variety |         | Documentation<br>and evaluation<br>with np-<br>Control chart                                 |                   |
|                            |   |                                   | 2.2             | Electrical<br>Test Funtion                                    |                           |               |               |                                      | 3<br>car-<br>sets | Per shift<br>and<br>variety |         | Documentation<br>and evaluation<br>with np-<br>Control chart                                 |                   |
| 3                          | Audite Testing<br>(Measurement)                 |                                   | 3.1             | Travel for<br>release,<br>measured at<br>inner<br>bowdencable |                           | ◇<br>C        | mm            | Measuring<br>machine                 | 3<br>car-<br>sets | Per shift<br>and<br>variety |         | Documentation<br>and statistical<br>capability<br>evaluation<br>with X-bar-<br>Control chart |                   |
|                            |   |                                   | 3.2             | Travel for<br>release,<br>measured at                         |                           | ◇<br>C        | mm            | Measuring<br>machine                 | 3<br>car-<br>sets | Per shift<br>and<br>variety |         | Documentation<br>and statistical<br>capability   |                   |

|  |  |  |  |   |  |        |    |                   |            |                       |                                     |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--------|----|-------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------|--|--|
|  |  |  |  | interface of outer release lever to outer handle                                    |  |        |    |                   |            |                       | evaluation with X-bar-Control chart |  |  |
|  |  |  |  | 3.3 Effort for release measured at inner release bowdenclable                       |  | ◇<br>C | N  | Measuring machine | 3 car-sets | Per shift and variety |                                     | Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart |  |
|  |  |  |  | 3.4 Effort for release measured at interface of outer release lever to outer handle |  | ◇<br>C | N  | Measuring machine | 3 car-sets | Per shift and variety |                                     | Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart |  |
|  |  |  |  | 3.5 Release travel of door stop, measured at interface of outer release lever       |  | ◇<br>C | mm | Measuring machine | 3 car-sets | Per shift and variety |                                     | Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart |  |
|  |  |  |  | 3.6 Release travel of door stop, measured at inner bowdencable                      |  | ◇<br>C | mm | Measuring machine | 3 car-sets | Per shift and variety |                                     | Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart |  |
|  |  |  |  | 3.7 Effort for release door stop measured at inner bowdencable                      |  | ◇<br>C | N  | Measuring machine | 3 car-sets | Per shift and variety |                                     | Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart |  |

|  |  |  |     |   |  |    |   |                          |                   |                              |  |   |  |
|--|--|--|-----|---|--|----|---|--------------------------|-------------------|------------------------------|--|---|--|
|  |  |  | 3.8 | <i>Effort for release door stop, measured at interface of outer release lever</i> |  | ◇C | N | <i>Measuring machine</i> | <i>3 car-sets</i> | <i>Per shift and variety</i> |  | <i>Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart</i> |  |
|  |  |  | 3.9 | <i>Reset effort for door stop</i>   |  | ◇C | N | <i>Measuring machine</i> | <i>3 car-sets</i> | <i>Per shift and variety</i> |  | <i>Documentation and statistical capability evaluation with X-bar-Control chart</i> |  |



## 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma abordagem teórica aos principais conceitos que aparecem ao longo do estudo, permitindo o enquadramento e familiarização com a metodologia utilizada.

### 3.1. *Lean Six-Sigma*

No passado, as organizações acreditavam que para aperfeiçoarem uma determinada área, tinham de sacrificar uma ou mais áreas. Por exemplo, de modo a diminuir o tempo de entrega do produto ao cliente, contratavam-se mais colaboradores, aumentando os custos. O sistema era forçado a ser mais rápido, sem estar devidamente preparado, na ânsia de enviar no menor tempo possível o produto ao cliente, sendo a sua qualidade afetada.

O novo paradigma da gestão diz que o ganho de performance obtido numa área, resulta de ganhos de performance noutras áreas. Por exemplo, para diminuir o tempo de entrega do produto ao cliente é necessário reduzir e/ou eliminar retrabalhos, sucata e outros desperdícios do processo produtivo, resultando numa melhor qualidade do produto e baixos custos de produção.

As organizações orientaram a sua estratégia de melhoria contínua para a utilização de duas importantes metodologias:

- O *Lean* (produção magra, sem desperdício) foca-se na redução ou eliminação de desperdícios do tempo de ciclo.
- O *Six-Sigma* (seis sigma ou seis desvios padrão) foca-se na redução das variações do processo, na melhoria da qualidade e na redução de custos, utilizando ferramentas estatísticas.

O *Lean Six-Sigma* combina o benefício e o poder destas duas estratégias, que se complementam e fornece um conjunto de métodos que possibilitam a redução das variações do processo, eliminação de desperdícios e redução dos tempos de entrega (El-Haik & Al-Aomar, 2006).

### 3.1.1. *Six Sigma*

O *Six-Sigma* foi desenvolvido e aplicado, pela primeira vez, na década de 1980 pela Motorola.

Esta filosofia consiste na implementação rigorosa de princípios e técnicas de qualidade, procurando atingir um nível de performance nos processos sem a existência de erros nos produtos. Esta filosofia não é apenas aplicável aos processos produtivos, mas sim transversal a todos os processos de gestão de negócio das organizações. Todos os intervenientes devem estar envolvidos e sensibilizados para a filosofia, criando-se uma mentalidade global orientada para os princípios *Six-Sigma* (Pyzdek e Keller, 2010)

### 3.1.2. Metodologia *DMAIC*

Uma das metodologias mais utilizadas para a redução de problemas e melhoria contínua é a estrutura *DMAIC* (*Define; Measure; Analyze; Improve; Control*). Na Tabela 3 são apresentadas as cinco etapas deste método (Pyzdek & Keller, 2010):

*Tabela 6 - Etapas da metodologia DMAIC*

|                |   |
|----------------|---|
| <b>DEFINE</b>  | <b>Definir</b> o problema, o objetivo do projeto e os benefícios esperados;<br>Definir a equipa de trabalho   |
| <b>MEASURE</b> | <b>Medir</b> o desempenho do sistema atual;<br>Devem ser apresentadas as potenciais causas do problema.   |
| <b>ANALYSE</b> | <b>Analisar</b> do desempenho do sistema de modo a eliminar as lacunas entre a performance atual do processo e o objetivo pretendido;<br>Analisar as potenciais causas priorizadas na fase <i>MEASURE</i> , medindo-as e identificando quais as causas raiz do problema.  |
| <b>IMPROVE</b> | <b>Melhorar</b> o sistema;<br>Identificar os pontos críticos de melhoria e sugerir ações corretivas para os mesmos.<br>Posteriormente, essas ações devem ser validadas e implementadas.   |
| <b>CONTROL</b> | <b>Controlar</b> o novo sistema;<br>Envolve todas as ações de controlo que serão usadas para controlar a nova configuração do processo melhorado, onde se destacam os planos de controlo e os planos de inspeção.<br>Esta fase serve de suporte à verificação da eficácia das ações corretivas implementadas na fase <i>IMPROVE</i> . |

### 3.1.3. Tipos de Desperdício

O conceito de desperdício, com a sua origem na palavra japonesa *Muda*, é toda e qualquer atividade que consome recursos, mas que não acrescenta valor, mas sim tempo e custos. *Muda* é aquilo que cobramos, indevidamente, ao cliente e que este não está disposto a pagar (Womack & Jones, 2003)

Segundo Pinto (2014), mais de 95% do tempo de uma organização é despendido na realização de atividades que não criam valor, podendo dividir-se em:

- Puro desperdício – as atividades que não adicionam valor, devendo ser eliminadas. Podem representar cerca de 65% do desperdício das organizações;
- O desperdício necessário – embora não acrescente valor, estas atividades têm de ser realizadas.

Segundo Taiichi Ohno (1988), existem sete tipos de desperdícios, nomeadamente:

- **Excesso de produção ou sobreprodução:** produção em quantidades superiores ao requerido, antes de ser necessário, podendo gerar excessos de stock;
- **Tempo de Espera:** períodos de inatividade devido a avarias, falta de materiais, espera por ordens ou problemas de layout;
- **Transporte:** um transporte é qualquer movimentação de pessoas ou bens. Como é uma atividade que não acrescenta valor, devem ser eliminados todos os transportes desnecessários;
- **Excesso de processamento:** executar processos que não adicionem valor ao produto;
- **Stocks:** consiste na posse de matérias-primas, produto semiacabado ou acabado, consequência do excesso de produção;
- **Movimentação:** deslocações excessivas de pessoas ou máquinas que não acrescentem valor ao produto, provocadas por falta de organização ou devido à falta de adaptação do layout às deslocações requeridas;
- **Defeitos:** a produção de peças defeituosas aumenta os custos de fabrico e revela problemas de qualidade, processamento ou baixo desempenho.

## 3.2. SMED

A metodologia SMED foi concebida ao longo de 19 anos, entre os anos 50 e 60, por Shigeo Shingo.

No desenvolvimento desta metodologia distinguem-se três etapas. O primeiro grande momento ocorreu em 1950, na cidade de Hiroshima, na empresa *Mazda Toyo Kogyo*. Ao analisar a troca de matrizes de uma prensa, Shingo identificou e classificou dois tipos de *setup*: o *setup* interno (IED – *Internal Exchange of Die*) engloba o

conjunto de atividades que só podem ser realizadas quando a máquina está parada e o *setup* externo (OED – *Outer Exchange of Die*) abrange o conjunto de operações que podem ser realizadas quando a máquina está em funcionamento.

A segunda etapa ocorreu em 1957, na empresa *Mitsubishi Heavy Industries*, onde Shingo realizou uma análise do processo produtivo. Nesta análise foi realizada a duplicação de ferramentas para que o *setup* fosse realizado separadamente, gerando um aumento de produtividade na ordem dos 40%.

A terceira e última etapa ocorreu na *Toyota Motors Company*, em 1969, onde existia uma prensa de 1.000 toneladas, que necessitava de quatro horas para cada mudança de *setup*., enquanto que uma prensa similar na *Volkswagen*, necessitava apenas de duas horas. Inicialmente, Shingo conseguiu reduzir esse tempo para 90 minutos, apenas com a distinção de operações internas e externas, contudo a direção da Toyota exigiu uma redução de tempo mais elevada. Surgiu assim, o conceito de conversão do *setup* interno em *setup* externo, ou seja, a transferência de algumas atividades realizadas quando a máquina está parada para o momento em que está em funcionamento, e assim, conseguiram reduzir o tempo de *setup* para apenas três minutos.

Posteriormente, a metodologia SMED, foi implementada em todas as empresas do grupo *Toyota* e continuou a evoluir como uma das principais ferramentas da *Toyota Production System* (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007).

A metodologia SMED, baseia-se em conceitos teóricos e técnicos para a execução de mudança de ferramenta, em menos de dez minutos. Quando não é possível reduzir o tempo de *setup* para menos de dez minutos, esta metodologia garante reduções significativas.

O tempo de *setup* de uma máquina corresponde ao espaço temporal desde a produção da última peça boa do lote, até à produção da primeira peça boa do lote seguinte (The Productivity Press Development Team, 1996).

Como exemplo, pode citar-se:

*“Single-minute setup is popularly known as the SMED system, SMED being an acronym for Single-Minute Exchange of Die. The term refers to a theory and techniques for performing setup operations in under ten minutes, i.e., in a number of minutes expressed in a single digit. Although not every setup can literally be completed in single-digit minutes, this is the goal of the system described here, and it can be met in a surprisingly high percentage of cases. Even where it cannot, dramatic reductions in setup time are usually possible.”* (Shingo, 1985).

The Productivity Press Development Team (1996) refere que a aplicação da metodologia SMED, além de se traduzir na diminuição dos custos de paragem do equipamento, devido às reduções de tempo, tem diversos benefícios:

- Aumento da flexibilidade;
- Entregas mais rápidas;
- Melhor qualidade;

- Maior produtividade;
- Maior disponibilidade das máquinas;
- Simplificação das tarefas no local de trabalho, traduzindo-se num processo de troca de ferramenta mais fácil e mais seguro;
- Redução dos erros de *setup*;
- Redução de *stocks*.

### 3.2.1. Implementação da Metodologia SMED

A figura 9 apresenta a representação figurada do SMED, contendo as etapas conceptuais e as suas respectivas técnicas.

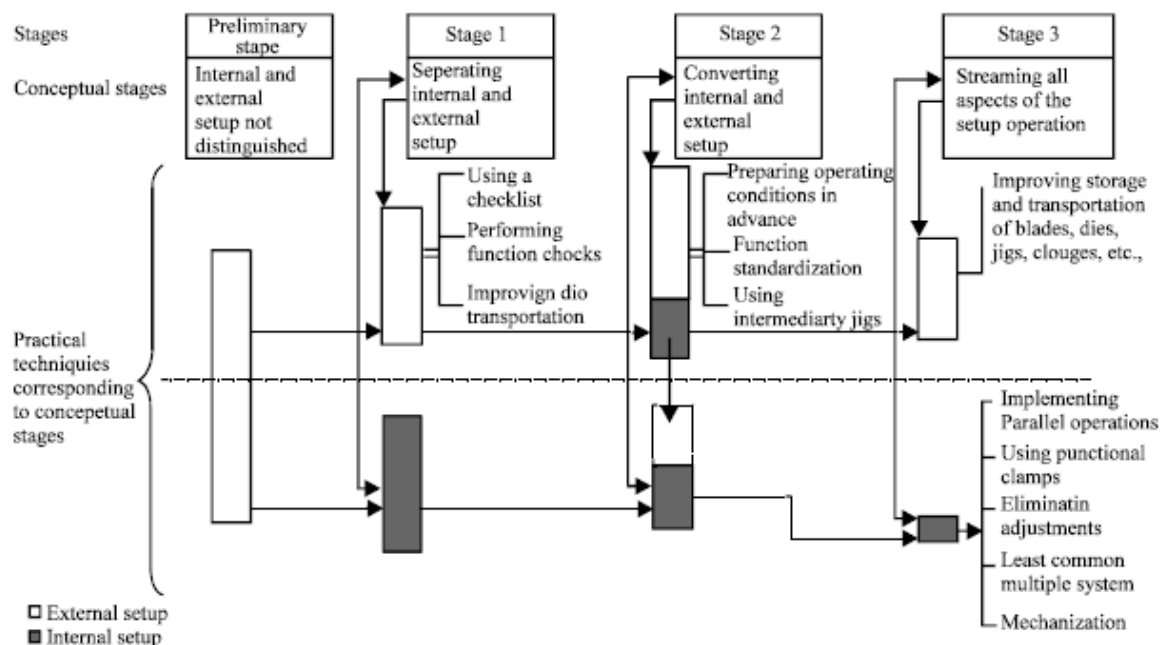


Figura 9 - SMED (Shingo, 1985)

#### → **Etapa preliminar: O *setup* interno e externo não se distinguem**

É feita uma análise à situação atual, através da medição dos tempos das atividades realizadas durante o *setup* e recolhendo informação relativamente ao processo, através de entrevistas e observações, complementando com análise de filmagens das operações.

#### → **Etapa 1: Distinção das atividades internas e externas**

Esta fase corresponde à organização de todas as atividades de *setup*, classificando-as e separando-as em internas e externas. Segundo Shingo (1985), esta etapa é responsável pela redução dos tempos de *setup* de 30 a 50%.

#### → **Etapa 2: Conversão de *setup* interno em *setup* externo**

Classificação das atividades de *setup* de modo a converter o máximo de atividades internas em externas.

→ **Etapa 3: Melhoria contínua de cada operação básica do *setup* interno e externo**

Esta última etapa tem como objetivo otimizar e simplificar as operações.

## 4. FASE *DEFINE* – DMAIC

Neste capítulo será descrito o problema e apresentada a situação existente em 2018. É também definida a equipa de trabalho que dará suporte ao estudo e o plano de trabalho.

### 4.1. Definição do Problema

O departamento de qualidade da *Brose* é responsável por auditar 3 *car-sets* por turno, ou seja, 12 variantes (tabela 5), de acordo com o acordo predefinido. Um *car-set* é constituído pela porta dianteira esquerda (*Front LH*), pela porta dianteira direita (*Front RH*), pela porta traseira esquerda (*Rear LH*) e pela porta traseira direita (*Rear RH*), tal como mostra a figura 12. São auditadas 3 peças por cada variante, dependendo do tipo de fechaduras e respetivas funções.

O laboratório não tem capacidade para realizar todas as auditorias ao produto durante o turno.

*Figura 15 - Representação do conceito car-set*

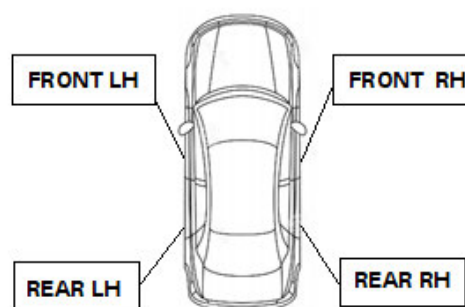


Tabela 7 - Variantes/frequência de auditorias ao módulos da Ford

| Projeto      | Frequência |          |         |         |
|--------------|------------|----------|---------|---------|
|              | FRONT RH   | FRONT LH | REAR LH | REAR RH |
| <b>C520</b>  | 3 peças    | 3 peças  | 3 peças | 3 peças |
| <b>CD391</b> | 3 peças    | 3 peças  | 3 peças | 3 peças |
| <b>V408</b>  |            |          | 3 peças | 3 peças |
| <b>C344</b>  |            |          | 3 peças | 3 peças |

A tabela 8 mostra o número de auditorias mensais, por projecto, em 2018. Foram realizadas 3.130 auditorias ao produto, ou seja, foram auditadas 9.390 peças.

Tabela 8 - Número de auditoria ao produto realizadas em 2018

|                  | <b>C344</b> | <b>C520</b> | <b>CD391</b> | <b>V408</b> | <b>Total</b> |
|------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Janeiro</b>   | 13          | 73          | 14           | 15          | <b>115</b>   |
| <b>Fevereiro</b> | 6           | 101         | 24           | 22          | <b>153</b>   |
| <b>Março</b>     | 5           | 67          | 15           | 20          | <b>107</b>   |
| <b>Abril</b>     | 29          | 123         | 81           | 59          | <b>292</b>   |
| <b>Mai</b>       | 52          | 170         | 103          | 75          | <b>400</b>   |
| <b>Junho</b>     | 49          | 171         | 92           | 69          | <b>381</b>   |
| <b>Julho</b>     | 30          | 143         | 98           | 62          | <b>333</b>   |
| <b>Agosto</b>    | 45          | 90          | 52           | 38          | <b>225</b>   |
| <b>Setembro</b>  | 32          | 150         | 111          | 62          | <b>355</b>   |
| <b>Outubro</b>   | 18          | 135         | 82           | 57          | <b>292</b>   |
| <b>Novembro</b>  | 33          | 140         | 107          | 54          | <b>334</b>   |
| <b>Dezembro</b>  | 0           | 78          | 41           | 24          | <b>143</b>   |
| <b>Total</b>     | <b>312</b>  | <b>1441</b> | <b>820</b>   | <b>557</b>  | <b>3130</b>  |

## 4.2. Processo de Auditoria

A função elétrica dos módulos de fecho é testada nas *test boxes* [1] e na máquina de auditorias ao produto – UTS LMM (*Universal Test System Latch Mini Modules*) [4] é medida a força de abertura e de fecho pelo puxador interior/exterior e o deslocamento de abertura interior/exterior.

O audite é efetuado em estruturas (*gabarit*) [2] que simulam o *routing* dos cabos no veículo, cuja posição influencia o valor das medições (*travel and effort*).

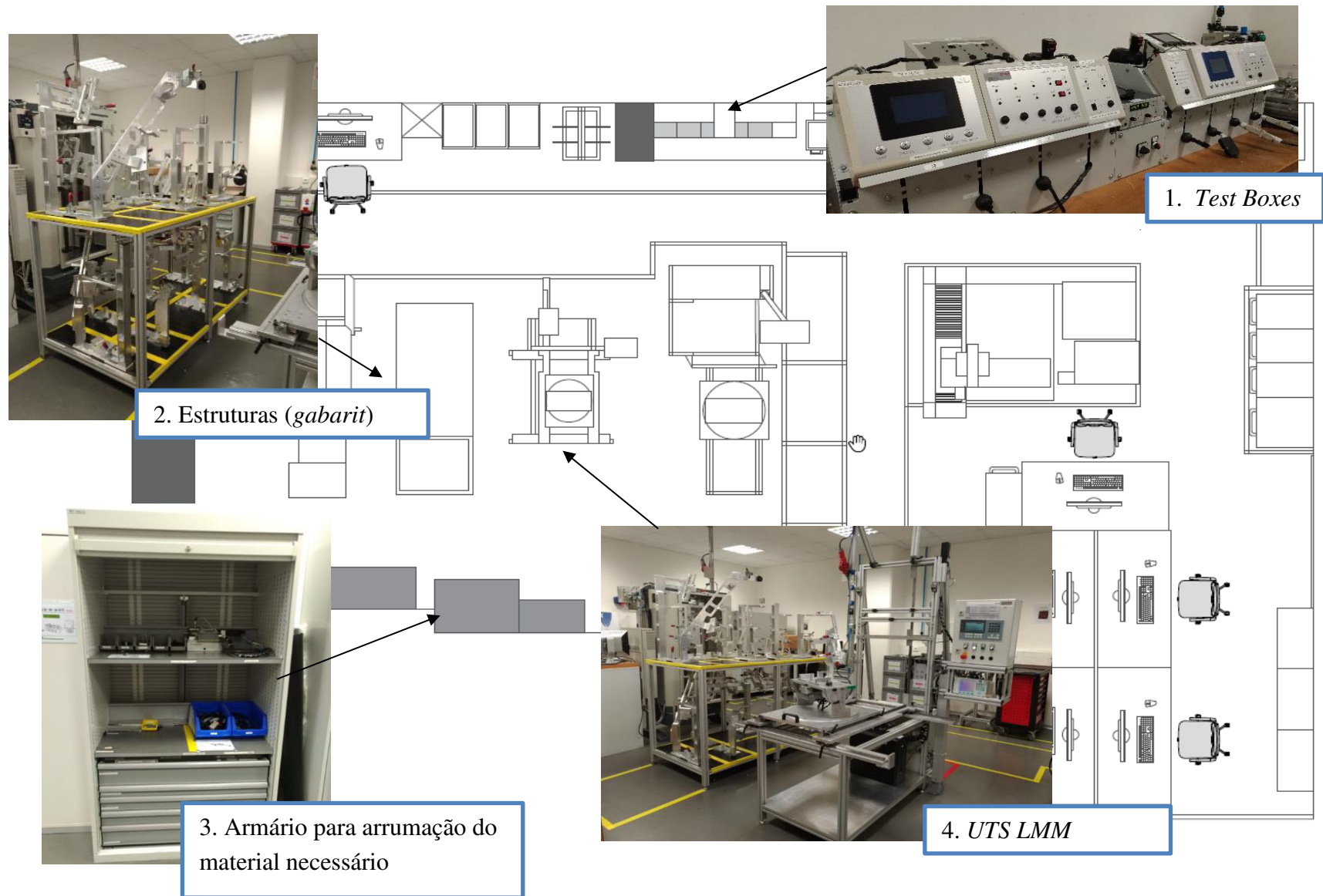


Figura 16 - Layout do laboratório e localização dos equipamento utilizado no processo de auditoria

### **4.3. Definição da Equipa de Trabalho**

A equipa que conduziu este projeto é composta pelos seguintes elementos:

- Inês Ferreira – Orientada pelo Engenheiro Marco Matos (Diretor da Qualidade), assumiu a recolha e tratamento de dados;
- Samuel Pacheco (Técnico do Laboratório) – Realizou todas as auditorias ao produto;
- Steve Simões (Multimédia) – Filmou todas as auditorias ao produto;
- Empresa externa responsável pelas alterações na máquina de auditorias ao produto
- Equipa do laboratório – Realizou todas as alterações no layout do laboratório;
- Paulo Soares (Diretor Financeiro) – Fez a análise de potenciais investimentos.

### **4.4. Definição do Plano de Trabalho**

Como referido anteriormente, este projecto foi desenvolvido segundo a estrutura *DMAIC*, tendo sido iniciado em maio de 2018 e concluído em fevereiro de 2019.

**D** – O primeiro passo consiste em definir, com detalhe, o problema, apresentando toda a situação inicial, nomeadamente o número de auditorias ao produto da Ford, o *layout* do laboratório e os equipamentos necessários. Além disso, é constituída a equipa de trabalho que dará seguimento ao projecto.

**M** – Através do diagrama esparguete são mapeados todos as movimentações durante a realização dos testes; são gravados vídeos dos testes e documentadas todas as tarefas e o respetivo tempo.

**A** – Na fase *analyse* é apresentado o plano de melhoria previsto para eliminar os desperdícios e é feita a análise do investimento.

**I** – Tendo identificado os alvos de melhoria, são apresentadas todas as otimizações realizadas.

**C** – As melhorias são controladas ao longo do tempo através da realização mensal das LPA's.

## **5. FASE *MEASURE*– DMAIC**

Neste capítulo são apresentadas todas as atividades, material e equipamentos necessários para a realização das auditorias aos módulos. É também apresentada a situação inicial em termos de número de auditorias, tendo como base o projeto C344, devido à dificuldade de movimentação das estrutura de audite deste projeto.

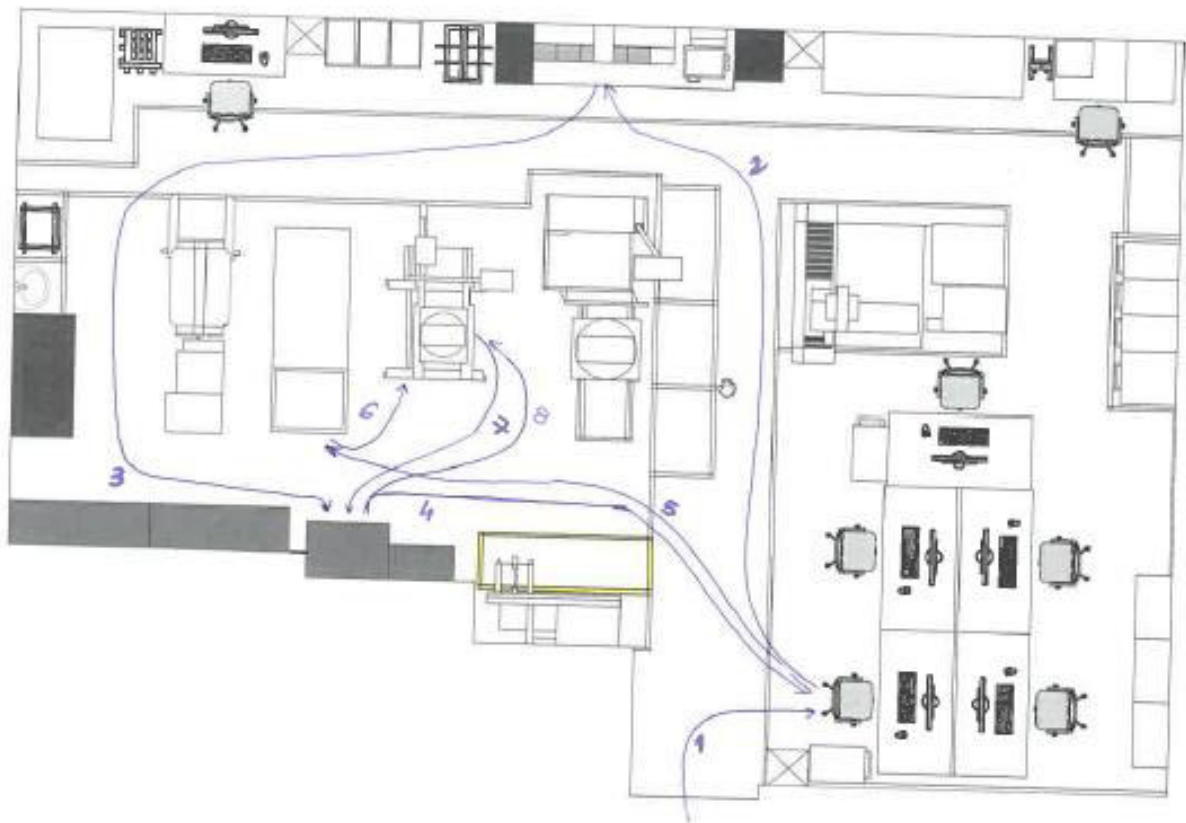
### **5.1. Material Necessário**

Para efectuar as auditorias aos módulos de fecho são necessários os seguintes equipamentos:

- a) *UTS LMM*
- b) *Test boxes*
- c) Estruturas de audites
- d) Chapas
- e) Simuldor de *striker*
- f) Aparafusadora
- g) Puxador
- h) Pinos de medição
- i) Chave nº 8
- j) Conjunto de chaves

## 5.2. Diagrama Esparguete

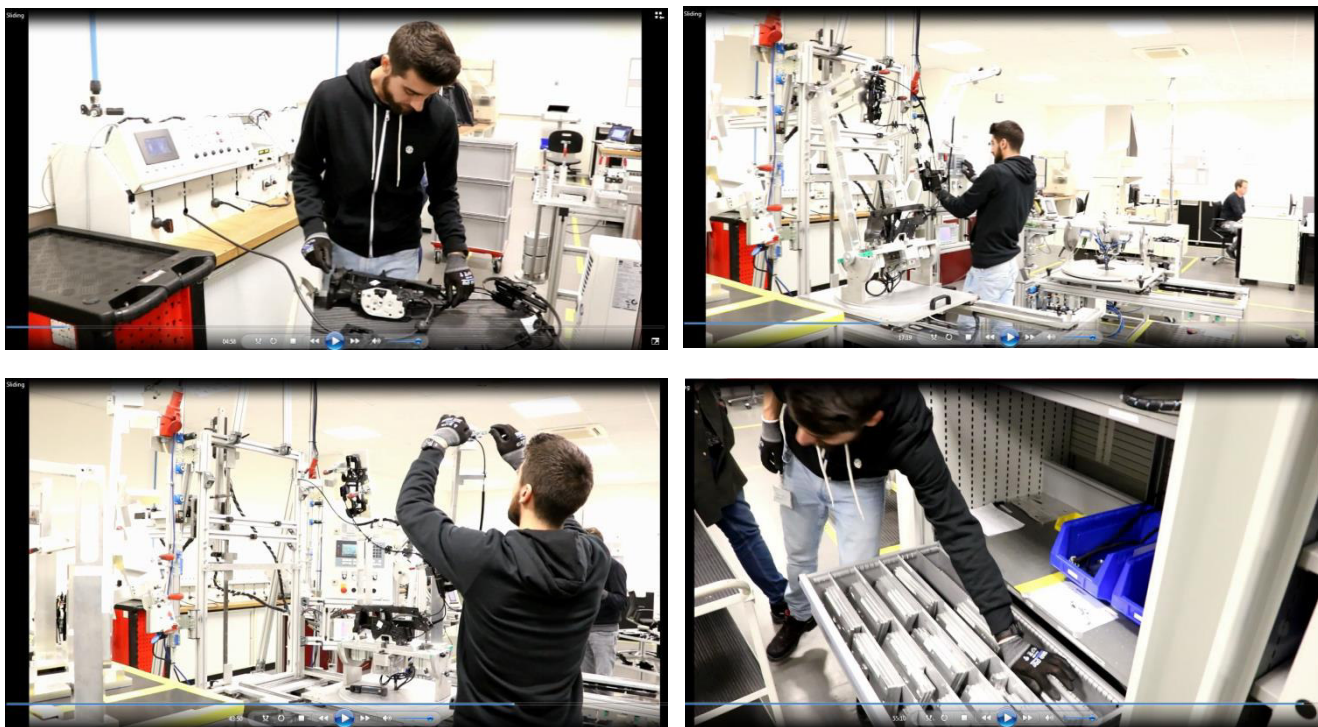
Inicialmente, foram mapeadas todas as movimentações do operador, desde a chegada ao laboratório até à entrega das peças na produção. As deslocações do operador foram sintetizadas e foi atribuído um número ao movimento, de modo a associa-lo à descrição das tarefas (tabela 9).



*Figura 17 - Diagrama esparguete*

### 5.3. Método e Tempos

As auditorias ao produto foram documentadas através de vídeos, facilitando a análise das tarefas realizadas durante os testes.



*Figura 18- Imagens dos vídeos realizados*

Através da análise de vídeos foram listadas todas as tarefas realizadas durante a auditoria e foi determinado o tempo de duração de cada uma delas.

*Tabela 9 - Lista de tarefas e respetiva duração (fase Measure)*

#### Métodos e Tempos

Projeto: C344

| Esparquete | Nº | Descrição das tarefas   | Duração [hh:mm:ss] | Comentários |
|------------|----|---|--------------------|-------------|
| 1          | 1  | Recolha 3 módulos da linha de produção  |                    |             |
| -          | 2  | Abertura do qs-STAT correspondente  | 00:00:26           |             |
| -          | 3  | Audite atributivo: controlo da posição de entrega, integridade e montagem correta | 00:01:10           |             |

|     |    |  |          |   |
|-----|----|--|----------|---|
| 2   | 4  | Transporte das peças até à <i>test box</i>   | 00:00:29 |   |
| -   | 5  | Procura do simulador de <i>striker</i>   | 00:00:07 | Simulador de <i>striker</i> sem localização definida              |
| -   | 6  | Realização do teste elétrico   | 00:04:03 |   |
| -   | 7  | Arrumar o simulador de <i>striker</i>  | 00:00:07 | Simulador de <i>striker</i> sem localização definida              |
| 3   | 8  | Transporte das peças até à UTS LMM   | 00:00:35 |   |
| 4   | 9  | Introdução do resultado do teste eléctrico em qs-STAT  | 00:00:40 |   |
| -   | 10 | Ligar o computador ao PC “TONC20041” – Executar “Putty”, introduzir referência para captura de valores da UTS LMM    | 00:00:23 |   |
| 5/6 | 11 | Fixar a estrutura ( <i>gabarit</i> ) de audite à mesa  | 00:01:23 | Operador necessita de ajudada para colocar a estrutura na máquina |
| 7   | 12 | Fixar a chapa à base do primeiro módulo (módulo1)  | 00:00:55 |   |
| 8   | 13 | Montar o módulo na estrutura de audite, respeitando o <i>routing</i> dos cabos e fixando todas as guias e alavancas. | 00:01:52 |   |
| -   | 14 | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:37 | Operador vai buscar o puxador ao armário                          |
| -   | 15 | Posicionar a célula de carga   | 00:00:47 |   |
| -   | 16 | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:19 |   |
| -   | 17 | Ajustar a posição da mesa e da estrutura   | 00:01:12 |   |
| -   | 18 | Inserir o pino de medição na máquina   | 00:00:24 | Operador vai buscar o pino ao armário                             |
| -   | 19 | Ajustar a posição da mesa e da estrutura   | 00:00:38 |   |
| -   | 20 | Iniciar a medição - abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                              | 00:04:54 |   |
| -   | 21 | Retirar o puxador do <i>bracket</i>  | 00:00:17 |   |
| -   | 22 | Remover o módulo da estrutura de audite  | 00:00:56 |   |
| 7   | 23 | Fixar a chapa à base do 2º módulo (módulo 2)   | 00:00:45 |   |
| 8   | 24 | Montar o módulo na estrutura de audite, respeitando o <i>routing</i> dos cabos e fixando todas as guias e            | 00:01:32 |   |

|   |    |  |          |   |
|---|----|--|----------|---|
|   |    | alavancas.   |          |   |
| - | 25 | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:21 |   |
| - | 26 | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:24 |   |
| - | 27 | Ajustar o pino de medição na máquina   | 00:00:12 |   |
| - | 28 | Iniciar a medição - Abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                              | 00:00:53 |   |
| - | 29 | Retirar o puxador do <i>bracket</i>  | 00:00:15 |   |
| - | 30 | Remover o módulo da estrutura de audite  | 00:00:38 |   |
| 7 | 31 | Fixar a chapa à base do 3º módulo  | 00:00:39 |   |
| 8 | 32 | Montar o módulo na estrutura de audite, respeitando o <i>routing</i> dos cabos e fixando todas as guias e alavancas. | 00:01:21 |   |
| - | 33 | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:26 |   |
| - | 34 | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:22 |   |
| - | 35 | Ajustar o pino de medição na máquina   | 00:00:20 |   |
| - | 36 | Iniciar a medição - Abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                              | 00:00:30 |   |
| - | 37 | Retirar o pino de medição  | 00:00:12 |   |
| - | 38 | Posicionar a estrutura e a mesa  | 00:00:57 |   |
| - | 39 | Medição - Pré ativações manuais pelo cabo interior (puxador interior) (módulo 3)                                     | 00:00:28 | As pré ativações foram realizadas manualmente |
| - | 40 | Posicionar a estrutura e o carro de medição  | 00:00:21 |   |
| 7 | 41 | Procura do pino de medição   | 00:00:13 | Procura do pino de medição no armário         |
| 8 | 42 | Posicionamento da barra (suporte rígido da extremidade do <i>gabari</i> )  | 00:00:14 |   |
| - | 43 | Posicionamento da mesa   | 00:02:06 |   |
| - | 44 | Início do teste - Abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força)                         | 00:00:57 |   |
| - | 45 | Retirar o módulo da estrutura (módulo 3)   | 00:01:00 |   |

|   |    |  |          |   |
|---|----|--|----------|---|
| 7 | 46 | Colocar o módulo na estrutura de audite (módulo 2)   | 00:01:08 |   |
| - | 47 | Posicionar a célula de carga e o mesa  | 00:00:17 |   |
| - | 48 | Início do teste - abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força) | 00:00:54 |   |
| - | 49 | Retirar o módulo da estrutura de audite  | 00:00:33 |   |
| 8 | 50 | Colocar o módulo na estrutura de audite (módulo 1)   | 00:01:01 |   |
| - | 51 | Início do teste - Abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força) | 00:00:59 |   |
| - | 52 | Posicionar a mesa  | 00:00:17 |   |
| - | 53 | Remover a barra (suporte rígido da extremidade do <i>gabarit</i> )                           | 00:00:04 |   |
| 7 | 54 | Procura do conjunto de chaves para remover o peso  | 00:00:16 | Conjunto de chaves sem localização definida |
| 8 | 55 | Remoção do peso  | 00:01:26 |   |
| - | 56 | Posicionar a mesa e da célula de carga   | 00:01:15 |   |
| - | 57 | Início do teste - medição da característica <i>door Stop</i>                                 | 00:00:18 |   |
| - | 58 | Posicionamento da mesa de medição  | 00:00:16 |   |
| - | 59 | Retirar módulo (módulo 1)  | 00:00:24 |   |
| 7 | 60 | Colocar módulo (módulo 2)  | 00:01:01 |   |
| 8 | 61 | Posicionamento da mesa e da célula de carga  | 00:00:34 |   |
| - | 62 | Início do teste - medição da característica <i>door Stop</i>                                 | 00:00:20 |   |
| - | 63 | Posicionamento da mesa de medição  | 00:00:31 |   |
| - | 64 | Retirar o módulo da estrutura  | 00:00:25 |   |
| 7 | 65 | Colocar o módulo na estrutura  | 00:00:54 |   |
| 8 | 66 | Posicionar a mesa e a célula de carga  | 00:00:40 |   |
| - | 67 | Início do teste - medição da característica <i>door Stop</i>                                 | 00:00:25 |   |
| - | 68 | Posicionamento da mesa e da célula de carga  | 00:00:45 |   |

|   |    |                                    |                |  |
|---|----|------------------------------------|----------------|--|
| - | 69 | Retirar o módulo da estrutura      | 00:00:43       |  |
| 7 | 70 | Retirar as chapas dos módulos      | 00:01:55       |  |
| - | 71 | Arrumar todo o material necessário | 00:01:15       |  |
| 8 | 72 | Retirar a estrutura da máquina     | 00:00:22       |  |
| 4 | 73 | Introduzir os valores em qs-STAT   | 00:02:05       |  |
|   |    | <b>TOTAL</b>                       | <b>0:58:23</b> |  |

Cada auditoria ao produto demora 58 minutos e 23 segundos, como resultado de todas as actividades anteriormente descritas na tabela 9. Num turno, em que são produzidas todas as variantes, são realizadas 12 auditorias ao produto. Cada turno tem 7 horas e 40 minutos e os técnicos do laboratório necessitam de 11 horas e 40 minutos para realizar todos os testes, ou seja, o total de auditorias é 52% superior à capacidade instalada por turno no laboratório, para auditar os produtos Ford, daí a necessidade de utilizar o turno da noite para auditar o que não é possível durante os turnos.

Conforme se pode verificar na tabela 10, anualmente, são realizadas cerca de 3.130 auditorias ao produto que se traduzem num total de 3.046 horas, em função dos dados anteriormente apresentados, comprova-se a falta de capacidade, durante os turnos normais, pelo que nesta primeira fase do projeto de melhoria foi definido como objectivo a redução de 20 %, minimizando o impacto das auditorias que transitam para o turno da noite.

*Tabela 10 - Número de auditorias ao produto realizadas em 2018 e tempo total*

|                    | <b>C344</b>      | <b>C520</b>       | <b>CD391</b>     | <b>V408</b>      | <b>Total</b>      |
|--------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| <b>Janeiro</b>     | 13               | 73                | 14               | 15               | 115               |
| <b>Fevereiro</b>   | 6                | 101               | 24               | 22               | 153               |
| <b>Março</b>       | 5                | 67                | 15               | 20               | 107               |
| <b>Abril</b>       | 29               | 123               | 81               | 59               | 292               |
| <b>Mai</b>         | 52               | 170               | 103              | 75               | 400               |
| <b>Junho</b>       | 49               | 171               | 92               | 69               | 381               |
| <b>Julho</b>       | 30               | 143               | 98               | 62               | 333               |
| <b>Agosto</b>      | 45               | 90                | 52               | 38               | 225               |
| <b>Setembro</b>    | 32               | 150               | 111              | 62               | 355               |
| <b>Outubro</b>     | 18               | 135               | 82               | 57               | 292               |
| <b>Novembro</b>    | 33               | 140               | 107              | 54               | 334               |
| <b>Dezembro</b>    | 0                | 78                | 41               | 24               | 143               |
| <b>Total</b>       | 312              | 1441              | 820              | 557              | 3130              |
| <b>Tempo Total</b> | <b>303:35:36</b> | <b>1402:10:23</b> | <b>797:54:20</b> | <b>541:59:31</b> | <b>3045:39:50</b> |



## 6. FASE *ANALYSE* – DMAIC

Neste capítulo, será apresentado o plano de melhoria previsto para eliminar/reduzir desperdícios. Além disso, é feita a análise do investimento necessário para fazer a otimização da UTS LMM.

### 6.1. Plano de melhoria

Após análise do vídeo, foram registadas todas as tarefas com possibilidade de eliminar/reduzir o tempo de execução das mesmas.

Foi contactada uma empresa externa para apresentarmos todas as propostas de melhoria, de modo a analisar a viabilidade e possibilidade de implementação.

*Tabela 11 - Proposta de melhoria para otimização da UTS LMM*

#### PLANO DE MELHORIA

| Tarefa nº                                | Proposta de melhoria   | Custo (€)  |
|--|--|--|
| 5, 7, 12, 14, 18, 23, 31, 41, 54, 70, 71 | Libertação de espaço na máquina para reposicionar as gavetas do armário na UTS LMM | Mudança de posição da torre do PC para a lateral, com suporte específico em inox, a aplicar no perfil técnico da estrutura<br>240,00 € |

|               |   |   |            |
|---------------|---|---|------------|
|               | Colocação de todos os utensílios necessários à realização dos testes na UTS LMM                         | Mudança e integração do módulo de gavetas do armário de arquivo de utensílios da UTS, para o espaço libertado debaixo da mesa rotativa de fixação de gabaris – projeto e execução de caixa externa em inox, específica à aplicação naquele sítio (acesso aos acessórios sem deslocações, menor risco de queda acidental de utensílios durante a deslocação, otimização de tarefas, ergonomia, organização, ganho de espaço físico no laboratório) | 1.760,00 € |
|               | Aproximação da célula de carga do local de troca, minimizando as deslocações com pesos.                 | Suporte específico em inox para a célula de tração de intercâmbio   | 280,00 €   |
| <b>4, 6,8</b> | Integração das <i>test boxes</i> na máquina   | Mudança de posição do quadro elétrico, com aplicação de novos suportes específicos ao perfil técnico da estrutura (otimizar espaço para integrar outros equipamentos próximo daquela posição)   | 420,00 €   |
|               |   | Integrar, próximo do quadro elétrico, as <i>test boxes</i> com os necessários suportes criados para o efeito  | 340,00 €   |
|               |   | Mudar de posição o equipamento Digiswitch 5410, atualmente no posto, para posição mais coerente com a nova disposição dos equipamentos elétricos e eletrónicos naquela área, com suporte criado para o efeito   | 280,00 €   |
|               |   | Incorporar fixação da fonte de alimentação das <i>test boxes</i> na estrutura do posto, em sítio a configurar (o melhor possível, considerando o comprimento dos cabos elétricos e o benefício do <i>layout</i> dos outros equipamentos naquela área)   | 360,00 €   |
| <b>42, 53</b> | Eliminação das peças móveis existentes atualmente para suporte rígido das extremidades do <i>gabari</i> | Criação de peças específicas para suporte rígido das extremidades do gabari de teste de tração dos cabos (atualmente peças móveis, com pouca consistência e de geometria desajustada para a necessidade de precisão dos testes a efetuar – podem mover-se, ou permitir deslocações do gabari durante os ensaios)  | 1.060,00 € |
|               | Redução do comprimento do perfil existente na parte de trás da máquina                                  | Desmontar mecânica para seccionar excedente de perfil de alumínio 90x90 mm na traseira do UTS LMM (suporte da célula de carga da tração), por forma a compactar os contornos do posto e diminuir o risco de contacto/choque de pessoas e equipamentos com aquela extremidade  | 360,00 €   |

|                           |   |   |                   |
|---------------------------|---|---|-------------------|
| <b>45, 46, 49, 50, 55</b> | Facilitar desacoplagem da roldana e do peso   | Nova solução para facilitar a acoplagem e desacoplagem da roldana do cabo e do próprio cabo em dois gabaris – novas peças e novo conceito para facilidade de operação e poupança de tempo | 790,00 €          |
| <b>9</b>                  | Introdução de todos os resultados em qs-STAT no final de todos os testes.   | Alterar instruções de trabalho  | 0,00 €            |
| <b>12, 23, 31</b>         | Aparafusamento de todas as chapas aos módulos de forma sequencial.  | Alterar instruções de trabalho  | 0,00 €            |
| <b>39</b>                 | Pré-ativações realizadas com um pino específico de modo a facilitar e reduzir o tempo de abertura do puxador interior | Alterar instruções de trabalho  | 0,00 €            |
| <b>Investimento Total</b> |   |   | <b>5.890,00 €</b> |

## 6.2. Mudança de Layout

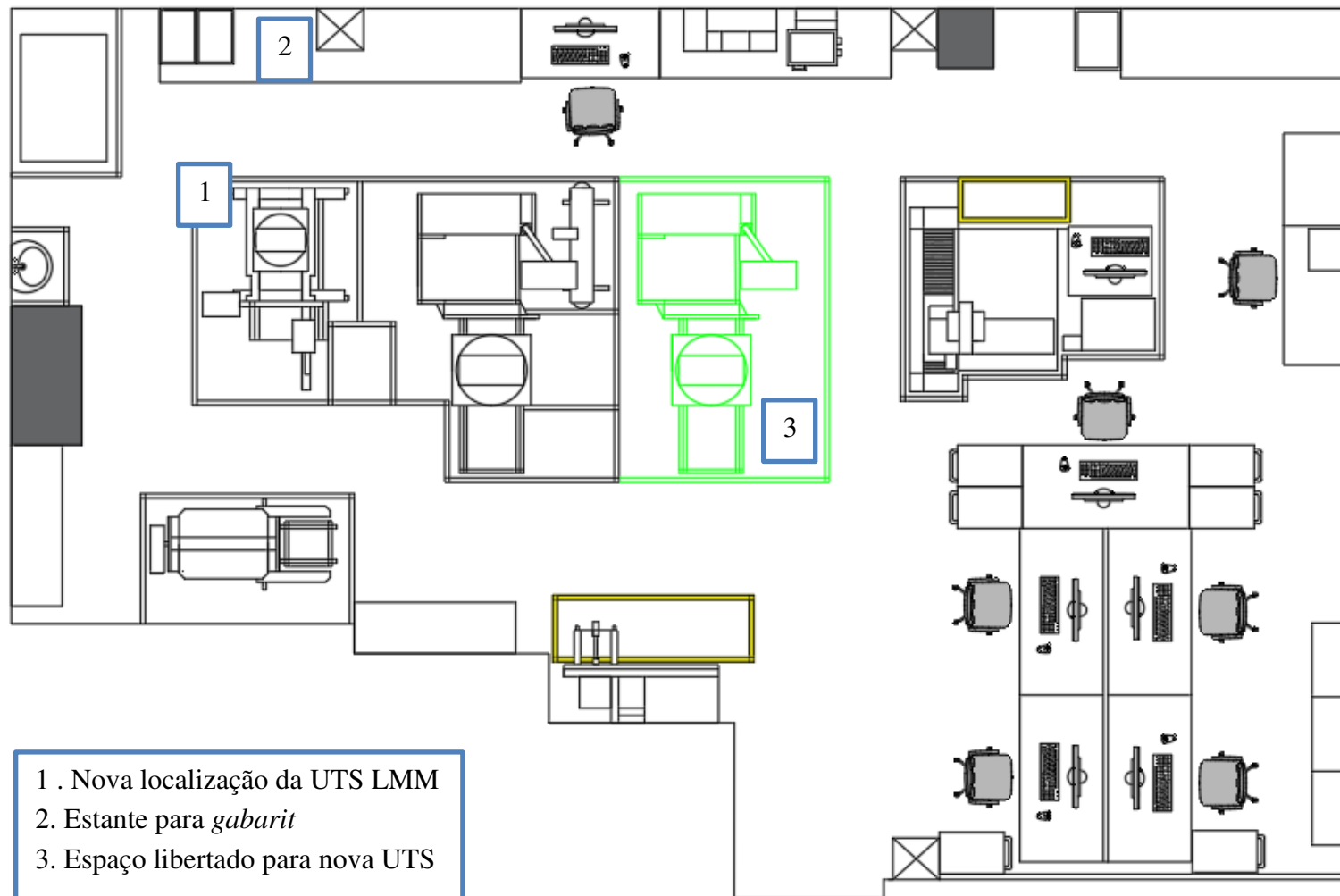
Através do diagrama de esparquete, analisou-se a possibilidade de alteração do layout do laboratório, de modo a reduzir as movimentações. Verificou-se que existe alguma dificuldade de circulação desde a estante onde estão arrumadas as estruturas até à UTS LMM.

Além disso, algumas tarefas realizadas durante as auditorias ao produto apresentam riscos de segurança e ergonómicos para o trabalhador, nomeadamente o transporte das estruturas de audite. Algumas estruturas pesam cerca de 20 kg e o seu design dificulta o seu transporte.

Apenas com a alteração do layout é possível arranjar uma solução para armazenar as estruturas e facilitar o seu transporte até à máquina.

Futuramente, será adquirida uma nova estante para armazenar os *gabarit* e dimensionado um carro elevatório para transportar as estruturas até à UTS LMM sem colocar em risco a segurança do operador.

Com a mudança de layout é possível libertar espaço, para instalar uma nova máquina de auditorias ao produto e deste modo haver possibilidade de aumentar a capacidade do laboratório.



- 1 . Nova localização da UTS LMM
- 2. Estante para gabarit
- 3. Espaço libertado para nova UTS

Figura 19 - Alterações feitas ao layout inicial

### 6.3. Análise do Investimento

A aprovação do investimento necessário para a optimização da máquina de auditorias ao produto, foi conseguida com o suporte do departamento de Finanças e Controlo de Gestão da *Brose*. O pedido de investimento foi fundamentado através da análise custo-benefício (CBA), utilizando o *standard Brose* para análise de investimentos produtivos (ganhos de output). A empresa disponibiliza um *plafond* para este tipo de investimentos.

As figuras 19, 20 e 21 foram retiradas do ficheiro de cálculo da *Brose*.

Index 115



| Cost Benefit Analysis              |   | yellow fields are input or selection fields |            |  |  |     |         |
|------------------------------------|---|---|------------|---|---|-----|---------|
| Project name                       | TON - UTS Retrofit Ford   |   |            |   |   |     |         |
| BBC Status                         | Single Procurement  |   |            |   |   |     |         |
| Project No./ IP- No.               |   |   |            |   |   |     |         |
| Applicant                          | TON Plant   |   |            |   |   |     |         |
| Controller                         | soarepa   | Date of issue                               | 16-01-2019 |   |   |     |         |
| Start of project                   | Month   | 1   | Year       | 2019  | Planning period   | 6,0 | Year(s) |
| Description and reasons of measure | <p>1) Justification for the Investment:</p> <p>1.1. Current capacity for Ford Latch Mini Modules (CD391, C344, C520 and V408), with 3 car-sets per project to be audited during each shift, available operator time is 7 hours and 40 minutes per shift (460 minutes per shift), with the need of having one full-time allocated to Ford product audits, but not sufficient, since the necessary capacity, according shift product audit plan is 11 hours and 40 minutes per shift (700 minutes per shift) which is 34% above current capacity for one person;</p> <p>1.2 Inside the efficiency project based on Tondela business plan for the laboratory, was decided to reduce the amount of time spent to make this product audits, adopting Lean Manufacturing methods (SMED) to map the current audit process and check for improvement opportunities to reduce the time needed.</p> <p>1.3 Project targets: release capacity from the GKL and machine for other projects and activities, by optimizing current method</p> |   |            |   |   |     |         |
| result effectiveness               | direct  |   |            |   |   |     |         |

Figura 20 – Descrição da motivação do investimento

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Return on Capital Employed (ROCE)</b> | <b>&gt; 40 %</b>  | Target: $\geq 20\%$ ; Values $\geq 40\%$ will not be shown in detail                                   |
| <b>Return on Total Expenditure</b>       | <b>5,4 %</b>  | Target: $\geq 20\%$ ; Values $\geq 40\%$ will not be shown in detail                                   |
| <b>Payback period</b>                    | <b>&lt; 1 Year(s)</b>   | Target: $\text{payback} \leq \frac{1}{2} \text{ period}$ ; Values $\leq 1$ will not be shown in detail |
| <b>Ø Profit p.a.</b>                     | <b>2.403 EUR</b>  | Target: $> 0$  |
| <b>Risks</b>                             | No risk for Brose, since is an optimization (time reduction) keeping the control methods under the customer agreement   |  |
| <b>Book value at the end of project</b>  | <b>1.465 EUR</b>  |  |
| <b>Potentials</b>                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduce audit time by eliminating motions from the operator</li> <li>2. Perform mechanical and electrical checks simultaneously</li> <li>3. Release capacity from current Ford UTS (more projects, warranty analysis, etc.) without the need of new machine investment, as well from operator that no longer needs to be full-time dedicated to Ford product audits</li> <li>4. Maintenance and calibration costs reduced</li> </ol> |  |
| <b>Comment / Remark</b>                  | Productive investment since represents a reduction of the time needed to performance the product testing. Even if the Return on Total Expenditure is below the target, we believe that the merit of this project is very high and it will allow us interesting savings to be included in RACE Program. Kindly request your approval for "Pool" Ratio.   |  |

Figura 21 - Cálculo do retorno do investimento

### Cost Benefit Analysis

#### Basic data

Project-/Input currency

| Current scenario                          |               |       |                     |              | Target scenario                           |               |       |                       |              |
|---|---------------|-------|---------------------|--------------|---|---------------|-------|-----------------------|--------------|
| <b>Investment:</b>                        |               |       |                     |              | <b>Investment:</b>                        |               |       |                       |              |
| Activation                                | Depr.         |       |                     |              | Activation                                | Depr.         |       |                       |              |
| MM  | YYYY          | Years | Specification       | Amount [EUR] | MM  | YYYY          | Years | Specification         | Amount [EUR] |
|   |               |       |                     |              | 01  | 2019          | 8     | Retrofit UTS FORD LMM | 5.860        |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
| $\Sigma$ Project-/Input currency          |               |       |                     | 0 EUR        | $\Sigma$ Project-/Input currency          |               |       |                       | 5.860 EUR    |
| $\Sigma$ Group currency                   |               |       |                     | 0 EUR        | $\Sigma$ Group currency                   |               |       |                       | 5.860 EUR    |
| <b>Project costs - internal/external:</b> |               |       |                     |              | <b>Project costs - internal/external:</b> |               |       |                       |              |
| Date                                      |               |       | internal / external | Amount [EUR] | Date                                      |               |       | internal / external   | Amount [EUR] |
| YYYY                                      | Specification |       |                     |              | YYYY                                      | Specification |       |                       |              |
| 2019                                      | Personal cost |       | int.                | 36.540       | 2019                                      | Personal cost |       | int.                  | 27.612       |
| 2020                                      | Personal cost |       | int.                | 20.307       | 2020                                      | Personal cost |       | int.                  | 15.339       |
| 2021                                      | Personal cost |       | int.                | 20.917       | 2021                                      | Personal cost |       | int.                  | 15.799       |
| 2022                                      | Personal cost |       | int.                | 17.558       | 2022                                      | Personal cost |       | int.                  | 13.270       |
| 2023                                      | Personal cost |       | int.                | 7.307        | 2023                                      | Personal cost |       | int.                  | 5.524        |
| 2024                                      | Personal cost |       | int.                | 7.526        | 2024                                      | Personal cost |       | int.                  | 5.690        |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |
|   |               |       |                     |              |   |               |       |                       |              |

Figura 22 - Dados do cenário actual (caso de estudo) e futuro após investimento

As regras internas Brose definem que este tipo de investimento produtivo tem que ter um *Return on Total Expenditure* superior a 20%. Como o *payback* é inferior a um ano a Brose aprovou o investimento em função do ROCE (*Return on Capital Employed*), eliminando de forma indireta as horas extraordinárias necessárias para a realização dos testes.

Importa referir que este cálculo foi realizado pelo Diretor Financeiro da Brose Tondela, Dr. Paulo Soares, tendo a equipa de trabalho suportado com todos os dados para preenchimento da situação atual e futura.

## 6.4. Plano de Execução

Após a aprovação do investimento passou-se de imediato à implementação das propostas de melhoria sugeridas. Na tabela 12, encontra-se representado o plano de execução.

*Tabela 12 - Plano de execução*

| Atividades          |  | Recursos Envolvidos                 |                       |
|---------------------|--|-------------------------------------|-----------------------|
| Alteração do Layout | Recolha de todas as dimensões do laboratório | Inês Ferreira                       | <b>Dezembro 2018</b>  |
|                     | Desenho da proposta de layout                | Inês Ferreira                       |                       |
|                     | Mudança das máquinas                         | Equipa do laboratório<br>Manutenção | <b>14/01/2019</b>     |
| Calibrações         | Calibração das máquinas movidas              | Laboratórios de calibração externos | <b>18/01/2019</b>     |
| Otimização da UTS   |  | Empresa Externa                     | <b>Fevereiro 2019</b> |



## **7. FASE *IMPROVE* – DMAIC**

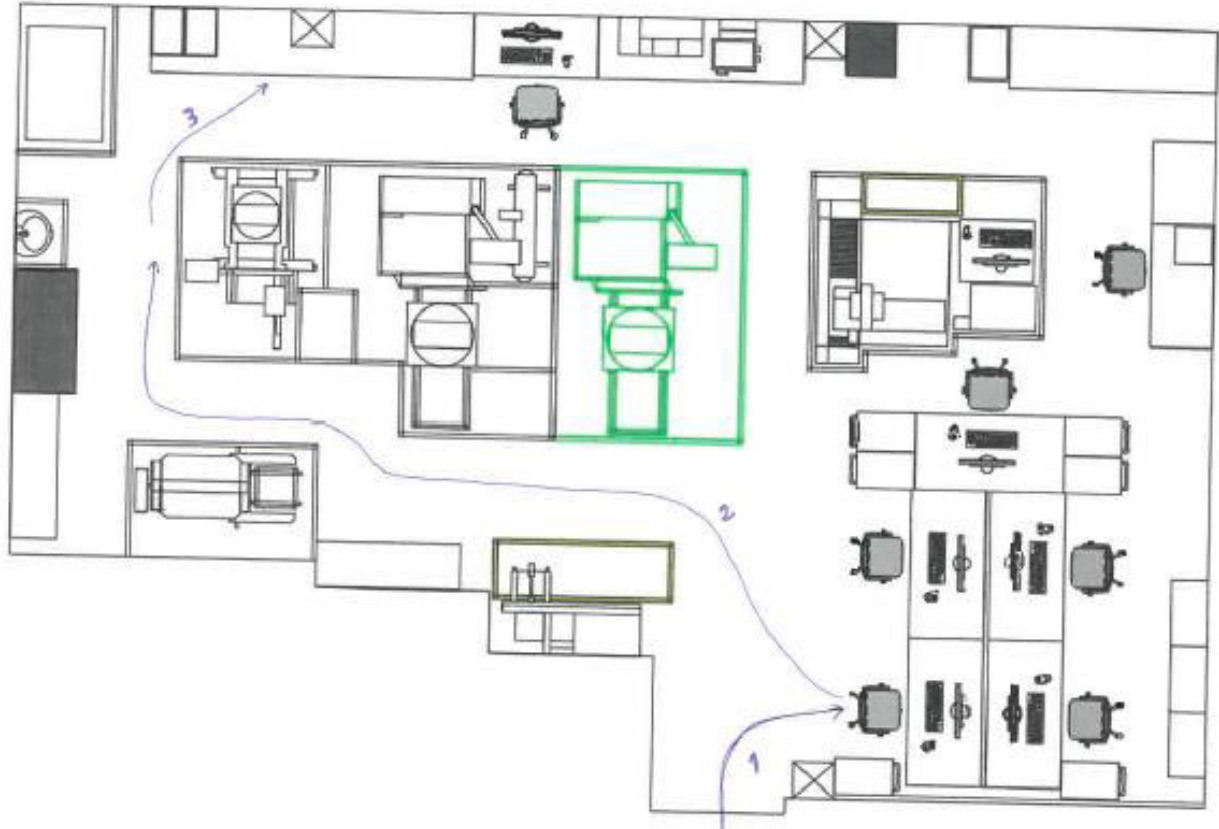
Nesta fase do trabalho são implementadas as propostas de melhoria, sendo posteriormente validada a sua implementação.

Foram realizadas todas as alterações de layout, dentro do prazo estipulado, de modo a serem realizadas as calibrações das máquinas nas datas agendadas.

Após a alteração de layout foram realizadas novas auditorias ao produto à semelhança da fase *Measure*, descrita no capítulo 5.

## 7.1. Diagrama esparguete

Após a alteração do layout do laboratório, foram mapeados todos os movimentos do operador, à semelhança do capítulo 5, verificando-se uma diminuição significativa de movimentos durante a auditoria ao produto.



*Figura 23 - Diagrama esparguete após alteração do layout*

## 7.2. Métodos e Tempos

Através da análise de vídeos foram listadas todas as tarefas realizadas durante a auditoria e foi determinado o tempo de duração de cada uma delas.

Tabela 13 - Listagem das tarefas e tempos após otimização da máquina e alteração de layout

### Métodos e Tempos

Projeto: C344

| Esparguete | Nº | Descrição das tarefas  | Duração [hh:mm:ss] |
|------------|----|--|--------------------|
| 1          | 1  | Recolha 3 módulos da linha de produção   |                    |
| -          | 2  | Abertura do qs-STAT correspondente   | 00:00:31           |
| -          | 3  | Audite Atributivo: controlo posição de entrega, integridade e montagem correta   | 00:01:10           |
| -          | 4  | Ligar o computador ao PC “TONC20041” – Executar “Putty”, introduzir referência para captura de valores medidos.        | 00:00:28           |
| 2          | 5  | Realização do teste elétrico   | 00:01:15           |
| 3          | 6  | Fixar a estrutura de audite à mesa   | 00:02:00           |
| 4          | 7  | Fixar todas as chapas às bases dos módulos   | 00:00:45           |
| -          | 8  | Montar o módulo 1 na estrutura de audite, respeitando o <i>routing</i> dos cabos e fixando todas as guias e alavancas. | 00:01:57           |
| -          | 9  | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:25           |
| -          | 10 | Posicionar a célula de carga   | 00:00:47           |
| -          | 11 | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:19           |
| -          | 12 | Ajustar a posição da mesa e da estrutura   | 00:01:17           |
| -          | 13 | Inserir o pino de medição na máquina   | 00:00:13           |
| -          | 14 | Ajustar a posição da mesa e da estrutura   | 00:00:38           |
| -          | 15 | Iniciar a medição - Abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                                | 00:04:54           |
| -          | 16 | Retirar o puxador do <i>bracket</i>  | 00:00:17           |
| -          | 17 | Remover o módulo 1 da estrutura de audite  | 00:00:56           |

|    |           |  |          |
|----|-----------|--|----------|
| -  | <b>19</b> | Montar o módulo 2 na estrutura de audite, respeitando o routing dos cabos e fixando todas as guias e alavancas.        | 00:01:37 |
| -  | <b>20</b> | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:21 |
| -  | <b>21</b> | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:29 |
| -  | <b>22</b> | Ajustar o pino de medição na máquina   | 00:00:12 |
| -  | <b>23</b> | Iniciar a medição - Abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                                | 00:00:53 |
| -  | <b>24</b> | Retirar o puxador do <i>bracket</i>  | 00:00:15 |
| -  | <b>25</b> | Remover o módulo 2 da estrutura de audite  | 00:00:38 |
| -  | <b>27</b> | Montar o módulo 3 na estrutura de audite, respeitando o <i>routing</i> dos cabos e fixando todas as guias e alavancas. | 00:01:26 |
| -  | <b>28</b> | Colocar o puxador no <i>bracket</i>  | 00:00:26 |
| -  | <b>29</b> | Iniciar o teste - 10 pré ativações manuais pelo puxador exterior   | 00:00:22 |
| -  | <b>30</b> | Ajustar o pino de medição na máquina   | 00:00:25 |
| -  | <b>31</b> | Iniciar a medição - abertura pelo puxador exterior (medição do deslocamento e da força)                                | 00:00:30 |
| -  | <b>32</b> | Retirar o pino de medição  | 00:00:17 |
| -  | <b>33</b> | Posicionar a estrutura e a mesa  | 00:00:57 |
| -  | <b>34</b> | Medição - pré ativações manuais pelo cabo interior (puxador interior) (módulo 3)                                       | 00:00:12 |
| -  | <b>35</b> | Posicionar a estrutura e o carro de medição  | 00:00:26 |
| -  | <b>36</b> | Procura do pino de medição   | 00:00:03 |
| -  | <b>37</b> | Posicionamento da mesa   | 00:02:06 |
| -  | <b>38</b> | Início do teste - abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força)                           | 00:00:57 |
| -  | <b>43</b> | Remoção do peso  | 00:00:03 |
| -  | <b>44</b> | Posicionar a mesa e carro  | 00:01:20 |
| -  | <b>45</b> | Início do teste - Medição característica <i>door Stop</i>  | 00:00:18 |
| -- | <b>47</b> | Retirar módulo (módulo 3)  | 00:00:24 |
|    | <b>48</b> | Colocar o módulo 2 na estrutura de audite  | 00:01:01 |

|     |           |  |                 |
|-----|-----------|--|-----------------|
| -   | <b>39</b> | Posicionar a mesa e a célula de carga  | 00:00:17        |
| -   | <b>40</b> | Início do teste - Abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força) | 00:00:54        |
| -   | <b>43</b> | Remoção do peso  | 00:00:03        |
| -   | <b>49</b> | Posicionamento da mesa e do carro  | 00:00:34        |
| -   | <b>50</b> | Início do teste – medição da característica <i>door stop</i>                                 | 00:00:20        |
| -   | <b>42</b> | Posicionar a mesa  | 00:00:17        |
| -   | <b>52</b> | Retirar o módulo 2 da estrutura  | 00:00:25        |
| -   | <b>53</b> | Colocar o módulo 1 na estrutura  | 00:00:54        |
| -   | <b>51</b> | Posicionamento da mesa de medição  | 00:00:31        |
| -   | <b>41</b> | Início do teste - abertura pelo cabo (puxador interior) (medição do deslocamento e da força) | 00:00:59        |
| -   | <b>46</b> | Posicionamento da mesa de medição  | 00:00:17        |
| -   | <b>43</b> | Remoção do peso  | 00:00:03        |
| -   | <b>55</b> | Início do teste – medição da característica <i>door stop</i>                                 | 00:00:25        |
| -   | <b>49</b> | Posicionamento da mesa e do carro  | 00:00:34        |
| -   | <b>57</b> | Retirar o módulo 1 da estrutura  | 00:00:43        |
| -   | <b>58</b> | Retirar as chapa dos módulos   | 00:00:50        |
| 3   | <b>59</b> | Retirar a estrutura da máquina   | 00:00:22        |
| 4/2 | <b>60</b> | Introduzir os valores em qs-STAT   | 00:02:09        |
|     |           | <b>TOTAL</b>   | <b>00:44:07</b> |

Inicialmente, a auditoria ao produto tinha uma duração de 58 minutos. Após a implementação das proposta de melhoria, foi possível reduzir o tempo por auditoria para 44 minutos e 7 segundos.

Tabela 14 - Impacto da melhoria da máquina

| Tarefa nº   |  | Tempo inicial<br>[hh:mm:ss] | Tempo final<br>[hh:mm:ss] | Melhoria<br>[hh:mm:ss] |
|---|--|-----------------------------|---------------------------|------------------------|
| 5, 7, 12, 14,<br>18, 23, 31,<br>41, 54, 70,<br>71 | Libertação de espaço para reposicionar as gavetas  | 00:07:13                    | 00:02:16                  | 00:04:57               |
|   | Colocação de todos os utensílios necessários à realização dos testes na máquina                  |                             |                           |                        |
|   | Aproximação da célula de carga do local de troca, minimizando as deslocamentos com pesos.        |                             |                           |                        |
| 4, 6,8  | Integração das test boxes na máquina   | 00:05:07                    | 00:02:00                  | 00:03:07               |
| 42, 53  | Eliminação das peças móveis existentes atualmente para suporte rígido das extremidades do gabari | 00:00:18                    | 00:00:00                  | 00:00:18               |
|   | Redução do comprimento do perfil existente na parte de trás da máquina                           |                             |                           |                        |
| 45, 46, 49,<br>50, 55                             | Facilitar desacoplagem da roldana e do peso  | 00:05:08                    | 00:00:10                  | 00:04:58               |

|                                       |   |          |          |                |
|---------------------------------------|---|----------|----------|----------------|
| <b>9</b>                              | Introdução de todos os resultados em Qs Stat no final do audite   | 00:00:40 | 00:00:00 | 00:00:40       |
| <b>12, 23, 31</b>                     | Aparafusamento de todas as chapas aos módulos de forma sequencial   |          |          |                |
| <b>39</b>                             | Pré ativações realizadas com um pino específico de modo a facilitar e reduzir o tempo de abertura do puxador interior | 00:00:28 | 00:00:12 | 00:00:16       |
| <b>Redução de tempo por auditoria</b> |   |          |          | <b>0:14:16</b> |

Com o novo *standard* em termos de método e respectivo tempo por auditoria e a respectiva eliminação de desperdícios, a redução por auditoria é de 14 minutos e 16 segundos. Tendo por base os dados da tabela 15, esta redução representa menos 744 horas de trabalho por ano, tendo um impacto bastante significativo na capacidade instalada no laboratório da *Brose Tondela*.

*Tabela 15 - Número de auditorias ao produto realizadas em 2018 e tempo total corrigido*

|                               | <b>C344</b>      | <b>C520</b>       | <b>CD391</b>     | <b>V408</b>      | <b>Total</b>      |
|-------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| <b>Janeiro</b>                | 13               | 73                | 14               | 15               | 115               |
| <b>Fevereiro</b>              | 6                | 101               | 24               | 22               | 153               |
| <b>Março</b>                  | 5                | 67                | 15               | 20               | 107               |
| <b>Abril</b>                  | 29               | 123               | 81               | 59               | 292               |
| <b>Mai</b>                    | 52               | 170               | 103              | 75               | 400               |
| <b>Junho</b>                  | 49               | 171               | 92               | 69               | 381               |
| <b>Julho</b>                  | 30               | 143               | 98               | 62               | 333               |
| <b>Agosto</b>                 | 45               | 90                | 52               | 38               | 225               |
| <b>Setembro</b>               | 32               | 150               | 111              | 62               | 355               |
| <b>Outubro</b>                | 18               | 135               | 82               | 57               | 292               |
| <b>Novembro</b>               | 33               | 140               | 107              | 54               | 334               |
| <b>Dezembro</b>               | 0                | 78                | 41               | 24               | 143               |
| <b>Total</b>                  | <b>312</b>       | <b>1441</b>       | <b>820</b>       | <b>557</b>       | <b>3130</b>       |
| <b>Tempo Total Inicial</b>    | <b>303:35:36</b> | <b>1402:10:23</b> | <b>797:54:20</b> | <b>541:59:31</b> | <b>3045:39:50</b> |
| <b>Tempo Total Final</b>      | <b>229:24:24</b> | <b>1059:32:07</b> | <b>602:55:40</b> | <b>409:32:59</b> | <b>2301:25:10</b> |
| <b>Redução de tempo anual</b> |                  |                   |                  |                  | <b>744:14:40</b>  |



## 8. FASE CONTROL – DMAIC

Neste capítulo são apresentadas as acções de controlo para o novo processo de auditorias ao módulo de fecho da Ford para verificar se os operadores cumprem o procedimento de trabalho.

### 8.1. Introdução das LPA's no Laboratório

Foram introduzidas no laboratório, mensalmente, as LPA's (*Layered Process Audite Checklist*) onde, entre outras questões, se audita o *Standardized Work* (método e respetivo tempo de trabalho) verificando se todos os operadores cumprem o mesmo

| Layered Process Audit Checklist              |    |  |  |  |                                    |
|--|----|--|--|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Layer Audit nível 1 |    | <input type="checkbox"/> Layer Audit nível 2   |  | <input type="checkbox"/> Layer Audit nível 3 |                                    |
| Data   |    | Turno  |  | Posto  |                                    |
| Linha  |    | Referência da peça   |  | TT (Plano)                                   |                                    |
| Auditor                                      |    | Operador   |  | TT (Real)                                    |                                    |
| Categoria                                    | No | Questões   |  |  | Avaliação<br>"Sim",<br>"Não", "NA" |
| Layered Audits                               | 1  | (Questão apenas para auditorias de nível 2 e nível 3) - Todas as auditorias de nível 1 foram realizadas segundo o planeamento?   |  |  |                                    |
| Libertação da Linha                          | 2  | O procedimento de libertação da linha foi seguido? As medidas necessárias estão a ser executadas? (Por exemplo, "Controle diário do processo", "Primeira peça exposta", "Passagem de Turno", "Set-up" e "Plano de manutenção") |  |  |                                    |
| Material                                     | 3  | Está correta a identificação de matérias-primas, produtos semi-acabados (WIP) e produtos acabados? Existem peças misturadas ou armazenadas incorretamente?   |  |  |                                    |
| Pessoal                                      | 4  | Existem instruções de trabalho? E as instruções para atividades de contenção / Firewalls / Retrabalhos disponíveis no local de trabalho? Estão disponíveis no local de trabalho? Estão disponíveis os registos de treino?      |  |  |                                    |
|  | 5  | O operador segue a Instrução de Trabalho? (selecione 1 posto como exemplo, observe a operação do trabalhador e compare com as instruções de trabalho)  |  |  |                                    |
|  | 6  | Os registos de treino de funcionários está de acordo com o procedimentos definidos? (Treinar de acordo com a Skillmatrix, documento de certificação)?  |  |  |                                    |
|  | 7  | Os operadores usam o equipamento de proteção individual (EPI) necessários?   |  |  |                                    |
| Poka-Yoke                                    | 8  | Todas as amostras de Poka-Yoke estão disponíveis, devidamente armazenadas, marcadas / rotuladas e funcionais (verifique 1 amostra)?  |  |  |                                    |
|  | 9  | Os parâmetros configurados na máquina correspondem aos parâmetros especificados, folha de parâmetros, desenho, ...? (selecione 1 estação como exemplo)   |  |  |                                    |
| Equipamentos                                 |    | Estão todos os dispositivos de medição referenciados no Plano de Controlo? Os dispositivos de medição possuem calibração válida?   |  |  |                                    |

Figura 24 - Formulário utilizado na Brose para realização de LPA's



## 9. CONCLUSÃO

O objetivo inicialmente proposto foi atingido, com a redução de 24% do tempo de realização de cada auditoria ao produto é possível realizar os testes e minimizar o número de auditorias que transitam para o turno da noite. Além desta melhoria, com a alteração de *layout* conseguiu-se aumentar a área disponível no laboratório para futuros equipamentos, reduzindo os riscos ergonômicos e de segurança no laboratório.

Apesar da não utilização total da metodologia SMED e de todas as suas potencialidades, a mesma permitiu obter uma redução de tempo significativa na execução dos testes e uma maior racionalização dos recursos.

Além disso, foram adquiridos conhecimentos, ainda que de forma básica, sobre análise de investimento e principais métricas utilizadas para avaliar o mesmo, após todos os dados estarem disponíveis.

Houve algumas limitações, em termos de disponibilidade das pessoas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho uma vez que tinham de desempenhar as suas funções e dar apoio no desenvolvimento da dissertação.

Em trabalhos futuros, esta abordagem será aplicada aos restantes equipamentos de teste como suporte ao planeamento da capacidade do laboratório.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brose F. GmbH e Co. Kommanditgesellschaft (2014), “Grupo Brose - Manual de acolhimento”, Brose, Coburg
- Brose F. GmbH e Co. Kommanditgesellschaft (2014), “FIRST – Princípios empresariais da Brose”, Brose, Coburg.
- Ohno, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, New York.
- El-Haik, R., & Al-Aomar, R. (2006). *Simulation-based lean six-sigma and design for six-sigma*. New Jersey: John Wiley.
- Ford Motor Company. (2019, Fevereiro). External SCCAF.
- Ford Motor Company, G. M. C. (2008). *Potential Failure Mode Analyses (FMEA)* (Fourth Edition).
- Pinto, J. (2014). *Pensamento LEAN - A filosofia das organizações vencedoras* (6<sup>o</sup> Edição Atualizada). Lisboa: LIDEL.
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Shingo´s methodology (SMED): critical evaluation and case study.
- The Productivity Press Development Team. (1996). *Quinck Changeover for Operators: The SMED System*. New York: Productivity Press.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster UK Lda.
- Pyzdek, T. e Keller P. A. (2010), *The Six Sigma Handbook*, 3<sup>a</sup> Ed., McGraw-Hill
- Shingo, S. (1985), *A Revolution in Manufacturing*, Productivity Press, New York
- IATF 16949 (2016), *Automotive Quality Management System Standard*, 1<sup>st</sup> Edition