



M 2014

**U. PORTO**  
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN NO SETOR DE INJEÇÃO COM FOCO NA MELHORIA DO OEE E SMED

**JOÃO PEDRO VIEIRA OLIVEIRA**  
DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

A Dissertação intitulada

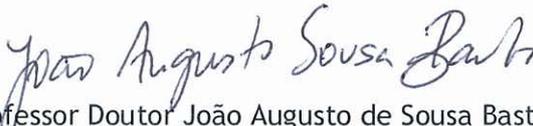
“Implementação de Práticas Lean no Setor de Injeção com Foco na Melhoria do OEE e SMED”

foi aprovada em provas realizadas em 17-07-2015

o júri



Presidente Professor Doutor Carlos João Rodrigues Costa Ramos  
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor João Augusto de Sousa Bastos  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior  
de Engenharia do Porto



Professor Doutor Américo Lopes de Azevedo  
Professor Associado do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - João Pedro Vieira Oliveira

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## Implementação de Práticas *Lean* no Sector de Injeção com Foco na Melhoria do OEE e SMED

João Pedro Vieira Oliveira

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Major Automação

Orientador: Prof. Doutor Américo Lopes de Azevedo  
Orientador Huf Portuguesa: Eng.º Idalécio Rodrigues

29 de Junho de 2015



# Resumo

Este documento tem como objetivos apresentar e documentar o projeto de dissertação “Implementação de práticas *Lean* no sector de injeção focado na melhoria do OEE e no SMED”. O desenvolvimento ocorreu no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e foi realizado em colaboração com a empresa Huf Portuguesa.

O objetivo deste trabalho foi implementar práticas *Lean* no setor de injeção de plástico e zamak da empresa Huf Portuguesa, com ênfase na ferramenta Single Minute Exchange of Die (SMED) e na melhoria dos índices de Overall Equipment Effectiveness (OEE).

O projeto foi desenvolvido em Tondela, nas instalações da Huf Portuguesa, e foi organizado em 6 fases. A metodologia empregue na implementação da ferramenta SMED foi a proposta por Shigeo Shingo na sua obra “ *A Revolution in Manufacturing- The SMED System*”.

Numa primeira fase foi feita uma adaptação ao ambiente de trabalho da empresa. Este período serviu para conhecer alguns processos e metodologias da Huf e para integrar o autor nas rotinas diárias da empresa. A fase seguinte foi de medição e recolha de dados de campo associados aos processos de troca de moldes nas máquinas de injeção de plástico e zamak. Mais precisamente, tempos de mudança de ferramenta e mapeamento das tarefas de *setup*. A análise desses dados foi a etapa seguinte, com o objetivo de elaborar soluções ou melhorias para o processo de troca de ferramenta. Seguiu-se a implementação dessas melhorias de acordo com o planeado na etapa anterior e finalmente uma análise do impacto dessas melhorias nos índices de OEE. O último passo na conclusão do projeto foi a elaboração deste relatório e outros documentos para apresentação e documentação do trabalho realizado.

Os objetivos do projeto, de forma geral, foram cumpridos, tendo-se verificado uma clara melhoria nos tempos de troca ferramenta nas máquinas de injeção de plástico e zamak.

Concluindo, este período de desenvolvimento da dissertação foi particularmente interessante e desafiante, tanto pela oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos adquiridos previamente na atividade prática de uma empresa, como pela experiência adquirida nesta mesma atividade empresarial diária.



# Abstract

The purpose of this document is to present and document the dissertation project entitled “Implementation of *Lean* techniques on the injection section with main focus on SMED and OEE improvement”. It was developed within the Module “Dissertation”, part of the Integrated Master in Electrical and Computers Engineering and in collaboration with the automotive company Huf Portuguesa.

The aim of this project was to implement *Lean Manufacturing* techniques on the plastic and zamak injection section of Huf Portuguesa, being its main emphasis on the Single Minute Exchange of Die *Lean* tool and on Overall Equipment Efficiency improvement.

The project was developed in Tondela, within Huf Portuguesa’s facilities, and it went through six different stages. The methodology applied on the SMED tool was based on Shigeo Shingo’s publication “A Revolution in *Manufacturing*- The SMED System”.

The dissertation started with an adaptation period, during which the author became familiar with the company’s processes and methodologies, especially in the injection sector. Following that, there was a data and information gathering which on the next stage would be used for analysis purposes and problem identification. After this analysis, effort was put into finding feasible solutions to solve the previously identified problems. The implementation of those solutions was the next step being followed by an evaluation of the impact the improvements had on the OEE rates. The last stage was used to write this document as well as other documents for presentation purposes.

Overall, the goals set to this project were accomplished, since there was a clear reduction on *setup* times both on zamak and plastic injection.

To conclude, this project was quite interesting and challenging, since it allowed the author to build a bridge between the theoretical and practical knowledge and have a better understanding of what the business world challenges really are.



# Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela formação de valor que me foi concedida, e a todos os Professores com quem tive o prazer de aprender. Em particular, gostaria de agradecer ao Professor Américo Lopes de Azevedo pela sua disponibilidade, contributo e orientação neste projeto.

À minha família e amigos que estiveram ao meu lado, apoiando incondicionalmente nas alturas em que foi preciso.

À Diretora dos Recursos Humanos, Dr.<sup>a</sup> Paloma Cabañas, o meu muito obrigado por ter proporcionado a realização e sucesso deste projeto.

Expresso também o meu forte agradecimento ao Eng<sup>o</sup> Idalécio Rodrigues e Eng<sup>o</sup> Rui Pimenta por toda a ajuda prestada na elaboração do trabalho e pelo que aprendi com ambos. Seguramente, será algo que vou guardar durante a minha carreira profissional.

À Huf Portuguesa, em geral, expresso a minha gratidão pela forma exímia como me receberam, integraram e apoiaram ao longo dos 3 meses. Em especial aos colaboradores da secção de injeção que estiveram envolvidos no projeto, o meu muito obrigado.



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract .....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice .....	ix
Lista de figuras .....	xi
Lista de tabelas .....	xiii
Abreviaturas e Símbolos .....	xiv
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
Introdução .....	1
1.1- Motivação .....	1
1.2- Objetivos e estratégia .....	2
1.3- Planeamento .....	3
1.4- Estrutura do documento .....	4
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>5</b>
Revisão de literatura e estado de arte .....	5
2.1- <i>Lean Manufacturing</i> e <i>Toyota Production System</i> .....	5
2.2- Just - In - Time .....	9
2.3- Jidoka (Autonomation) .....	14
2.4- Kaizen .....	15
2.5- Total Productive Maintenance .....	19
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>23</b>
Caso de Estudo .....	23
3.1- Caracterização da organização .....	23
3.2- Caracterização do problema .....	26
3.3- Recolha e análise de dados .....	27
3.4- Soluções e plano de ação .....	32
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>49</b>
Análise e Discussão de Resultados .....	49

4.1- Resultados SMED na injeção plástico .....	49
4.2- Resultados SMED na injeção de zamak.....	51
4.3- Evolução do OEE e redução de custos.....	52
4.4- Dificuldades encontradas.....	54
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>55</b>
Conclusão e perspectivas futuras .....	55
5.1- Conclusão .....	55
5.2- Trabalho Futuro.....	56
<b>Referências .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>60</b>
Anexo A- <i>Checklist</i> de Ferramentas e Acessórios .....	60
Anexo B- <i>Checklist</i> Manutenção Preventiva.....	61
Anexo C- Planeamento Troca de Molde.....	62
Anexo D- PM Troca de Molde Demag 150 Ergotech .....	63
Anexo E- Tecnologia de Injeção.....	65
Anexo F- Script Visual Basic.....	68

## Lista de figuras

Figura 1.1- Diagrama de Gantt com etapas do projeto .....	3
Figura 1.2 - Estrutura do documento da dissertação .....	4
Figura 2.1- Evolução do TPS e protagonistas (adaptado de [5]) .....	6
Figura 2.2 - Esquema da “casa TPS”, com as principais ideias e ferramentas do sistema de produção da Toyota.....	7
Figura 2.3 - Funcionamento do processo de “One- Piece- Flow” (retirado de [6]) .....	10
Figura 2.4 - Esquema de funcionamento do sistema Pull, com o fluxo de informação e produto a tomarem direções opostas.....	11
Figura 2.5 - Cartão Kanban.....	12
Figura 2.6 - Diferentes fases do processo de <i>setup</i> . Adaptado de [7] .....	12
Figura 2.7 - Gráfico dos custos anuais em função do tamanho do lote produzido. Retirado de [7] .....	13
Figura 2.8 - Efeito da redução dos tempos de <i>setup</i> nos custos anuais. Retirado de [7] ..	13
Figura 2.9 - Sistema Poke- Yoke, "anti- erro". A peça só encaixa de uma única forma na base.....	14
Figura 2.10 - Exemplo de aplicação de <i>Andon</i> em linha de montagem. ....	15
Figura 2.11 - Ciclo PDSA desenvolvido por Deming. ....	17
Figura 2.12 - Quadro branco 5s.....	19
Figura 2.13 - Esquema representativo do cálculo da disponibilidade .....	21
Figura 3.1 - Secção de injeção de zamak Huf Portuguesa .....	24
Figura 3.2 - Secção de montagem Huf Portuguesa .....	24
Figura 3.3 - Secção de equipamento de laboratório Huf Portuguesa.....	24
Figura 3.4 - Secção de injeção de plástico Huf Portuguesa .....	24

Figura 3.5 - Exemplos de alguns produtos fabricados na Huf Portuguesa .....	25
Figura 3.6- Máquina de injeção Engel 110.....	28
Figura 3.7 - Ganhos esperados na passagem de tarefas internas para externas. ....	33
Figura 3.8 - Pré- preparação do molde. ....	35
Figura 3.9- Moldes em pré-aquecimento. ....	35
Figura 3.10 - Grua localizada ao pé do olhão do molde. ....	36
Figura 3.11 - Carro colocado ao pé da máquina de injeção.....	37
Figura 3.12 - Reorganização das barras de extração por máquina.....	39
Figura 3.13 - Marcação do posicionamento do carro de transporte. ....	41
Figura 3.14 - Esquema representativo da aplicação dos batentes do cortante.....	41
Figura 3.15 - Ferramentas de troca de cortante dispostas em quadro de esponja. ....	42
Figura 3.16 - Organização do setor .....	44
Figura 3.17 - Identificação e organização .....	45
Figura 3.18 - Redução do número de placas de molde no setor de injeção.....	46
Figura 4.1 - Evolução do OEE ao longo dos projeto.....	53
Figura A.1- <i>Checklist</i> Ferramentas .....	60
Figura C.1 - Planeamento Troca de Molde .....	63
Figura E.1 - Representação de uma máquina de injeção com as diferentes unidades constituintes. ....	64
Figura E.2 - Fases de uma operação de injeção (da esquerda para a direita, de cima para baixo. Retirado de [8] .....	65
Figura E.3 - Molde de injeção .....	66

## Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Modelo de etapas 5s. Adaptado de [4] .....	17
Tabela 2.2 - Tabela exemplo de dados para cálculo de produtividade .....	22
Tabela 3.1 - Tabela de resumo de desperdícios encontrados nos <i>setups</i> . .....	31
Tabela 3.2 - <i>Process map</i> troca de molde injeção de plástico com conversão de tarefas internas para externas e simplificação de tarefas .....	32
Tabela 3.3 - Ganhos esperados com passagem de tarefas internas para externas .....	34
Tabela 3.4 - Remodelação do carro de ferramentas. ....	38
Tabela 3.5 - <i>Process map</i> troca de cortante com conversão de tarefas internas e externas, simplificação de tarefas e tarefas eliminadas .....	42
Tabela 4.1 - <i>Process map</i> troca de molde depois de aplicação do SMED .....	50
Tabela 4.2 - Redução de tempo de <i>setup</i> em troca de molde sem troca de material .....	50
Tabela 4.3 - Redução tempo de <i>setup</i> em troca de molde com troca de material .....	51
Tabela 4.4 - <i>Process map</i> troca de cortante depois de aplicação do SMED .....	51
Tabela 4.5 - Redução de tempo na troca de cortante .....	52
Tabela 4.6 - Redução de custos para melhor e pior caso conseguido nas trocas de molde e cortante.....	53
Tabela D.1 - PM Troca de Molde Demag 150 Ergotech .....	63

# Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
JIT	<i>Just- In- Time</i>
MIEEC	Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
PM	<i>Process Map</i>
PPM	Partes Por Milhão
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
WIP	<i>Work- in- Progress</i>

# Capítulo 1

## Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação do trabalho desenvolvido na Unidade Curricular “Dissertação”, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MIEEC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). O projeto de tese foi desenvolvido em ambiente empresarial, mais precisamente nas instalações da empresa do setor automóvel Huf Portuguesa. O principal objetivo a que o autor se propunha era melhorar os tempos de troca de ferramenta na área de injeção de plástico e zamak, aplicando em particular uma ferramenta de *Lean*, o SMED. Por consequência, o objetivo do trabalho ia de encontro também ao melhoramento dos índices de OEE da área de injeção.

### 1.1- Motivação

Atualmente, o setor empresarial é incomparavelmente exigente e competitivo. Para se manterem no topo, diariamente, as empresas são obrigadas a dar o melhor de si, aperfeiçoando os mais sublimes detalhes que podem marcar a diferença. Aperfeiçoar estes detalhes nem sempre se revela fácil, sendo frequentemente necessário recorrer a técnicas ou métodos que se tenham revelado eficazes no passado, ou a novas ideias.

Diferentes empresas competem em diferentes aspetos nos seus produtos ou serviços. Quer compitam em flexibilidade, preço, tempo ou qualidade, há um imperativo que é comum: a otimização dos processos de criação de valor. Só assim é possível alcançar os objetivos traçados e fazer face à exigência do mercado.

Ao longo dos tempos foram feitas várias abordagens a este problema de criação de valor. Estas abordagens foram sendo moldadas pelas exigências que o mercado apresentava, sendo que este é influenciado por vários fatores, tais como: fatores sociais, económicos ou políticos.

## 2 Introdução

A capacidade de adaptação a estes fatores sempre definiu casos de sucesso ou fracasso, pois é quando a necessidade de transformação surge, que as ideias e motivação surgem também.

A filosofia *Lean* surge fortemente motivada pelo estado socioeconómico do Japão após a Segunda Guerra Mundial. A indústria (principalmente a automóvel) Japonesa percebeu que o mercado estava a mudar. E percebeu também que estaria condenada ao fracasso, caso não atuasse no sentido de perceber e adaptar-se a esta mudança. A dada altura o problema tornou-se claro: otimizar os processos de criação de valor, orientado para a procura e necessidades do mercado.

É importante realçar que a filosofia *Lean* aproveitou muitas das ideias introduzidas por Henry Ford ou Frederick Taylor, no entanto, direcionadas para a eliminação de desperdício, redução de custos, garantia de qualidade e aumento de flexibilidade. Apesar destes conceitos estarem todos interligados, o aumento de flexibilidade e a eliminação de desperdício foram os dois mais motivados pelo estado do mercado Japonês. O modelo de Henry Ford não oferecia flexibilidade e o desperdício era vasto.

Neste sentido, a introdução de conceitos e abordagens novas foram surgindo na forma de metodologias e práticas que culminaram, eventualmente, na filosofia de produção *Lean*.

### 1.2- Objetivos e estratégia

O objetivo principal deste projeto é reduzir os tempos de paragem de equipamento para troca de ferramentas, com vista a aumentar os índices de produtividade. Para isto, recorram-se a técnicas no âmbito da filosofia *Lean*, tais como o SMED. A metodologia empregue foi baseada na obra de Shigeo Shingo, *A Revolution in Manufacturing- The SMED System*.

O objetivo passa também por conseguir aplicar outras ferramentas de *Lean* que possam influenciar positivamente os índices de produtividade.

A estratégia para o desenvolvimento do projeto passou pela análise da situação da empresa, identificando problemas e possíveis melhorias no setor em geral. Visto que a ênfase é na redução dos tempos de *setup*, o foco do autor foi criar soluções para ir ao encontro da redução dos tempos de troca de ferramenta, assim como melhorar o processo de *setup* no geral, eliminando possíveis desperdícios.

O aumento da produtividade foi analisado recorrendo-se ao índice de OEE que estrutura a produtividade de um processo em 3 diferentes componentes.

### 1.3- Planeamento

A duração total do trabalho foi de 17 semanas e foi constituído por 6 etapas, tendo início a 3 de Maio e tendo sido concluído a 29 Junho. A figura seguinte mostra o diagrama de Gantt elaborado para descrever o planeamento do projeto.

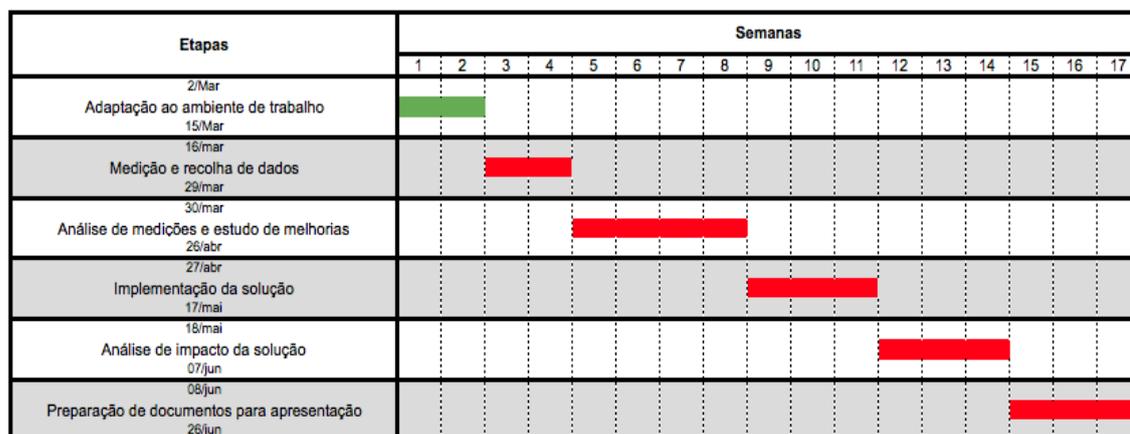


Figura 1.1- Diagrama de Gantt com etapas do projeto

- **Adaptação ao ambiente de trabalho-** Esta etapa servirá para conhecer a empresa e os seus processos, em particular do setor de injeção de plástico e de zamak. Fundamentalmente, será uma fase de adaptação, no entanto, poderá haver alguma recolha de dados iniciais.
- **Medição e recolha de dados-** Nesta etapa, serão recolhidos dados referentes à troca de moldes nas máquinas de injeção. Esses dados serão registados informaticamente para uma melhor análise. Nesta etapa serão também identificados alguns pontos críticos do setor, fazendo uma avaliação geral do seu estado atual. A primeira etapa do SMED começará aqui com a recolha dos dados.
- **Análise de medições e estudo e melhorias-** Nesta fase, após os dados estarem recolhidos, estes serão analisados e, no contexto do estado do setor, serão estudadas possíveis melhorias. A aplicação teórica do SMED será feita passando pelas 2 fases seguintes e pela 3ª fase com mais pormenor.
- **Implementação da solução-** A solução será posta em prática de acordo com o planeado na etapa de análise de medições.
- **Análise do impacto da solução-** Fase de recolha de novos dados e comparação com os dados recolhidos na primeira etapa de recolha de dados.
- **Preparação dos documentos para apresentação-** Fase na qual serão desenvolvidos os documentos finais da dissertação.

## 1.4- Estrutura do documento

Dividido em 5 capítulos, este documento apresenta, pormenorizadamente, as etapas de desenvolvimento do trabalho realizado. Após a introdução, o primeiro capítulo fará um levantamento do estado de arte e revisão literária dos conceitos e ideias chave no âmbito de *Lean Manufacturing*. A secção que se segue será dedicada exclusivamente à descrição das etapas de execução e desenvolvimento, incluindo também os dados recolhidos e a sua respetiva análise. Os resultados finais do projeto serão documentados no capítulo seguinte, e por fim, o último capítulo concluirá o trabalho, fazendo um enquadramento dos resultados no problema central que motivou o todo o projeto.

<b>Introdução</b>	Breve descrição inicial sobre o enquadramento e estrutura do projecto
<b>Revisão de literatura e estado de arte</b>	Introdução detalhada a conceitos base relacionados com o tema da dissertação Revisão do estado de arte do tema em geral
<b>Desenvolvimento</b>	Capítulo dedicado à apresentação do trabalho desenvolvido Apresenta uma descrição mais detalhada do problema em questão e o do enquadramento do tema na empresa
<b>Resultados</b>	Apresentação dos resultados do trabalho desenvolvido
<b>Conclusão</b>	Conclusão final do projecto

Figura 1.2 - Estrutura do documento da dissertação

# Capítulo 2

## Revisão de literatura e estado de arte

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura, assim como do estado de arte do conhecimento teórico base empregue na elaboração do projeto. O conceito chave é *Lean Manufacturing*, pelo que será apresentado o desenvolvimento da filosofia *Lean* ao longo da história, as suas ideias principais e quais as ferramentas que lhe servem de suporte.

### 2.1- *Lean Manufacturing* e *Toyota Production System*

#### 2.1.1 - *Origens e evolução*

A filosofia de produção *Lean* não surgiu instantaneamente na indústria. Pelo contrário, foi o resultado de uma evolução de ideias e correntes de pensamento na área da produção e gestão de operações. Por sua vez, o termo “*Lean Manufacturing*” só surgiu em 1988 num artigo publicado por um investigador do MIT, John Krafcik. Até então, *Lean Manufacturing* era conhecido como TPS (*Toyota Production System*), nome que lhe foi atribuído devido à Toyota ser a principal pioneira nesta filosofia de produção. Comumente, Taiichi Ocho é associado como principal responsável pelo desenvolvimento do sistema de produção da Toyota. No entanto, existem outros nomes que se destacam pelo seu papel crucial na evolução do TPS, como Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda ou Shigeo Shingo.

O TPS surge numa altura pós- Segunda Guerra Mundial, na qual o mercado automóvel Japonês se apresentava humilde e com poucas exportações, no entanto, com um crescimento rápido na procura de diferentes tipos de automóveis e camiões [1].

Para fazer face a este mercado pequeno, mas diversificado, a Toyota reviu os métodos de produção usados por Henry Ford na sua produção em massa<sup>1</sup> de “Model T”. O processo de produção da Ford era caracterizado por um fluxo contínuo de produto, apoiado no conceito de linhas de montagem e de trabalho padronizado, sendo este último derivado dos princípios de *Scientific Management* de Fredrick Taylor<sup>2</sup>.

No caso do mercado Japonês, a dificuldade estava em fazer face à diversidade exigida e, ao mesmo tempo, assegurar os standards de qualidade e as quantidades necessárias. O modelo de produção de Henry Ford não era a resposta que a Toyota precisava, já que este estava direcionado para produzir sempre o mesmo produto em grandes quantidades, não sendo de todo adaptável à produção em pequenos lotes. Gradualmente, os engenheiros da Toyota, liderados por Taiichi Onho, fizeram uma adaptação neste processo de produção, com o objetivo de o tornar mais flexível e de eliminar algumas contradições que encontraram no modelo de Ford. Shigeo Shingo ofereceu um importante contributo, introduzindo conceitos como a troca rápida de ferramentas que possibilitava a produção em lotes de menor quantidade sem aumentar o custo unitário do produto.

Gradualmente, surgiu o TPS como uma adaptação do modelo de produção de Henry Ford à necessidade do mercado Japonês após a Segunda Grande Guerra, sendo que mais tarde esta exigência se alastraria a nível mundial.

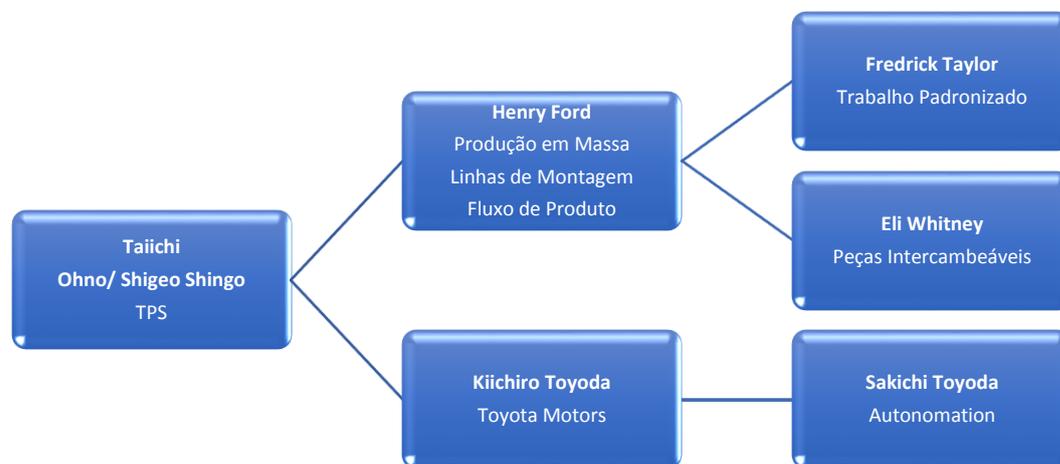


Figura 2.1- Evolução do TPS e protagonistas (adaptado de [5])

<sup>1</sup> Produção em larga escala de produtos através, de linhas de montagem e trabalho padronizado.

<sup>2</sup> Frederick Taylor foi um engenheiro mecânico Americano que desenvolveu a teoria de *Scientific Management* baseada no estudo dos métodos de produção e trabalho, em particular estudos de tempo de movimento empregues nos processos.

O aumento de produtividade da Toyota e de outros fabricantes de automóveis Japoneses chamou a atenção de outras organizações. Mais tarde a Ford chegaria a acompanhar de perto os princípios aplicados por Taiichi Ohno, tentando aplica-los às suas próprias fábricas. Apesar disso, não foram imediatamente bem-sucedidos devido à dificuldade em enquadrar algumas ferramentas do TPS no seu ideal subjacente.

### 2.1.2 - O ideal do Sistema de Produção da Toyota

A ideia chave do sistema de produção desenvolvido pela marca Japonesa é a eliminação de tudo aquilo de não adiciona valor ao produto, em japonês, *Muda*. *Muda* são desperdícios que podem ser de várias formas - transporte, processamento, inventário excessivo, entre outros- que não têm valor acrescentado do ponto de vista do consumidor, seja ele interno ou externo.

As duas ferramentas principais que suportam o TPS são o sistema Just- In- Time e Jidoka. Just- In- Time significa produzir apenas a quantidade necessária na altura devida. O conceito de Jidoka refere-se à eliminação dos defeitos de qualidade, sendo que a sua máxima é “construir a qualidade no processo de produção” [2].



Figura 2.2 - Esquema da “casa TPS”, com as principais ideias e ferramentas de apoio ao sistema de produção da Toyota

Embora estes sejam os dois pilares originais do TPS, com a globalização deste sistema de produção, foram surgindo algumas adaptações destas ideias. Atualmente, é possível encontrar conceitos variados do que é o TPS ou *Lean Manufacturing* e quais são os princípios que os sustentam. O próprio termo *Lean Manufacturing* surgiu como uma adaptação da indústria ocidental do TPS, apesar de ambos os termos se referirem ao mesmo.

### 2.1.3 - Tipos de desperdícios

Sendo que o objetivo principal da filosofia de produção da Toyota é eliminar desperdícios, Taiichi Ohno definiu 7 tipos de desperdícios que se encontram geralmente nas organizações:

- Defeitos

Este é um dos problemas mais comuns na produção. São geralmente medidos em Partes por Milhão (PPM). *Lean manufacturing* foca-se em assegurar que os processos são desenhados de forma a garantir a qualidade durante o processo e não inspecionar o produto após o seu fabrico.

- Produção Excessiva

Um dos pilares do TPS, o sistema Just-In-Time, visa a eliminar este tipo de desperdício. Produzir apenas o que é necessário, na altura devida é uma prática essencial de *Lean*. Produzir em maior quantidade vai acabar por criar *stocks* excessivos que são um dos “maiores inimigos” das organizações *Lean* e têm custos excessivos.

- Tempo de espera

O tempo que não está a ser usado para acrescentar valor é considerado como desperdício. Tempo gasto a trocar ferramentas em máquinas ou em ajustes das mesmas é tempo que não é usado para produzir, mas que tem custos. Ohno estudou estes aspetos assim como o tempo gasto pelos operadores em ações obsoletas. Ferramentas como o SMED são aplicadas no sentido de reduzir estes tempos de espera que não acrescentam valor.

- Transporte

O transporte de produto implica custos, sabendo que há sempre energia gasta nesses transportes. Para além disso, este transporte também envolve tempo, pelo que aumenta o lead time de um produto.

- Movimento

O movimento desnecessário de operadores e produto pela fábrica é também considerado um desperdício. Movimentos para recolher ou arrumar ferramentas, do ponto de vista do cliente, é considerado *Muda*.

- Processamento Inapropriado

Todo o processamento que é feito a mais do que aquilo que é necessário para satisfazer as exigências do cliente é desperdício em processamento. Causa aumento de lead time e, por

vezes, desperdício em movimentos. O processamento inapropriado pode ser causado por falta de entendimento do processo por parte do operador ou falta de trabalho padronizado.

- Inventário

O excesso de inventário, em matérias-primas, WIP<sup>3</sup> ou produto acabado, tem eventualmente custos de armazenamento, ocupando espaço e ajudando a ocultar problemas de qualidade.

Ainda que estes sejam os desperdícios principais introduzidos por Ohno, houve um 8º desperdício que o engenheiro da Toyota dedicou especial atenção. Este desperdício está associado ao mau aproveitamento das potencialidades dos recursos humanos disponíveis. Ideias, criatividade ou *skills* mal aproveitadas podem ter efeitos negativos em várias áreas. Ainda que muitas vezes passem despercebidos, o desperdício existe.

## 2.2- Just - In - Time

O JIT é uma ferramenta valiosa na filosofia *Lean*. *Just - in - Time* significa produzir a quantidade precisa para abastecer o cliente na altura devida. Um princípio importante do JIT é a não acumulação de *stocks* em qualquer que seja a etapa do processo. Trabalhar em *Just - In - Time* exige muita coordenação e planeamento. Para além disso, exige também o compromisso de todos e a entreaajuda entre fornecedores e clientes, quer sejam internos ou externos à empresa.

Uma bem-sucedida implementação de JIT exige uma boa aplicação de 4 conceitos:

- Heijunka- Produto flui continuamente desde a chegada, em forma de matéria-prima, até à sua transformação em produto acabado. Chega onde é necessário há hora que é preciso.
- Sistema *Pull*- As necessidades são definidas pelo consumidor final e este é quem “puxa” o produto do seu fornecedor direto. Desta forma, garante-se que aquilo que é produzido é consumido e que não há produto em excesso e acumulações de *stock*.
- Troca de ferramenta rápida- Redução dos tempos de paragem de máquinas para ajustes e troca de ferramentas. Reduz desperdícios de tempo e de processamento inapropriado, para além de que aumenta a flexibilidade da produção.

---

<sup>3</sup> WIP- Work In Progress refere-se a material de inventário que está a ser processado no “chão” da fábrica.

- Takt time- É o ritmo cardíaco de produção, ou seja, o ritmo a que a se tem de produzir para satisfazer os pedidos do consumidor.

### 2.2.1 - Fluxo Contínuo

O conceito de fluxo contínuo descreve um processo de movimento unitário de produto entre operações, ou seja, apenas se movimenta um produto de cada vez entre diferentes processos. O fluxo contínuo é um dos suportes do sistema *Just- In- Time* e por consequência de *Lean Manufacturing*.

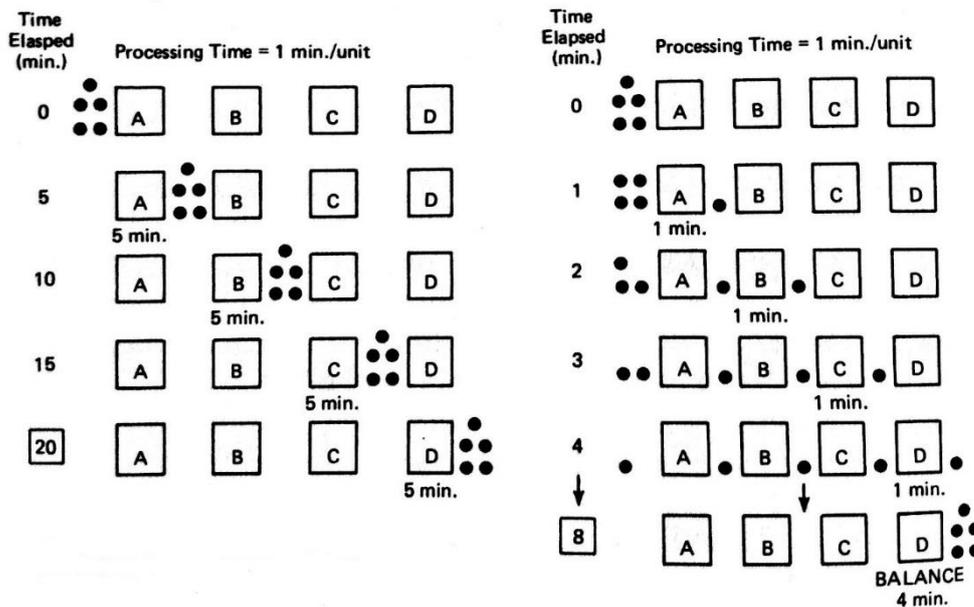


Figura 2.3 - Funcionamento do processo de One- Piece- Flow (retirado de [6])

Dispor de um fluxo contínuo de produto numa organização (em inglês conhecido como *One-Piece Flow*) traz vantagens como a redução de produtos em processo de fabrico (WIP) ou a deteção mais fácil de defeitos.

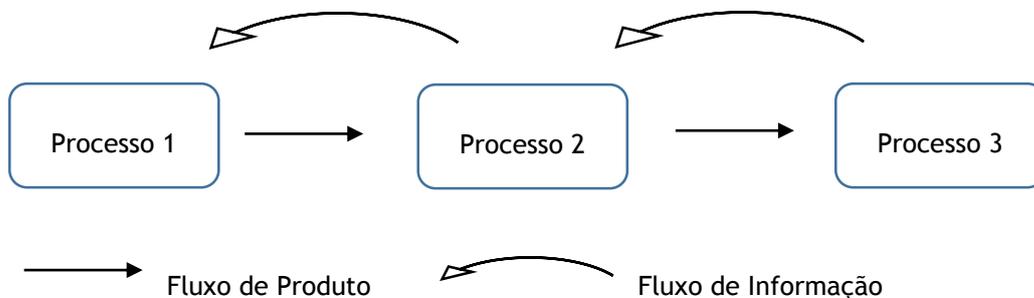
O fluxo contínuo exige que os processos estejam bem otimizados e preparados para conseguir produzir continuamente. A organização do espaço e a coordenação de atividades entre processos são essenciais para obter um bom fluxo de produto, minimizando desperdícios de movimento e transporte.

No âmbito de fluxo contínuo é frequente ouvir falar em linhas em forma de U. Este tipo de linhas, devido à sua disposição, permitem reduzir os movimentos entre estações de trabalho, possibilitando também a entreaajuda entre operadores quando é necessário, e melhorar a visibilidade sobre todo o processo. Para além das linhas em U, no âmbito de *Lean*, também existem as linhas em serpentina que oferecem benefícios como: maior flexibilidade, produtividade e facilidade em transporte e deslocações.

A sincronização entre as estações de trabalho de diferentes linhas também é importante no fluxo contínuo. Os tempos de ciclo e capacidades de cada linha devem ser tidos em conta para ser possível programar a produção e obter fluxo. Tempos de *setup* reduzidos também podem desempenhar um papel importante no *One-Piece Flow*.

### 2.2.2 - Sistema Pull

O Sistema *Pull* é baseado nas necessidades do cliente. É o cliente, quer seja interno ou externo, que “puxa” o produto do fornecedor. Este sistema exige um fluxo contínuo de produto que garanta lead times curtos e produção em pequenos lotes. Para além disso, é essencial que a informação vinda do consumidor seja transportada ao longo da cadeia de forma eficaz.



**Figura 2.4** - Esquema de funcionamento do Sistema *Pull*, com o fluxo de informação e produto a tomarem direções opostas.

Geralmente, o transporte desta informação é feita a partir do sistema *Kanban*. Este sistema, em ambientes *Lean*, ajuda a controlar os níveis de inventário, de produção e o fornecimento de matérias-primas. O *Kanban* pode ter várias formas, mas o mais comum é ser um cartão que inclui dados como:

- Quantidade a produzir (*Kanban* de Produção)
- Referências de produto
- Datas de produção



Figura 2.5 - Cartão Kanban.

### 2.2.3 - SMED

*Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi desenvolvido por Shigeo Shingo na Toyota como resposta à necessidade de redução de tempos de paragem de equipamentos para troca de ferramenta, ou para ajustes. O período de paragem de uma máquina é considerado como sendo o tempo que decorre entre a última peça OK que foi produzida e a primeira peça OK a ser produzida após a troca de ferramenta ou ajuste. A metodologia usada por Shingo foi filmar e cronometrar o processo de *setup*, analisando posteriormente o processo no global.

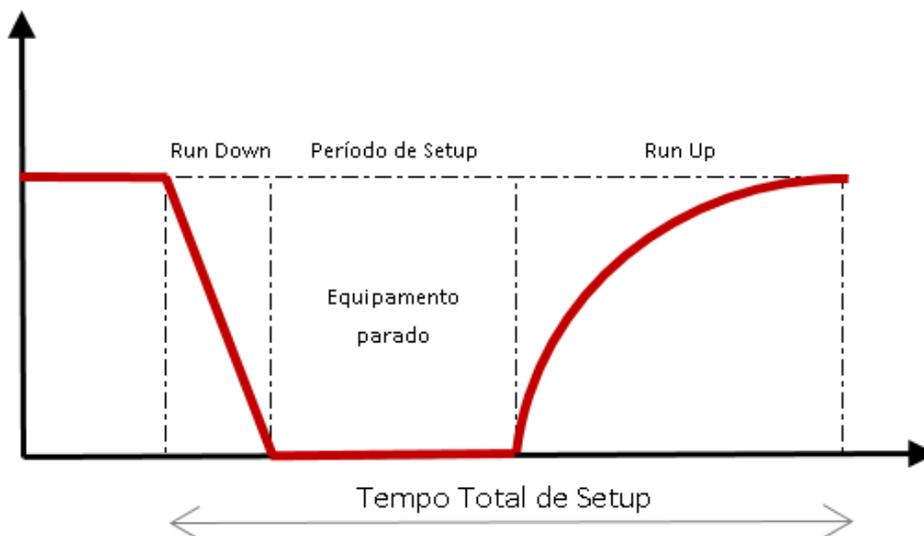


Figura 2.6 - Diferentes fases do processo de *setup*. Adaptado de [7]

Shingo dividiu as atividades inerentes ao processo em internas e externas. Atividades internas são realizadas com a máquina parada, por outro lado, as atividades externas podem ser executadas durante o funcionamento normal do equipamento. Originalmente, Shingo propôs a aplicação da metodologia SMED em 4 fases:

1. Fase preliminar na qual tarefas externas e internas não estão definidas e é feita uma avaliação geral do procedimento de troca de ferramenta;

2. Divisão entre tarefas internas e externas
3. Conversão do número máximo de tarefas internas em externas;
4. Simplificação das tarefas internas e externas.

Shingo também associou à aplicação do SMED a normalização de processos.

Esta é a “receita” base da ideia original do SMED, apesar disso, uma aplicação estrita desta receita não é garantia de sucesso. Na verdade, a ideia subjacente vai mais além destas 4 etapas. Bons resultados só são alcançados quando há a colaboração de todos e um ambiente de melhoria contínua intrínseco.

As vantagens em conseguir tempos de *setup* curtos são visíveis a nível de capacidade e flexibilidade de equipamentos. O gráfico seguinte apresenta a relação entre os custos de produção em função do tamanho de lote.

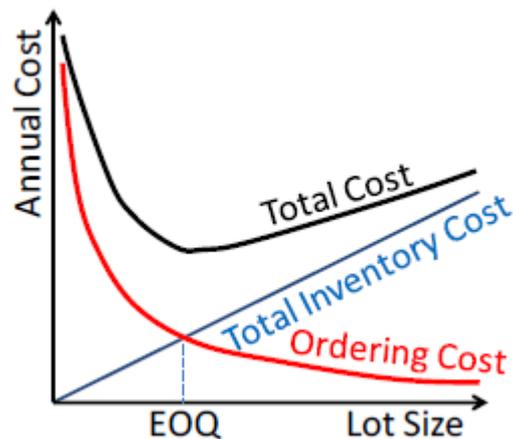


Figura 2.7 - Gráfico dos custos anuais em função do tamanho do lote produzido. Retirado de [7]

Reduzir o tempo de troca de ferramentas tem um efeito notório nos custos de produção como mostra o gráfico seguinte.

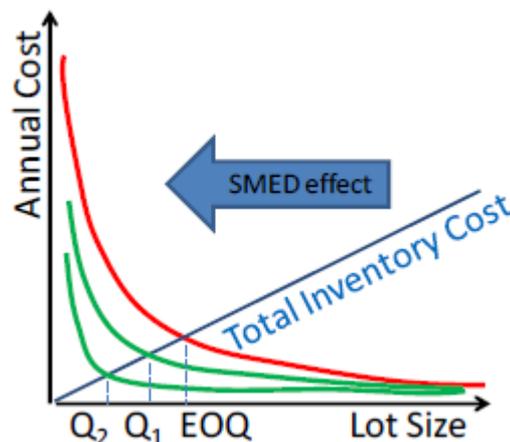


Figura 2.8 - Efeito da redução dos tempos de *setup* nos custos anuais. Retirado de [7]

Os resultados finais de uma implementação de SMED dependem também, em geral, do investimento feito. Com pouco investimento é possível alcançar bons resultados, mas apenas até um certo ponto, a partir do qual, a necessidade de investimento cresce exponencialmente.

Não obstante, as melhorias podem ser inumeradas a muitos outros níveis, como a satisfação dos colaboradores pela facilidade com que a troca de ferramenta é feita e por sentirem a eficácia com que desempenham as suas funções; a redução de custos de produção, melhorando a produtividade em geral; espírito de equipa enaltecido, quando todos estão comprometidos com a ideia de conseguir mais e melhor.

## 2.3- Jidoka (Autonomation)

Em grande parte das fábricas, existem máquinas que automatizam os processos de tal forma que o operador apenas tem que carregar num botão para fazer as máquinas trabalhar. Sakichi Toyoda verificou que, ainda que as máquinas facilitassem bastante os processos, elas padeciam de algumas limitações a nível de resolução de problemas. As máquinas não conseguiam julgar as situações por si próprias, sendo que necessitavam de um operador que estivesse atento caso ocorresse algum problema que exigisse intervenção. A presença constante do operador ao pé do equipamento não adiciona valor ao produto, tendo em conta que este poderia estar a usar o seu tempo para outra tarefa, no entanto, era necessária a sua presença.

Para fazer face a estes problemas, Toyoda desenvolveu soluções para tornar a máquina capaz de responder a estes problemas ou impedir a ocorrência de erros.

### 2.3.1 - Poka- Yoke

A palavra Japonesa *Poka-Yoke* significa dispositivo à prova de erro. O sistema *Poka- Yoke* é uma forma eficaz de garantir qualidade em todo o processo, sem ter que investir tempo a inspecionar o produto unidade a unidade. Em regra, facilita o trabalho do operador e evita ao mesmo tempo que este cometa erros, afetando a qualidade do produto e as seguintes etapas de produção.



**Figura 2.9** - Sistema *Poka- Yoke*, "anti- erro". A peça só encaixa de uma única forma na base.

O *Poka- Yoke* pode ter várias formas e por vezes pode exigir alguma criatividade. Para uma melhor aplicação, este sistema deve ser pensado na fase de design de novos projetos, já que adaptá-lo mais tarde pode revelar-se complicado.

### 2.3.2 - Andon

Tal como o *Poka- Yoke*, o *Andon* é uma forma de *Jidoka* que significa lanterna de papel em Japonês. *Andon* é geralmente um sinal luminoso que alerta para um problema, chamando a atenção de quem está à volta. Pode também ser acompanhado de um sinal sonoro e facilita a deteção de problemas nas máquinas por falta de material ou por erros internos do equipamento. É importante que estes sinais estejam bem localizados.

*Andon* pode também ser usado para destacar áreas com particular importância, monitorizar tempo de produção ou indicar o progresso de uma operação.

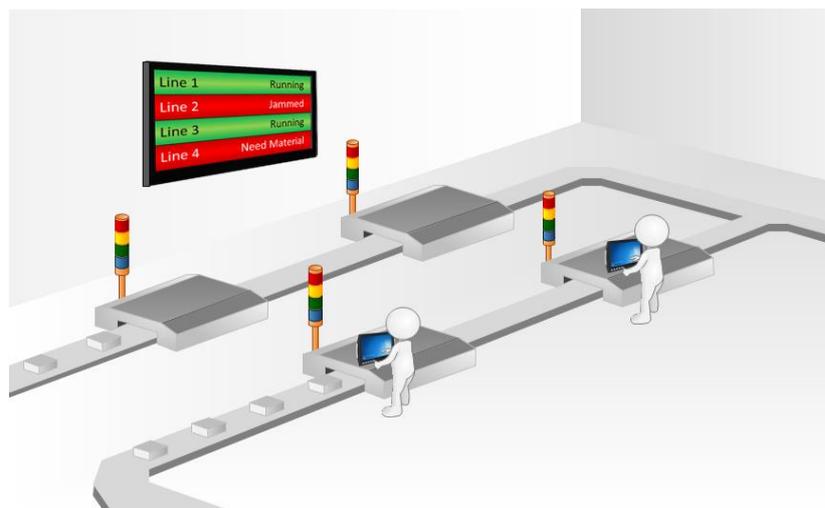


Figura 2.10 - Exemplo de aplicação de *Andon* em linha de montagem.

## 2.4- Kaizen

*Kaizen* é uma palavra de origem japonesa cuja tradução significa mudança (*kai*) para melhor (*zen*). *Kaizen* constituiu uma importante base para o bom funcionamento do TPS, desenvolvido por Taiichi Ohno. Apesar da sua prévia existência, o termo *Kaizen* surge na obra do guru de gestão, Masaaki Imai, “*Kaizen: They Key to Japan’s Competitive Sucess*”. Imai descreveu a metodologia *Kaizen* como- “Melhoria diária de todos, em todo o lado”.

A melhoria contínua (termo pelo qual *Kaizen* também é conhecido) deve estar implementada a todos os níveis. Desde a administração de uma empresa até ao *Gemba*. A cultura *Kaizen* deverá estar na forma de atuar de todos os colaboradores, e estes devem, todos

os dias, procurar formas de poder melhorar os processos de criação de valor, eliminando desperdício sempre que possível.

Deming descreveu a cultura kaizen como a aplicação sistemática do ciclo PDSA, sendo que ambos os conceitos procuram a melhoria constante dos processos pela observação, aprendizagem e posterior aplicação de soluções que de facto eliminem desperdício e otimizem a produção.

Em suma, kaizen pode ser aplicado em tudo, desde que haja o imperativo de busca pela perfeição. Em todo o tipo de empresas é possível desenvolver a filosofia kaizen, sejam elas de serviços ou de fabrico.

#### 2.4.1 - Ciclo PDCA

Segundo [3], o ciclo PDCA foi reformulado por executivos Japoneses, a partir do modelo proposto por Edward Deming em 1950, o “Deming Wheel”. Neste modelo, Deming propõe 4 fases- Design do produto; Elaborar e testar; Pôr no mercado; Testá-lo no mercado e obter feedback dos utilizadores.

Após reformulação, tem origem o ciclo PDCA, *Plan- Do- Check- Act*. Composto também por 4 fases, a relação entre o ciclo PDCA e o “Deming Wheel” é a seguinte:

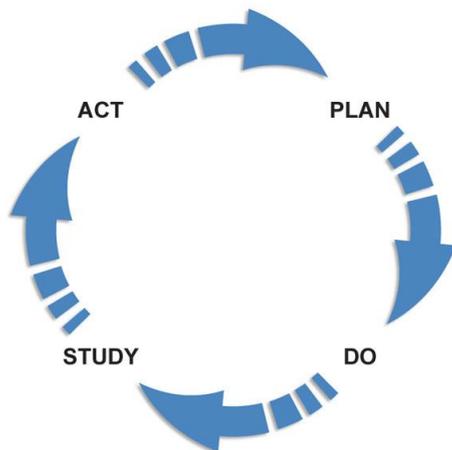
- *Plan/ Design* - é definido o problema e uma abordagem às suas causas e possíveis soluções.
- *Do/ Production* - implementação da solução
- *Check/ Sales* - verificar os resultados
- *Action/ Research* - no caso de obtenção de resultados satisfatórios, normalização, caso contrário, começar o ciclo de novo na fase de planeamento.

A normalização ajuda a prevenção de erros, definindo padrões de trabalho e processos.

Em 1993, Deming reelaborou o seu modelo introduzindo o ciclo *Plan- Do- Study- Act*. Desta vez, Deming introduz a terceira fase do ciclo de melhoria como *study* em vez de *check*. A mudança prende-se com o facto de Edward Deming ter compreendido que não chegava apenas verificar os resultados da implementação, mas também aprender com esses mesmos resultados e, dessa forma, entrar na fase seguinte com informação mais detalhada, possibilitando uma melhor elaboração da solução. Para além disso, o ciclo PDSA é complementado por 3 questões que ajudam a definir alguns princípios do projeto:

1. Quais são os objetivos que se tentam alcançar?
2. Como saber se a mudança realizada foi uma melhoria?

### 3. Que outras mudanças poderemos fazer que resultem numa melhoria?



Tanto o ciclo PDSA como PDCA são referências comuns em ambientes *Lean* pela forma como ajudam a delinear os passos a seguir para desenvolver e avaliar melhorias, integrado na filosofia *Kaizen*.

Figura 2.11 - Ciclo PDSA desenvolvido por Deming.

#### 2.4.2 - 5S

A ferramenta 5s atua a nível da organização e limpeza das estações de trabalho e departamentos. É uma solução intuitivamente simples, mas que, quando posta em prática corretamente, pode ser uma ajuda preciosa em ambientes *Lean*.

Os 5s referem-se a 5 palavras japonesas: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*.

Assente também na filosofia de melhoria contínua (*Kaizen*), o 5s elimina pequenos desperdícios como procura por ferramentas ou movimentos desnecessários. O objetivo é resolver pequenos problemas com soluções básicas e intuitivas, de forma a tornar todo o ambiente mais ergonómico e organizado.

As 5 etapas da implementação de 5s são as seguintes:

ETAPAS	OBJETIVO	O QUE ELIMINAR OU CORRIGIR?
SEIRI (SEPARAR E CLASSIFICAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guardar apenas o que é necessário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipamento, ferramentas, mobília ou outros itens que não são necessários.</li> </ul>
SEITON (ARRUMAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tudo no seu devido lugar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Itens fora do seu lugar; locais de arrumação mal identificados; Itens não arrumados depois de uso.</li> </ul>
SEISOU (LIMPAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar e manter limpo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superfícies, paredes, equipamento sujo;</li> </ul>

		materiais de limpeza com difícil acesso.
SEIKETSU (NORMALIZAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manter e monitorizar as primeiras 3 etapas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Standards</i> desconhecidos; falta de <i>checklists</i>; informação importante não visível.</li> </ul>
SHISUKE (MANTER)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir as regras estabelecidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de trabalhadores com formação 5s; auditorias 5s não realizadas</li> </ul>

Tabela 2.1 - Modelo de etapas 5s. Adaptado de [4]

Com uma boa política de 5s, uma organização pode beneficiar nos seguintes níveis:

- Segurança;
- Envolvimento e responsabilidade de todos;
- Redução de desperdícios;
- Melhoria de produtividade e qualidade;
- Motivação do colaborador reforçada.

#### 2.4.3 - Gestão Visual

No seio de um ambiente *Lean*, gestão visual é conhecida como *Mieruka*. O propósito da gestão visual é fornecer informação importante de forma resumida e simples através de elementos visuais intuitivos.

Gestão visual pode aparecer em muitas formas, desde quadros brancos para escrever, até linhas para limitar áreas, identificações ou sinais. O recurso à tecnologia também é uma prática comum para partilhar informação visualmente, no entanto, pode ser um pouco limitada quando é necessário modificar frequentemente essa informação.

Essencialmente, controlo ou gestão visual deve ser:

- ✓ De fácil leitura e compreensão

A informação essencial deve estar destacada permitindo uma interpretação imediata do que é importante e do que se pretende comunicar. Deverá permitir a todos, desde o gestor da empresa até ao operador, compreender a situação atual.

Neste ponto, a chave é a simplicidade. Esta simplicidade permite identificar rapidamente algum problema que possa existir.

- ✓ Bem visível

O ponto de controlo visual deve estar bem localizado e bem visível, evitando que se procure pela informação. É importante compreender onde é que a informação vai ser necessária e disponibiliza-la nos locais devidos, se possível, em grandes dimensões.

- ✓ Ser interativa e fácil de editar

Para ser eficaz, a informação deve estar atualizada. Para garantir que a informação é atualizada, deve ser simples de modificar. Um quadro branco pode ser uma boa solução, já que é fácil de apagar e de escrever nova informação. Por vezes, usar um computador pode não ser a melhor solução, já que poderá apresentar mais dificuldades para atualizar informação.

Date		03/52		Aprovado	
Part #	Box ID	Qty	No. of Defective		
1				Part 2G9F000-2160 <201>	
2				1. 20mm x 20mm LED	
3				2. 20mm x 20mm LED	
4				3. Segment 20mm	
5				4. 20mm LED (Gule on pin)	
6				5. 20mm (Best lead)	
7				6. White Tray - Box - Film	
8					
9				2G9F000-6260 <192>	
10				1. 20mm LED (Gule on pin)	
				2. 20mm (Best lead)	
				3. 20mm (Stain)	
				4. White Tray - Box - Film	
				5.	
Cumulative of Defective Qty.					
Part #	2G9F000-2160	Defective Qty.	5	Pos.	
Part #	2G9F000-6260	Defective Qty.	-	Pos.	
Part #	2G9F000-6361	Defective Qty.	2	Pos.	
Part #	2G9F000-2160	Defective Qty.	70	Pos.	

Figura 2.12 - Quadro branco 5s.

## 2.5- Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) foi implementado com sucesso no Japão por volta de 1971, na Nippondenso. O TPM envolve todos os trabalhadores na manutenção preventiva de equipamento, com o objetivo de maximizar a sua eficiência. Até então, esta manutenção cabia apenas ao departamento de manutenção. Com a evolução da tecnologia, a automação tornou-

se cada vez mais presente nas fábricas, sendo necessário realizar mais atividades de manutenção. A Nippondenso decidiu que, em vez de contratar mais especialistas nesta área, poderia envolver os próprios operadores nas tarefas básicas, deixando para os especialistas apenas as tarefas que exigiam mais experiência. Desta forma, atividades de manutenção como limpeza ou lubrificação do equipamento é feito de forma preventiva pelos operadores que lidam com as máquinas. Os operadores devem receber formação para fazer *check-ups* de rotina do equipamento, assim como desenvolver aptidões para perceber os primeiros sinais de deterioração que mais tarde poderão levar a problemas mais graves. Por outro lado, as equipas de manutenção devem ajudar os operadores a perceber estes sinais, assim como treina-los para lidar com problemas básicos de manutenção. Para além disso, devem também perceber quais poderão ser os problemas mais comuns de um equipamento e agir preventivamente.

A longo prazo, a aplicação de TPM traz benefícios como maior eficiência de produção e maior esperança de vida do equipamento.

### 2.5.1 - Overall Equipment Efficiency

O OEE é uma medida da eficiência de equipamentos de produção e foi desenvolvido no âmbito de TPM (Total Productive Maintenance). É composto por 3 elementos que avaliam aspetos diferentes que influenciam a produção, sendo eles a disponibilidade, produtividade e qualidade. Um OEE de 100% traduz uma produção perfeita, na medida em que não sofre de perdas em nenhum dos 3 componentes. 85% é considerado um OEE de classe mundial, o que significa um bom aproveitamento dos recursos de produção. Típicos valores andam à volta de 60% e em ambientes de produção que não adaptaram *Lean* ou TPM, os valores de OEE típicos rondam os 40%.

Na junção dos seus 3 elementos, o OEE engloba todas as perdas na produção, nomeadamente perdas por velocidade, qualidade, e tempo de inatividade.

A fórmula de cálculo da percentagem de OEE é:

$$OEE = Disponibilidade \times Produtividade \times Qualidade$$

#### Equação 2.1 - Equação de cálculo de OEE

- Disponibilidade- medida de quanto do tempo disponível é de facto usado para produzir. Pode ser melhorado reduzindo tempos de troca de ferramentas/ ajustes do equipamento assim como paragens por avarias.

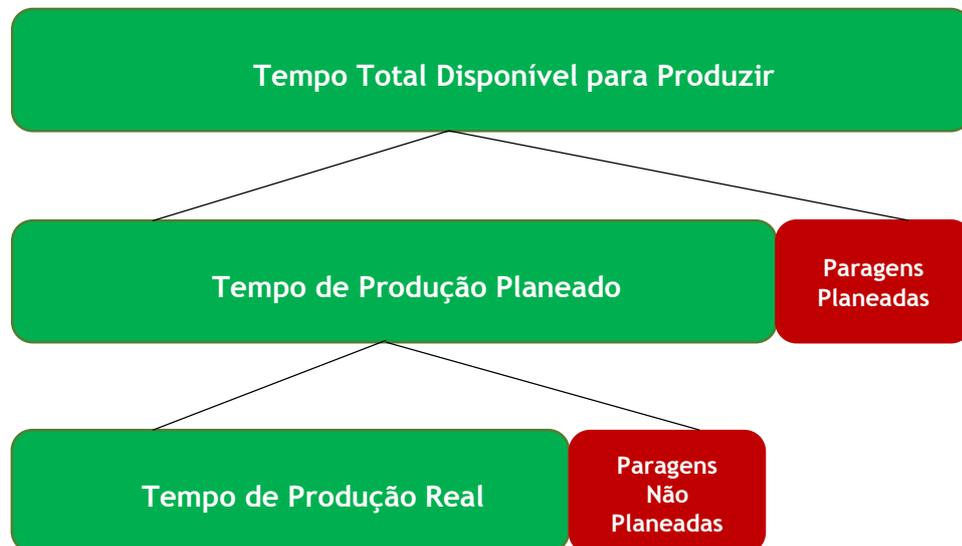


Figura 2.13 - Esquema representativo do cálculo da disponibilidade

Num mês, o tempo total disponível para produzir varia entre 28 e 31 dias. No entanto, salvo algumas exceções, esses dias não são todos usados para produzir. As paragens planeadas englobam paragens como feriados, fins-de-semana, intervalos feitos durante os turnos de uma organização ou manutenção que já esteja prevista para um equipamento. É então subtraído ao tempo total de produção estas paragens planeadas, de onde se obtém o tempo de produção planeado. Desse tempo de produção planeado, são subtraídos os tempos de paragens não planeadas que incluem paragens para troca de ferramentas/ ajustes, paragens para manutenção não prevista, paragens por falta de material para produzir, entre outros. O tempo restante é o tempo que de facto foi usado para produzir.

O índice de disponibilidade é então calculado a partir do tempo de produção planeado e o tempo de produção real, da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade \%} = \frac{\text{Tempo de Produção Real}}{\text{Tempo de Produção Planeado}} \times 100$$

Equação 2.2 - Equação de cálculo de disponibilidade

- **Produtividade**- avalia a velocidade de produção tendo em conta a velocidade nominal do equipamento. O tempo de produção planeado é igual ao produto do tempo de ciclo pelo número de peças produzidas. O cálculo da produtividade pode ser feito de várias formas em função do tipo de empresa/ produto.

Tabela 2.2 - Tabela exemplo de dados para cálculo de produtividade

Produto	Peças Produzidas	Tempo Produção	Tempo Produção Planeado
<i>Produto A</i>	100	4000 min	3500 min
<i>Produto B</i>	200	3000 min	1500 min

$$\text{Produtividade \%} = \frac{\text{Tempo de Produção Planeado}}{\text{Tempo de Produção}} \times 100$$

Equação 2.3 - Equação de cálculo de produtividade

- Qualidade- quociente entre o nº de peças para sucatear mais o nº de peças para retrabalhar e o nº total de peças produzidas. O índices de qualidade são melhorados reduzindo o nº peças para sucatear ou que necessitam de retrabalho.

$$\text{Qualidade \%} = \frac{n^{\circ} \text{ peças sucateadas} + n^{\circ} \text{ peças para retrabalho}}{n^{\circ} \text{ total de peças produzidas}} \times 100$$

Equação 2.4 - Equação de cálculo de índice de qualidade

A medição do OEE representa um feedback da produção e fornece informação acerca de quais os pontos que acusam maiores deficiências produtivas. Deste modo, é possível a uma organização saber onde deve atuar para melhorar a sua produtividade geral.

# Capítulo 3

## Caso de Estudo

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento e execução do trabalho realizado. Será feita uma caracterização da empresa anfitriã, nomeadamente o seu ramo de negócio e outras características particulares da secção de injeção. Este capítulo inclui também um enquadramento do tema nas necessidades do ramo empresarial e a apresentação do caso de estudo. Posteriormente, apresentar-se-ão os dados recolhidos e sua análise, destacando problemas encontrados e as suas principais causas. Por fim, serão expostas as soluções elaboradas, assim como o plano de ação a ser posto em prática.

### 3.1- Caracterização da organização

A Huf Portuguesa foi fundada em Tondela a 14 de Outubro de 1991. Começou, no ano seguinte, a fornecer sistemas de fechaduras para a Ford para os modelos Fiesta, Escort e Scorpio. A empresa foi evoluindo a vários níveis, como a sua gama de produtos, leque de clientes e qualidade da sua produção e, em 1994, era já um milhão o número de veículos equipados com sistemas produzidos pela Huf. Este número escalou para 10 milhões em 2000 e para 25 milhões em 2004, sendo que no ano seguinte a empresa obteria mais de 50% de share no cliente PSA, marco importante na história da Huf Portuguesa. Em 2010, a estrutura acionista da empresa foi alterada, passando agora a Huf Group a deter 100% das ações da empresa que até então eram partilhadas pela Huf Hülsbeck & Fürst e pelo Grupo Ficosa International de Espanha.

Neste momento, a Huf Portuguesa produz variados componentes para o sector automóvel entre os quais, sistemas de acesso a veículos e sistemas de bloqueio de tração. Mais recentemente, iniciou a produção de puxadores com câmara de visão para a Volkswagen e de sistemas de fechaduras para os veículos Série 3 da BMW. Toda a produção da Huf é exportada para os 5 continentes, com a Europa a representar cerca de 75% da exportação.

É uma empresa de referência a nível nacional e internacional. Muitos são os prémios que já arrecadou, fruto do sucesso e dedicação dos seus colaboradores. Entre muitos, destacam-se prémios atribuídos por clientes (GM Platinum Supplier Status, Ford Quality Supplier Award, entre outros) e, em 2006, o prémio de uma das 100 melhores empresas para se trabalhar na Europa, atribuído pela Great Place to Work, que já anteriormente havia distinguido a Huf no Top 10 de empresas para trabalhar em Portugal.

A missão da Huf Portuguesa é clara e objetiva: Ser um modelo de excelência no setor automóvel. O esforço dos seus colaboradores é empregue na satisfação do cliente, melhoria contínua e na sua rentabilidade.

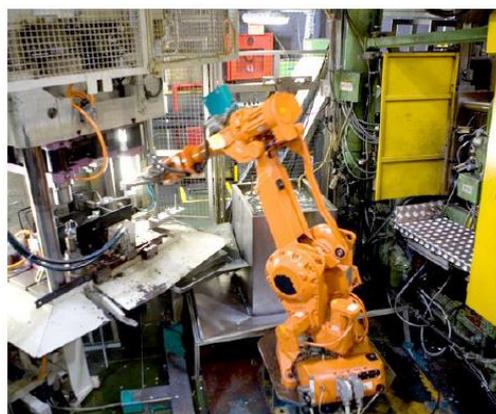
Áreas de especialização:

Montagem



**Figura 3.1** - Secção de montagem Huf Portuguesa

Injeção de zamak



**Figura 3.2** - Secção de injeção de zamak Huf Portuguesa

Injeção de plástico



**Figura 3.4** - Secção de injeção de plástico Huf Portuguesa

Equipamento de laboratório



**Figura 3.3** - Secção de equipamento de laboratório Huf Portuguesa



Car Access Authorization Systems



Power Tailgate Systems



Car Access Authorization Systems



Electronic Locking Systems



Door Handle Systems



Locksets

Figura 3.5 - Exemplos de alguns produtos fabricados na Huf Portuguesa

### 3.2- Caracterização do problema

Tendo em conta a competitividade no setor automóvel, é essencial otimizar processos de produção e garantir ao cliente qualidade, baixos custos e pontualidade na satisfação dos pedidos. Nos dias que correm, é um *must* adaptar total ou parcialmente as ideias introduzidas pela Toyota na indústria automóvel.

A Huf Portuguesa trabalha com o sistema *Just - in - Time* desde que foi fundada. Para um bom funcionamento do sistema JIT é necessário dispor de organização de processos, tempos de *setup* curtos e fluxo de produto.

Neste projeto, a área de ação foi a seção de injeção de plástico e zamak. A injeção de plástico da Huf Portuguesa é composta por 17 máquinas de injeção, das quais 4 são de injeção vertical e as restantes de injeção horizontal. Estas máquinas podem ser usadas em modo automático ou semiautomático. Em modo semiautomático, as máquinas necessitam de um operador a tempo inteiro e são usadas para injetar plástico nos componentes metálicos das chaves (Sobremoldagem).

Em modo automático, o equipamento não necessita de operador a tempo inteiro, exceto para manutenção, ajustes ou troca de ferramenta. Dependendo da máquina, pode ser injetado mais que um material na mesma peça. Existem duas áreas principais de injeção de plástico na Huf. O foco do autor foi na área constituída por 8 máquinas de injeção automática.

A área de injeção de zamak é constituída por uma máquina de injeção, uma prensa e um bombo. A máquina de injeção injeta o zamak fundido no molde e, de seguida, um robô retira a peça do molde. Esta peça vai para a prensa que tem a função de separar a peça do jito, componente que não faz parte da peça principal, mas que devido ao processo de injeção sai anexada com as peças. Estes jitos podem ser reaproveitados para injetar outra vez. As peças de zamak são posteriormente colocadas no bombo de vibração para corrigir pequenas rebarbas que possam existir.

Em modo automático, tanto nas máquinas de injeção de zamak como nas de plástico, a produção é contínua, sendo que a máquina só deve parar quando é necessária manutenção, pequenos ajustes ou trocar a referência em produção. Minimizar estes tempos de paragem é fundamental para melhorar a eficiência destes equipamentos

A redução de tempo de troca de moldes nas máquinas de injeção serve de apoio ao sistema JIT, no sentido em que permite a produção em pequenos lotes, melhorando a flexibilidade do processo. Por consequência, a capacidade de produção aumenta e os lead times são reduzidos

A Huf Portuguesa trabalha com 3 turnos de 8 horas cada um. No setor de injeção cada turno possui 8 colaboradores. Nos 3 três turnos cerca de 37% dos colaboradores são do sexo feminino. Cada turno corresponde a um Grupo Autónomo de Trabalho (GATs). Existe um Chefe de Equipa por cada GAT que é apoiado por um Subchefe. O Chefe de Equipa tem a função de coordenar a sua equipa e organizar a realização das tarefas do setor. Tanto o Chefe como o Subchefe

realizam funções de troca de moldes, assim como manutenção de primeiro nível. O resto da equipa concentra-se em realizar tarefas variadas como controlo da produção, verificação de qualidade de peças, tarefas de organização do espaço e introdução de dados de produção no sistema informático. Em cada turno é também definida uma pessoa para ficar encarregue da injeção de zamak.

Os GATs são incentivados a promover melhorias no setor através das sugestões de melhoria contínua. Esta é uma forma de envolver os colaboradores nas ações de melhoria contínua, já que são eles que lidam mais de perto com os processos na injeção e têm conhecimento de quais são os obstáculos e adversidades com que se debatem diariamente.

Os GATs são também avaliados consoante o seu desempenho mediante várias áreas, entre as quais:

- Resultados de auditorias 5s;
- Resultados de auditorias de processo;
- Nº de sugestões de melhoria lançadas;
- Resultados de avaliações de segurança no setor.

#### *3.2.1- Efeito no OEE*

Como já foi referido, o OEE é o produto de 3 componentes que medem respetivamente, a eficiência, produtividade e disponibilidade de um equipamento. A disponibilidade é avaliada comparando o tempo de produção real ao tempo de produção total disponível para produzir. Paragens para trocas de ferramentas têm influência no tempo real de produção, sendo que quanto maiores forem, menores serão os índices de disponibilidade, acabando por afetar negativamente o índice global de OEE.

### **3.3- Recolha e análise de dados**

#### *3.3.1- Metodologia*

A metodologia de recolha de dados passou em grande parte pela observação dos procedimentos de trabalho da empresa. No caso particular da troca de ferramentas na área de injeção, inicialmente o processo foi cronometrado ao mesmo tempo que as tarefas realizadas pelos operadores eram anotadas.

Ao início o autor sentiu alguma dificuldade visto que havia muita informação a assimilar. Não só informação relacionada com a área de injeção, mas também alguma informação inerente às atividades da empresa em geral, que são importantes na compreensão de todo o seu funcionamento.

A partilha de informação e ideias com colaboradores da empresa também constituiu uma importante fonte de dados para o autor.

Mais tarde, para uma análise eficaz, algumas trocas de ferramenta foram filmadas o que permitiu acrescentar mais detalhe e informação aos dados já recolhidos e possibilitou uma melhor elaboração de soluções e exposição de dados.

A observação do espaço envolvente e a conversa informal com os operadores que trabalham na zona de injeção foi também importante na deteção de pequenos problemas de organização do espaço.

### 3.3.2- SMED na injeção de plástico

#### Etapa Preliminar

Numa primeira fase da aplicação, o processo de troca de ferramenta não está bem definido e não existe separação de trabalho externo e interno. O primeiro passo foi observar e estudar o método de *setup* usado.



Figura 3.6- Máquina de injeção Engel 110

O processo de troca de molde pode ser árduo e exigir algum esforço físico em algumas ocasiões. Há vários aspetos a ter em conta, pelo que pode ser complexo. Dependendo da máquina e das peças que se pretendem injetar, a dimensão e peso do molde variam. Neste caso, o peso dos moldes variam entre 300 kg e 400 kg, sendo que estes têm de ser transportados por gruas.

Nesta área de injeção os moldes estão arrumados em estantes de 3 a 4 andares. Existem 3 estantes e cerca de 123 moldes nesta área. Para poder operar na máquina, é necessário equipar o molde com alguns acessórios:

- Barra de extração- faz a ligação entre a unidade de extração da máquina e o sistema de extração do molde. Serve para retirar as peças injetadas na abertura do molde;
- Placas de molde- servem de sustento ao molde nos pratos da máquina, já que este é aparafusado nas placas que por sua vez são fixadas aos pratos da máquina através de cunhas de fixação ou cunhas hidráulicas. Em alguns casos as próprias placas possuem pinos de fixação;
- Anel de centragem- serve para centrar o molde no injetor;
- Mangueiras- estabelecem o circuito de água no molde, necessário para o controlo da sua temperatura.

Trocar um molde envolve quase sempre preparar todos estes acessórios. Desta forma, sempre que se pretende instalar um molde novo numa máquina, o operador tem de se deslocar à estante onde se encontra o molde pretendido, transportá-lo até o local onde se encontram as placas e equipar o molde com placas, barra de extração e anel de centragem. As mangueiras são geralmente colocadas quando o molde já está fixado na máquina.

As temperaturas do molde e do canal de injeção da máquina são também dados importantes nos *setups*. As temperaturas variam dependendo do molde em que se está a injetar e do material que se está a injetar. Quando se troca um molde numa máquina pode haver necessidade de alterar as temperaturas de funcionamento, já que peças diferentes requerem parâmetros diferentes para alcançar o produto final desejado. A variação de temperaturas é um fator que influencia bastante o tempo de troca de ferramenta.

A mudança de material da máquina também pode ter um peso significativo no *setup*. Quando é necessário trocar material é feita uma limpeza do fuso e retira-se todo o material por fundir que se encontra na tremonha (Anexo E). A limpeza de material do fuso é geralmente feita purgando o material que lá está. Quando existe uma grande diferença de temperaturas e composição de materiais, há a necessidade de aplicar material de limpeza para limpar o fuso e bico de injeção. Mais uma vez a variação de temperaturas pode ser um requisito quando existe troca de material.

Para facilitar a análise e exposição de dados, o procedimento de mudança de molde foi dividido em 3 fases:

1. Retirar molde da máquina- todas as atividades desde lubrificação do molde que se encontra na máquina até o retirar e pousar.
2. Inserir novo molde- atividades desde o transporte ou preparação do molde que vai entrar, até ao seu ajuste na máquina.

3. Ajustes- todos os ajustes feitos depois de inserir o molde na máquina. Inclui variações de temperatura e também o tempo até obter a primeira peça OK.

É importante referir que o processo de troca de molde, dependendo da máquina, pode variar um pouco, tendo em conta que algumas máquinas possuem fixação automática, ao passo que noutras, a fixação tem de ser feita por cunhas mecânicas apertadas manualmente. A necessidade de ajustes pode variar também de máquina para máquina. Outro dado importante, por vezes, pode ser a experiência do operador que realiza a troca de molde.

### 3.3.3- SMED na injeção de zamak

#### Etapa Preliminar

Na zona de injeção de zamak o foco do autor foi na troca de cortante da prensa REIS. A prensa tem a função de separar o jito das peças de zamak injetadas. Tal como o procedimento de troca de molde na injeção de plástico, a troca de cortante também é complexa. Os cortantes são estruturas de aço com um peso a rondar os 800 Kg. Neste caso, o transporte do cortante não é feito usando apenas a grua, mas também um carro de transporte. É geralmente feito por dois operadores, e consiste, de forma geral, em retirar o cortante em uso, instalar o novo cortante e ajustar a máquina. O cortante é retirado da prensa com a ajuda de uma grua e é colocado no carro. Depois de estar numa posição em que possa ser transportado verticalmente, o operador retira o cortante do carro e coloca-o numa palete metálica. O mesmo procedimento, feito de forma inversa, é feito para o cortante que vai entrar.

Neste caso, as temperaturas não são relevantes no procedimento, no entanto o ajuste do bloco cortante na prensa é. O cortante deve ficar bem posicionado nos pratos da prensa para coincidir com o “ponto zero” do robô que está a colocar as peças injetadas no cortante.

Ao contrário do que acontece na zona de injeção de plástico, o procedimento de troca de cortante é quase sempre idêntico visto que apenas há uma prensa que funciona sensivelmente da mesma forma com todos os cortantes. Deste modo, é mais fácil analisar o processo. Ainda assim, tal como na injeção de plástico, o processo foi dividido nas mesmas 3 fases- remover o cortante da prensa; instalar novo cortante; ajustes da máquina.

### 3.3.4- Caracterização dos problemas identificados

No que diz respeito à troca de molde na injeção de plástico foram identificados alguns problemas que afetam diretamente a troca de molde. Estas condicionantes foram identificadas analisando os dados recolhidos, pela observação direta e pelas informações que os operadores iam disponibilizando em conversas informais.

O transporte do molde é um processo demoroso que acaba por afetar os tempos de *setup*. Geralmente, os operadores retiram o molde da máquina e querem arrumá-lo imediatamente na estante. Antes de arrumar o molde na estante é necessário retirar os acessórios do molde. Esta tarefa é longa e executada durante a paragem da máquina. Para além de não adicionar valor ao produto, o facto de esta tarefa ser realizada durante a paragem da máquina, prejudica ainda mais a criação de valor.

A procura de ferramentas ou de equipamento também acontece frequentemente, o que acaba por envolver deslocações do operador, já que as ferramentas necessárias não costumam ser todas recolhidas antes de iniciar o *setup*. Existe um carro de ferramentas, mas muitas vezes não é utilizado. Este carro continha algum material obsoleto.

Os ajustes também constituem um entrave a uma rápida troca de molde. Os ajustes de temperaturas, quer no molde quer na máquina, em algumas situações, são demorados. Os ajustes da extração da máquina e de outros parâmetros foram também identificados como procedimentos que por vezes atrasam consideravelmente a troca de molde.

No que diz respeito à secção de zamak, o autor identificou na troca de cortante algumas operações relevantes no tempo de troca de ferramenta. O transporte do cortante neste caso é significativo. Para remover o cortante o operador tem de puxar o molde da prensa coloca-lo no carro e só aí consegue transportá-lo verticalmente.

Por outro lado, o ajuste da prensa nos pratos da máquina também é um fator importante a ter em conta. Como necessitam de fazer medições com a fita métrica, os operadores acabam por gastar bastante tempo neste processo. Para além de demoroso este processo pode ser também pouco ergonómico, no sentido em que os operadores empurram e puxam o cortante até conseguirem a posição desejada.

**Tabela 3.1** - Tabela de resumo de desperdícios encontrados nos *setups*.

Resumo de desperdícios encontrados	
Troca de molde	Transporte excessivo do molde Deslocações para obter ferramentas/ equipamento Variação de temperaturas Ajustes de máquina
Troca de cortante	Transporte/ deslocamento do cortante Ajuste da posição do cortante

### 3.4- Soluções e plano de ação

#### 3.4.1- SMED na injeção de plástico (continuação)

##### Etapa 1 e 2

Esta etapa da aplicação de SMED centrou-se na classificação de tarefas internas e externas e conversão do número máximo de tarefas internas para externas. Para isso, o *process map* da troca de molde foi analisado detalhadamente. Como exemplo, a tabela seguinte descreve o procedimento de troca de molde na máquina Engel 110, no qual não houve troca de material de injeção.

As tarefas apresentadas estão classificadas como internas ou externas. Neste caso em particular o molde não necessita de placas para operar na máquina e é fixado com cunhas automáticas. Este molde trabalha com águas quentes a uma temperatura de 65 graus.

**Tabela 3.2 - Process map** troca de molde injeção de plástico com conversão de tarefas internas para externas e simplificação de tarefas

**Máquina:** Engel 110

##### **Molde**

Saiu 08423601

Entrou 08423602

Nº	Atividades	Tipo	Duração	%
1	Limpeza e lubrificação do molde	Int	00:19	0,8%
2	Avançar unidade de fecho	Int	00:18	0,8%
3	Retirar mangueiras (com deslocação ao outro lado da máquina)	Int	00:27	1,2%
4	Retirar mais mangueiras	Int	00:32	1,4%
5	Apertar barra com argola para remover molde	Int	00:55	2,3%
6	Retirar cunha da barra de extração	Int	00:26	1,1%
7	Posicionar grua ao pé do molde e pôr ganchos	Int	01:00	2,6%
8	Procurar chave do teclado da máquina	Int	01:24	3,6%
9	Retirar molde	Int	01:16	3,2%
10	Retirar água do circuito interno do molde (molde em suspensão)	Int	00:32	1,4%
11	Retirar mangueiras do molde (em suspensão)	Int	01:33	4,0%
12	Deslocamento do molde	Int	00:13	0,6%
13	Retirar e pousar barra extração	Int	00:14	0,6%
14	Arrumar molde (no chão)	Int	00:52	2,2%
15	Encaixar gachos novo molde	Int	00:13	0,6%
16	Transportar novo molde	Int	00:42	1,8%
17	Inserir barra extração (molde em suspensão)	Int	00:46	2,0%
18	Transportar molde até máquina	Int	00:41	1,7%
19	Ajustar molde nos pratos da máquina	Int	00:42	1,8%

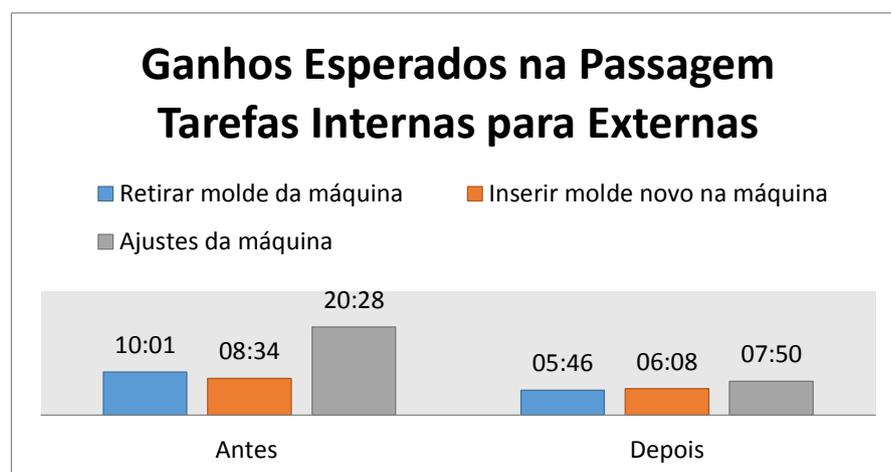
20	Avançar unidade de fecho	Int	00:25	1,1%
21	Retirar ganchos grua e retirar barra com argola	Int	01:31	3,9%
22	Recurar unidade de fecho	Int	01:04	2,7%
23	Colocar cunha da barra de extração	Int	00:04	0,2%
24	Retirar água do circuito interno do molde	Int	00:04	0,2%
25	Deslocação para ir buscar mangueiras	Int	00:14	0,6%
26	Colocar mangueiras (um dos lados)	Int	01:04	2,7%
27	Colocar mangueiras (outro lado)	Int	01:04	2,7%
28	Imprimir parâmetros	Int	00:56	2,4%
29	Introduzir parâmetros	Int	02:34	6,6%
30	Aquecimento do molde	Int	11:12	28,7%
31	Ajustes da máquina	Int	00:42	1,8%
32	Deslocação para ir buscar material de limpeza/lubrificação	Int	00:30	1,3%
33	Limpeza/lubrificação molde	Int	01:00	2,6%
34	Até 1ª Peça OK	Int	03:34	9,1%

Total 39:03

	Retirar molde da máquina
	Inserir novo molde na máquina
	Ajustes da máquina
	Tarefas convertidas para externas
	Tarefas simplificadas

As tarefas assinaladas a amarelo foram convertidas para externas. As tarefas assinaladas a laranja correspondem ao transporte dos moldes que foi simplificado como será explicado mais à frente.

Após a conversão de tarefas internas em externas, foi feito o cálculo dos ganhos possíveis de obter realizando estas tarefas internas, externamente. Os dados são calculados para as 3 fases definidas anteriormente.



A redução total neste caso seria de 49,5 %, reduzindo o tempo total de 39 minutos e 3 segundos para 19 minutos e 44 segundos com um ganho de 19 minutos e 19 segundos. Aqui apenas estão contabilizados os ganhos da conversão de tarefas internas para externas, não incluindo os possíveis ganhos em transporte do molde.

A mesma análise foi feita para outras trocas de molde observadas. Na passagem de tarefas internas para externas, o melhor e o pior caso encontrados são apresentados na seguinte tabela:

**Figura 3.7** - Ganhos esperados na passagem de tarefas internas para externas.

**Tabela 3.3** - Ganhos esperados com passagem de tarefas internas para externas

	Pior Caso	Melhor caso
Ganhos esperados	10 Minutos e 43 Segundos	33 Minutos e 29 Segundos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moldes de águas frias ou de pequenas dimensões</li> <li>• Poucas deslocações e transporte do molde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moldes que trabalham a altas temperaturas e de maiores dimensões</li> <li>• Muitas deslocações obsoletas e transporte longo do molde</li> </ul>

As soluções desenvolvidas para converter *setup* interno em externo são apresentadas de seguida.

#### Pré- Preparação do Molde

A conversão destas tarefas internas para externas passa por uma ligeira modificação do processo de troca de molde. Até então o procedimento de forma resumida consistia em:

1. Retirar molde da máquina, desligando mangueiras e desapertando fixação quando necessário;
2. Retirar barra de extração, mangueiras e placas;
3. Arrumar o molde na estante;
4. Retirar novo molde da estante e equipa-lo com barra, placas e anel de centragem;
5. Colocar molde na máquina;

6. Ligar mangueiras e fixar molde quando necessário;
7. Introduzir parâmetros;
8. Aquecer o molde;
9. Iniciar produção.

De forma a reduzir o tempo que a máquina está parada, uma das soluções propostas foi pré-preparar o molde antes de este entrar na máquina. Esta pré-preparação envolve as seguintes etapas:

- Retirar molde que vai entrar da estante
- Equipar molde com placas, barra de extração, anel de centragem e mangueiras

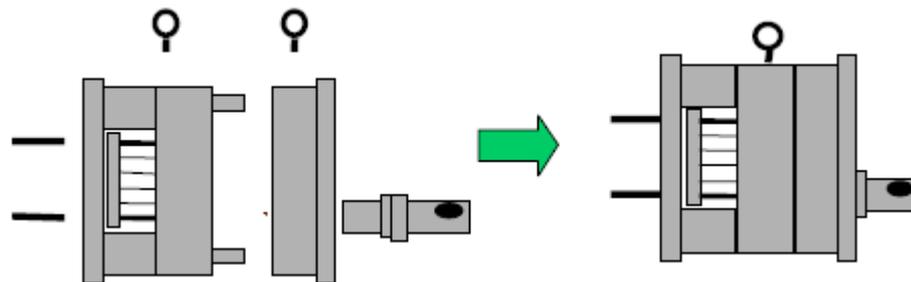


Figura 3.8 - Pré- preparação do molde.

- Colocar molde a pré-aquecer numa palete o mais próximo possível da máquina onde vai entrar



Figura 3.9- Moldes em pré-aquecimento.

- Imprimir folha com parâmetros de injeção

#### Pré- preparação do espaço e ferramentas

Esta foi outra das soluções propostas para converter trabalho interno em externo. A pré-preparação do espaço visa a diminuir o tempo gasto em transporte e deslocações. Consiste em:

- Colocar a grua o mais próximo possível do molde que vai ser retirado;



**Figura 3.10** - Grua localizada ao pé do olhão do molde.

- Preparar espaço ao pé da máquina com palete para receber molde que vai sair. Desta forma, o molde que é trocado é imediatamente pousado nesta palete como está, isto é, com placas, barra de extração, anel de centragem e mangueiras.

A pré-preparação de ferramentas foi uma solução desenvolvida para evitar ou minimizar deslocações desnecessárias para ir buscar ferramentas ou outros itens necessários à troca de molde. Assim, na pré-preparação, o operador deve reunir tudo aquilo que necessita para trocar

o molde, a nível de ferramentas, colocar no carro de ferramentas e deslocar o carro para um local perto da máquina.



Figura 3.11 - Carro colocado ao pé da máquina de injeção.

### Etapa 3

Nesta última etapa de aplicação de SMED, o foco foi em tentar simplificar o processo de troca de molde no geral, ou seja, trabalho interno e externo.

O carro de ferramentas foi um dos alvos nesta fase. O carro até então apresentava-se razoavelmente organizado, no entanto, com muito material obsoleto ou que não era usado frequentemente. Este material para além de tornar o carro mais pesado, no fim de contas acaba por potenciar desorganização e aumento de tempo na procura de ferramentas. Decidiu-se então munir o carro apenas com o que era necessário e reorganizar o material de forma mais intuitiva de acordo com as necessidades dos operadores.

Tabela 3.4 - Remodelação do carro de ferramentas.

Gaveta	Antes	Depois
1		
2		
3		
4		
5		O material desta gaveta era obsoleto, por isso foi retirado do carro, deixando a gaveta vazia.
6		Esta gaveta ficou destinada na mesma às mangueiras.



A primeira gaveta é a mais facilmente alcançável, pelo que pode ser importante que o material mais utilizado esteja aqui. Junto dos operadores, foi apurado quais as ferramentas necessárias na troca de molde e passaram-se a guardar estas ferramentas na primeira gaveta. Para além disso, colocou-se uma *Checklist* (Anexo A) de todos os materiais necessários à mudança de molde, incluindo ferramentas e outros itens usados desde lubrificante ao comando da grua.

Outra forma que se encontrou de facilitar o trabalho externo foi evitar a procura pelas barras de extração. Inicialmente, estas estavam amontoadas numa gaveta na área de injeção. Em algumas trocas de molde verificou-se que os operadores perdiam algum tempo à procura de uma barra de extração adequada. Decidiu-se então separar as barras por máquina, colocando um suporte com as respetivas barras em cada uma.

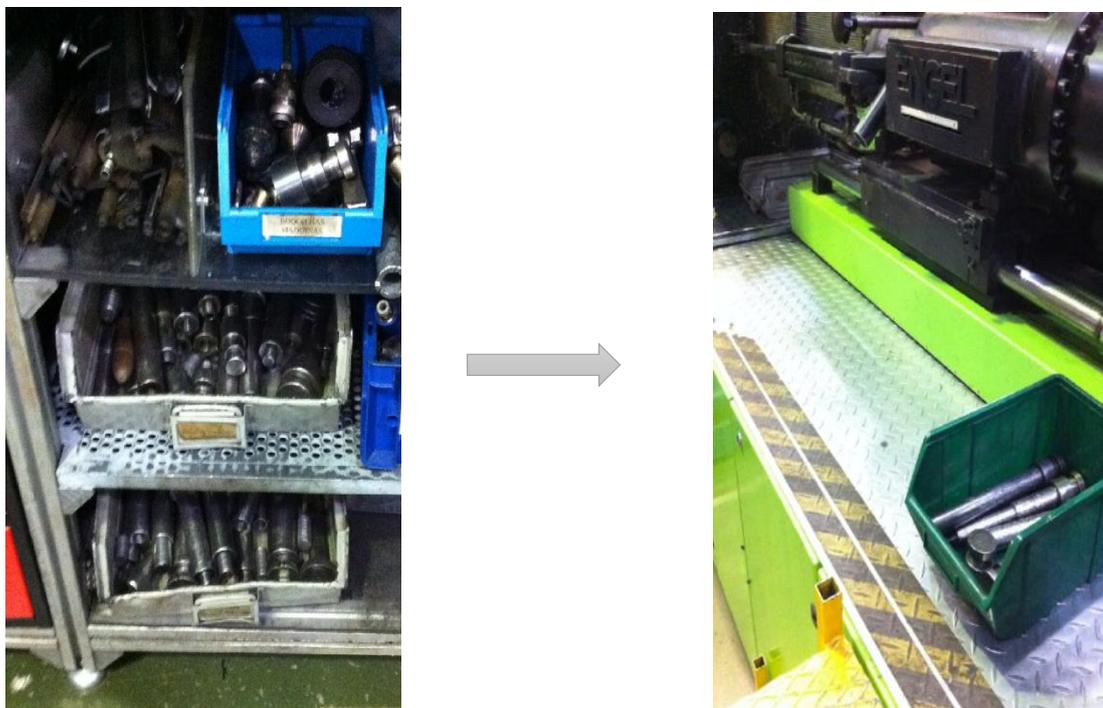


Figura 3.12 - Reorganização das barras de extração por máquina.

Por último, foi elaborado um planeamento para a troca de molde (Anexo C). Este planeamento engloba ações de preparação de molde, ferramentas e espaço e as ações em modo operatório da mudança de ferramenta. No modo operatório, este planeamento descreve as tarefas principais a serem realizadas. Está feito para 2 operadores, no entanto, pode ser cumprido por 1 operador.

### 3.4.2- SMED na injeção de zamak (continuação)

#### Etapa 1 e 2

Nesta fase foi avaliado aquilo que podia ser feito externamente, tal como foi feito na injeção de plástico. No entanto, na troca de cortante verificou-se que não existiam grandes desperdícios aparentes no transporte. Desta forma, a abordagem ao problema foi feita no sentido de alterar um pouco o procedimento, de modo a permitir a conversão de maior número de tarefas internas em externas.

#### Introdução de novo carro de transporte

As operações de transporte do cortante eram até aqui feitas com o auxílio de um carro de transporte e com a grua. O cortante era retirado para o carro com auxílio da grua e depois retirado com a mesma para uma palete perto da prensa. A solução para reduzir este transporte, e possibilitar conversão de algumas tarefas internas em externas foi a introdução de um novo carro.

Com o novo procedimento, o operador retira o molde para o carro e retira o carro da zona da prensa. O cortante que vai entrar está preparado noutro carro que é depois transportado para a entrada da prensa, permitindo diminuir o tempo total gasto a deslocar a ferramenta. Permite ainda fazer externamente algumas tarefas como colocar as barras de segurança para o transporte do cortante.

#### Marcação do posicionamento do carro

O carro usado para introduzir o cortante tem de estar posicionado sensivelmente a meio da entrada da prensa. Para tornar este trabalho externo, o carro foi colocado no sítio desejado e, com fita amarela, foi definida a sua posição ideal.



Figura 3.13 - Marcação do posicionamento do carro de transporte.

### Etapa 3

Nesta última etapa foi simplificado o trabalho interno e externo. Do trabalho interno, aquele que consumia mais tempo era o ajuste do cortante nos pratos da máquina. Esta tarefa era realizada com uma fita métrica e exigia que os operadores fossem dando alguns “empurrões” até o cortante estar no sítio certo. A solução para simplificar este trabalho foi colocar batentes na base da prensa e na ferramenta. O cortante é empurrado e encaixa nestes batentes posicionados à medida, facilitando bastante o processo de posicionamento.

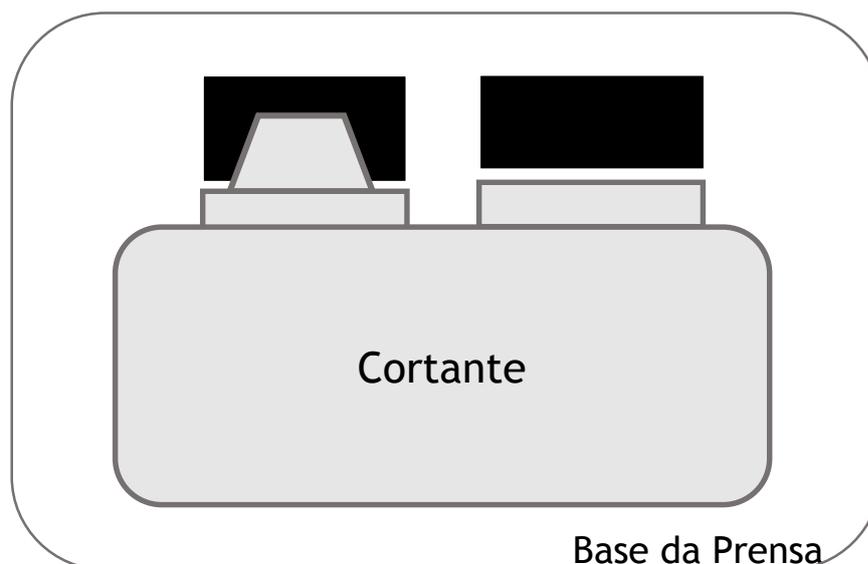


Figura 3.14 - Esquema representativo da aplicação dos batentes do cortante.

Por fim, foi apurado quais as ferramentas necessárias à troca de cortante e foi construído um suporte com as formas destas ferramentas com o objetivo de facilitar o trabalho externo de recolha do material necessário.



Figura 3.15 - Ferramentas de troca de cortante dispostas em quadro de esponja.

Depois disto, foi elaborado o *process map* do procedimento da mudança de cortante e assinaladas as tarefas que seriam convertidas de externas para internas, as tarefas que seriam simplificadas e as tarefas que seriam eliminadas de acordo com o novo procedimento.

Tabela 3.5 - *Process map* troca de cortante com conversão de tarefas internas e externas, simplificação de tarefas e tarefas eliminadas

**Máquina:** Prensa Reis

Nº	Atividades	Tipo	Duração	%
1	Limpeza do cortante	Int	00:22	1,5%
2	Fecho do cortante	Int	00:30	2,0%
3	Desapertar barra de extração	Int	00:58	3,9%
4	Retirar sistema pneumático e hidráulico	Int	00:22	1,5%
5	Retirar apertos rápidos do molde	Int	01:00	4,0%
6	Retirar cunhas de extração	Int	00:38	2,5%
7	Abrir prensa	Int	00:14	0,9%
8	Subir barra extração	Int	00:13	0,9%
9	Retirar barra de extração	Int	00:36	2,4%
10	Colocar cunha da extração	Int	00:23	1,5%
11	Procurar barras de segurança	Int	02:00	8,0%
12	Posicionar carro de transporte	Int	00:09	0,6%
13	Nivelar carro com máquina	Int	00:06	0,4%
14	Engatar correntes da grua no molde	Int	00:31	2,1%
15	Posicionar cortante para barras de segurança	Int	00:23	1,5%
16	Colocar barras de segurança	Int	00:28	1,9%
17	Retirar cortante da prensa	Int	00:26	1,7%

18	Transportar cortante para o lado da prensa	Int	00:49	3,3%
19	Soltar e prender ferramentas da grua	Int	00:10	0,7%
20	Transporte da ferramenta para carro de apoio	Int	00:50	3,3%
21	Colocar cortante na máquina	Int	00:06	0,4%
22	Soltar ferramenta da grua	Int	00:02	0,1%
23	Retirar grua e carro da zona de trabalho	Int	00:17	1,1%
24	Posicionar ferramenta na prensa com fita métrica	Int	03:24	13,6%
25	Fechar a prensa	Int	00:19	1,3%
26	Retirar barra de segurança	Int	00:39	2,6%
27	Fixar prensa na máquina com cunhas	Int	02:51	11,4%
28	Ligar sistema pneumático e hidráulico	Int	02:20	9,3%
29	Colocar barra de extração	Int	00:10	0,7%
30	Abertura da máquina	Int	00:22	1,5%
31	Ajuste da bandeja	Int	00:31	2,1%
32	Introdução de parâmetros	Int	00:31	2,1%
33	Teste dos movimentos hidráulicos	Int	00:20	1,3%
34	Limpeza da área da prensa	Int	02:00	8,0%
35	Arranque da prensa	Int	00:05	0,3%

Total 25:05

	Tarefas convertidas em externas
	Tarefas simplificadas
	Tarefas eliminadas

### 3.4.3- Outras soluções

#### 5s na zona de injeção

A aplicação dos 5s é indubitavelmente uma mais-valia a nível de organização, servindo de sustento a qualquer instituição que trabalhe com práticas *Lean*. À medida que o autor se ia integrando no ambiente de trabalho e nos processos do setor de injeção, foi tentando encontrar pequenas melhorias que poderiam ser feitas a este nível. Por consequência, algumas destas pequenas melhorias visam também a simplificar de certo modo, a troca de molde e de cortante.

Como já foi referido atrás, foram retiradas várias ferramentas obsoletas do carro. Foram consideradas obsoletas no carro, já que não eram tão frequentemente usadas. Apesar disso, ocasionalmente podem ser necessárias, pelo que devem estar num local acessível e visível. Assim sendo, estas ferramentas retiradas do carro foram dispostas numa placa perfurada no setor de injeção. Outros pequenos acessórios que estavam no carro foram também organizados em gavetas transparentes no mesmo local.

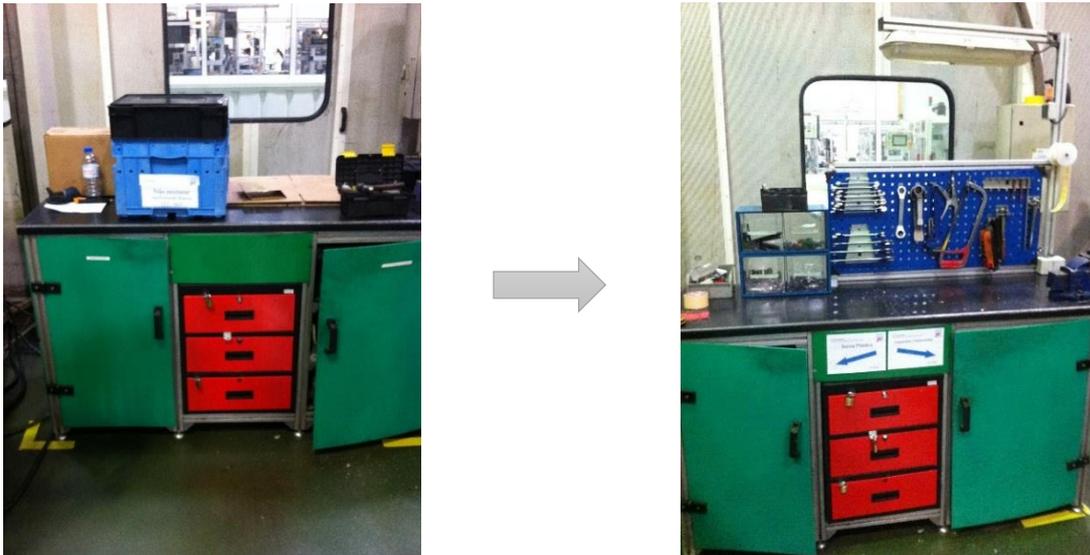


Figura 3.16 - Organização do setor

Algumas identificações foram também feitas no âmbito da etapa de classificação dos 5s, tentando melhorar algumas situações que não estavam tão bem ou atualizando alguns elementos de gestão visual.





Figura 3.17 - Identificação e organização

Foi apurado que algumas das placas que se encontravam armazenadas na zona de injeção não eram necessárias, pois pertenciam a antigos moldes. No sentido de ganhar algum espaço e retirar material obsoleto, foi recolhida informação junto dos operadores acerca das placas de molde que necessitavam na zona de injeção. No final, chegou-se à conclusão que cerca de 70% das placas que lá estavam não eram necessárias. Decidiu-se portanto retirar este material de lá, deixando um par de placas suplentes para cada máquina para fazer pré-preparação do molde.



Figura 3.18 - Redução do número de placas de molde no setor de injeção (antes e depois)

### Aplicação Gestão Visual

Esta aplicação surgiu no sentido de obter melhor visibilidade sobre o setor de injeção. A empresa tem uma aplicação no seu sistema que fornece informações acerca das referências em produção, assim como as peças pendentes de Ok à primeira peça e validação de parâmetros, no entanto, esta aplicação pode ser um pouco confusa e a informação não está intuitivamente apresentada. Assim sendo, e em discussão com outros colaboradores da empresa, o autor pensou numa forma de, rapidamente, passar estas informações para quem precisa.

Ainda em forma de protótipo, este pequeno aplicativo desenvolvido em MS Excel permite, visualmente, fornecer informação importante acerca da produção no setor de injeção. Este ficheiro foi desenvolvido num Script de Visual Basic.

Para perceber melhor como funciona esta aplicação, a figura seguinte descreve o processo de injeção, mais propriamente, as suas etapas inerentes.

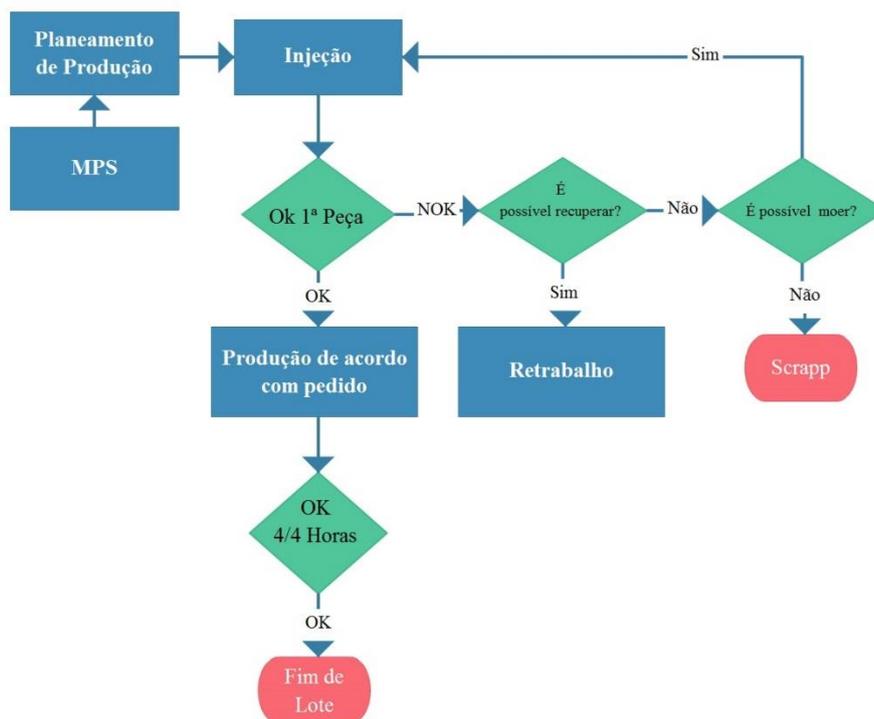


Figura 3.19 - Diagrama de Fluxo desde o planeamento até ao setor de injeção

O MPS define as necessidades de produção que são posteriormente convertidas num plano de produção para satisfazer o pedido do cliente. Quando uma referência começa a ser injetada, o operador lança um pedido de Ok à primeira peça e um pedido de validação de parâmetros, no caso de estes terem de ser alterados. Estes pedidos são apresentados no sistema informático da empresa e são lançados após a máquina começar a produzir. Quando o Ok à primeira peça

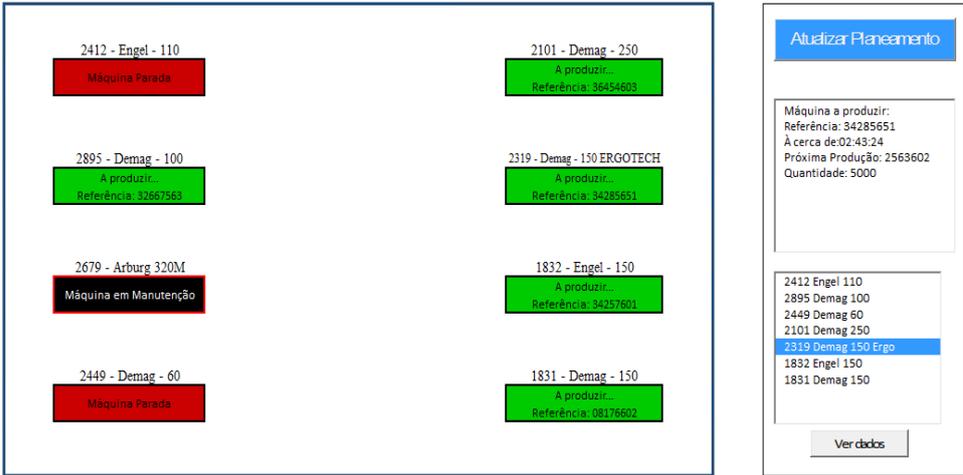
é dado, a referência passa ao estado de “Produção Aprovada”, existindo depois uma verificação ao produto, de 4 em 4 horas. Quando acaba a produção o operador dá essa informação ao sistema que retira a referência da secção de “Produção Aprovada”.

Através do MS Excel, são recolhidos, de 5 em 5 minutos, os dados das referências em produção e pendentes de Ok/ validação de parâmetros. Esta informação é analisada e convertida numa página de Excel com os dados do estado atual de cada máquina. Através da atualização de 5 em 5 minutos, o programa vai contabilizando o tempo há que determinado equipamento está num determinado estado. Para além disso, também é possível ao utilizador descarregar o plano de injeção- elaborado pelos Chefes de Equipa da injeção- e obter facilmente a informação do produto que será produzido a seguir, assim como a respetiva quantidade.

A figura seguinte mostra o aspeto geral deste aplicativo.

Huf Portuguesa  
O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM

**Controlo Visual Setor de Injeção**



Máquina	Estado	Referência
2412 - Engel - 110	Máquina Parada	
2895 - Demag - 100	A produzir	32667563
2679 - Arburg 320M	Máquina em Manutenção	
2449 - Demag - 60	Máquina Parada	
2101 - Demag - 250	A produzir	36454603
2319 - Demag - 150 ERGOTECH	A produzir	34285651
1832 - Engel - 150	A produzir	34257601
1831 - Demag - 150	A produzir	08176602

**Atualizar Planeamento**

Máquina a produzir:  
Referência: 34285651  
À cerca de: 02:43:24  
Próxima Produção: 2563602  
Quantidade: 5000

2412 Engel 110  
2895 Demag 100  
2449 Demag 60  
2101 Demag 250  
**2319 Demag 150 Ergo**  
1832 Engel 150  
1831 Demag 150

Ver dados

**Figura 3.20** - Aspeto geral da aplicação de gestão visual

Desta forma, quando o operador inicia uma produção, esta é enviada para o sistema da Huf e, por consequência, esta aplicação recolhe essa informação e assinala os retângulos correspondentes à máquina com a cor verde. Quando o operador reporta o fim de lote no sistema, a máquina é assinalada com a cor vermelha, significando que não se encontra naquele momento a produzir. O painel do lado direito permite visualizar outros dados referentes à máquina como o tempo há que está a produzir ou parada, a próxima referência a ser produzida e respetiva quantidade.

Este protótipo poderá ter mais algumas potencialidades no que diz respeito às trocas de molde e à visibilidade sobre o setor de injeção. Sendo que os operadores atualizam o sistema quando começam e terminam uma produção, estes dois eventos podem ser usados para determinar, ainda que não seja exato, o tempo de troca de molde. Em contínuo funcionamento, uma aplicação baseada nesta ideia pode manter um registo das trocas de molde realizadas, apresentando informação relevante como médias de tempo de *setup* ou o número de trocas de molde numa determinada máquina. Para além disso, também poderá ser interessante planear as trocas de molde que serão feitas mediante a disponibilidade de alguns dados de tempos de ciclo das referências em produção. Com os tempos de ciclo seria possível calcular quanto tempo resta até acabar um determinado lote e, de acordo com isso, planear as etapas prévias à troca de molde como a pré-preparação do molde, espaço e ferramentas. No entanto, isto estaria dependente de um planeamento preciso e da correta atualização de informação por parte dos operadores.

### Checklist Manutenção Preventiva

Após a discussão com alguns chefes de turno e operadores da zona de injeção, verificou-se que existiam por vezes alguns problemas que faziam parar a produção por falta de manutenção ou de verificação de alguns detalhes. Nesse sentido a solução proposta foi elaborar um documento específico para cada máquina, no qual estariam descritos os problemas mais frequentes do equipamento. A frequência de preenchimento foi determinada junto dos operadores que lidam com as máquinas, sendo que alguns itens da *Checklist* devem ser verificados de hora em hora e outros de 4 em 4 horas. No caso de não encontrar nenhuma anomalia, o operador deve apenas colocar o seu número de colaborador Huf para validar a verificação. Por outro lado, caso encontre uma anomalia deve preencher com o seu número de colaborador e com o número da ordem de trabalho que lançou para resolver esta anomalia. Os itens de verificação da *Checklist* (Anexo B) contêm:

- Verificar possíveis acumulações de material na boquilha;
- Verificar se equipamento de aquecimento do molde está em alarme e se as temperaturas estão dentro do normal;
- Verificar se a cablagem relativa à extração está ligada;
- Verificar limpeza e lubrificação do molde.

# Capítulo 4

## Análise e Discussão de Resultados

Este capítulo apresenta os resultados do projeto da aplicação, em particular, o da metodologia SMED. Para além disso, mostrará a evolução do OEE ao longo dos 3 meses de trabalho, assim como a componente de disponibilidade. A redução de custos de produção também será estimada tendo em conta o tempo poupado e dados de custo de produção fornecidos pela empresa. Falará também um pouco sobre algumas dificuldades encontradas pelo autor no decorrer do trabalho.

### 4.1- Resultados SMED na injeção plástica

Depois de analisar os dados e desenvolver as soluções, estas foram postas em prática e duas trocas de molde foram filmadas e documentadas para verificar os ganhos obtidos e o tempo de troca de molde. Estas trocas de molde foram feitas em condições diferentes, sendo que uma delas não necessitou de troca de material e a outra necessitou.

No caso da mudança de molde sem troca de material, os resultados foram muito positivos, apresentando um tempo total de mudança de molde de 11 minutos e 50 segundos. A troca foi feita apenas por um operador. As tarefas externas incluíram a pré-preparação do molde, ferramentas e espaço descritas no capítulo anterior. Desta forma, o processo consistiu apenas em retirar o molde da máquina, introduzir o novo molde já aquecido, fazer alguns ajustes na máquina e começar a produzir. Este molde não necessita de aperto manual de cunhas. O *process map* do procedimento foi o seguinte:

Tabela 4.1 - *Process map* troca de molde depois de aplicação do SMED**Máquina**

a Engel 110

**Molde**

Saiu 33003608

Entrou 33004603

Nº	Atividades	Tipo	Duração	%
1	Lubrificação e limpeza do molde	Int	00:53	7,5%
2	Avanço unidade de fecho	Int	00:24	3,4%
3	Retirar cunha da barra de extração	Int	00:24	3,4%
4	Posicionar grua e colocar ganchos	Int	00:06	0,8%
5	Retirar cablagem	Int	01:00	8,5%
6	Recuar unidade de fecho	Int	00:23	3,2%
7	Retirar e pousar molde	Int	00:54	7,6%
8	Deslocar grua até ao outro molde e posicionar ganchos	Int	00:10	1,4%
9	Retirar mangueiras de aquecimento	Int	00:09	1,3%
10	Transportar molde até máquina	Int	00:48	6,8%
11	Avançar unidade de fecho e ajustes	Int	00:23	3,2%
12	Retirar ganchos e desapertar segurança do molde	Int	00:23	3,2%
13	Recuar unidade de fecho	Int	00:41	5,8%
14	Ligar cablagem	Int	00:35	4,9%
15	Colocar segurança de extração	Int	00:27	3,8%
16	Introdução de parâmetros	Int	00:39	5,5%
17	Ajustes	Int	00:31	4,4%
18	Ok 1ª peça	Int	03:00	25,4%
Total			11:50	

Também se verificou uma redução no número de tarefas, consequência da simplificação do processo no geral.

Tabela 4.2 - Redução de tempo de *setup* em troca de molde sem troca de material

Descrição	Duração	Redução%	Redução Tempo
Retirar molde da máquina	04:14	57,7	00:05:47
Inserir molde novo na máquina	03:26	59,9	00:05:08
Ajustes da máquina	04:10	79,6	00:16:18
<b>Total:</b>	<b>00:11:50</b>	<b>69,7</b>	<b>00:27:13</b>

Na outra troca de molde documentada o processo durou 34 minutos e 2 segundos. Para verificar os ganhos obtidos, esta mudança de molde foi comparada a uma realizada em condições semelhantes, mas sem pré-preparação (Anexo D). A duração dessa mudança de molde, sem preparação, foi de 58 minutos e 38 segundos. Há uma clara redução de tempo de

*setup*, no entanto ficou um pouco aquém dos 33 minutos (melhor caso) esperados. Isto deve-se ao facto de, a troca de material ter obrigado a uma variação de temperatura do canal de injeção. Este ajuste de temperaturas durou cerca de 8 minutos. Para além disso, visto que o anel de centragem necessário era igual ao do molde que estava em operação e não havia outro, houve a necessidade de retirar o anel do molde que saiu e colocar no que ia entrar. Por último, devido às suas dimensões, para ser retirado, teve de se desapertar a barra de extração do molde. Estes contratempos poderão justificar a diferença entre o ganho esperado e o ganho obtido.

Tabela 4.3 - Redução tempo de *setup* em troca de molde com troca de material

Descrição	Duração	Redução%	Redução Tempo
Retirar molde da máquina	05:40	55	00:06:55
Inserir molde novo na máquina	02:40	83,1	00:13:08
Ajustes da máquina	25:42	15	00:04:33
<b>Total:</b>	<b>00:34:02</b>	<b>42</b>	<b>00:24:36</b>

## 4.2- Resultados SMED na injeção de zamak

Os resultados da aplicação da metodologia SMED na troca de cortante foram também positivos.

No total, a mudança de cortante apresentou uma redução de tempo de aproximadamente 10 minutos, tendo o tempo total de troca de cortante chegado aos 15 minutos e 17 segundos. Os maiores ganhos de tempo foram obtidos na passagem de tarefas internas para externas e na simplificação do processo de ajuste de posição da ferramenta na prensa.

Tabela 4.4 - *Process map* troca de cortante depois de aplicação do SMED

**Máquina:** Prensa Reis

Nº	Atividades	Tipo	Duração	%
1	Limpeza do cortante	Int	00:22	2,4%
2	Fecho do cortante	Int	00:30	3,3%
3	Desapertar barra de extração	Int	00:58	6,3%
4	Retirar sistema pneumático e hidráulico	Int	00:22	2,4%
5	Retirar apertos rápidos do molde	Int	01:00	6,5%
6	Retirar cunhas de extração	Int	00:38	4,1%
7	Abrir prensa	Int	00:14	1,5%
8	Subir barra extração	Int	00:13	1,4%
9	Retirar barra de extração	Int	00:36	3,9%
10	Colocar cunha da extração	Int	00:23	2,5%

## 52 Análise e Discussão de Resultados

11	Retirar cortante da prensa	Int	00:26	2,8%
12	Transportar cortante para o lado da prensa	Int	00:23	2,5%
13	Colocar cortante na máquina	Int	00:06	0,7%
14	Posicionar ferramenta na prensa com batentes	Int	00:41	4,5%
15	Retirar grua e carro da zona de trabalho	Int	00:17	1,9%
16	Fechar a prensa	Int	00:19	2,1%
17	Retirar barra de segurança	Int	00:39	4,3%
18	Fixar prensa na máquina com cunhas	Int	02:51	18,6%
19	Ligar sistema pneumático e hidráulico	Int	02:20	15,3%
20	Colocar barra de extração	Int	00:10	1,1%
21	Abertura da máquina	Int	00:22	2,4%
22	Ajuste da bandeja	Int	00:31	3,4%
23	Introdução de parâmetros	Int	00:31	3,4%
24	Teste dos movimentos hidráulicos	Int	00:20	2,2%
25	Arranque da prensa	Int	00:05	0,5%
			<b>Total</b>	<b>15:17</b>

Tarefas simplificadas

Tabela 4.5 - Redução de tempo na troca de cortante

Descrição	Duração	Redução%	Redução Tempo
Retirar cortante da máquina	06:05	40,9	00:04:13
Inserir cortante novo na máquina	07:23	32,7	00:03:35
Ajustes da máquina	01:49	52,4	00:02:00
<b>Total:</b>	<b>00:15:17</b>	<b>39,1</b>	<b>00:09:48</b>

### 4.3- Evolução do OEE e redução de custos

Como já foi dito anteriormente, a melhoria dos tempos de *setup* pressupõe uma melhoria da componente de disponibilidade do OEE.

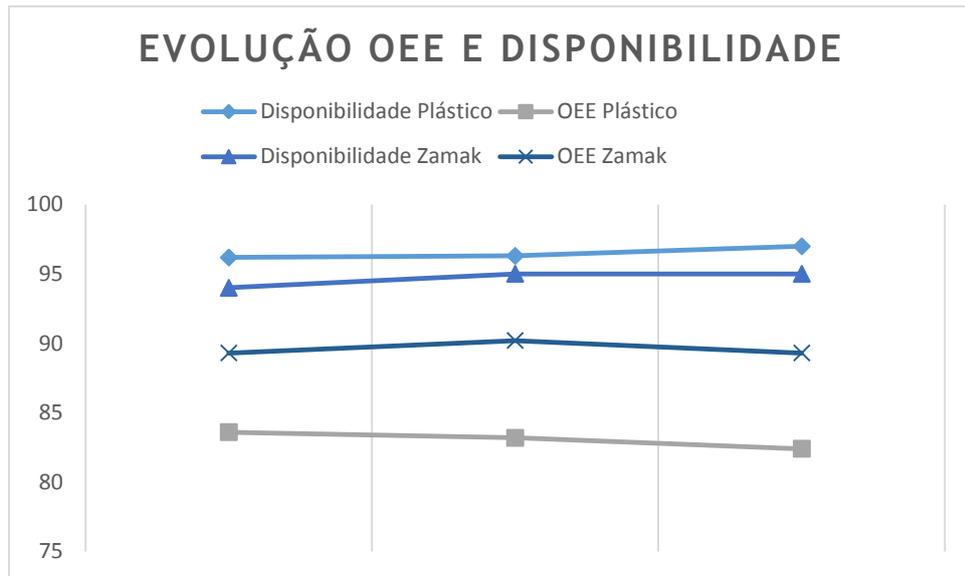


Figura 4.1 - Evolução do OEE ao longo dos projeto

Os dados apresentados sobre o OEE foram fornecidos pela empresa.

No gráfico é possível observar uma ligeira melhoria nos índices de disponibilidade. Por outro lado, devido ao papel das outras componentes de produtividade e qualidade, no índice de OEE observou-se uma pequena descida. Não era esperada uma grande subida na disponibilidade, já que os processos não estão totalmente normalizados e ainda há um longo caminho a percorrer nesse sentido.

A redução de custos foi determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Redução de custos por troca de molde} = \frac{\text{Tempo reduzido} * \text{Custo trabalho por hora} * \text{Nº de operadores}}{\text{Tempo original} * \text{Custo trabalho por hora} * \text{Nº de operadores}}$$

Equação 4.1 - Equação de cálculo de redução de custos

Tabela 4.6 - Redução de custos para melhor e pior caso conseguido nas trocas de molde e cortante

	<i>Pior caso (documentado)</i>	<i>Melhor Caso (documentado)</i>
<i>Plástico</i>	24 Minutos - 3,9 Euros	27 Minutos- 4,4 Euros
<i>Zamak</i>		10 Minutos- 3,25 Euros (único caso)

Os dados apresentados são referentes a uma única troca de molde. Estes dados foram fornecidos pela empresa.

#### 4.4- Dificuldades encontradas

No decorrer dos 3 meses de trabalho o autor deparou-se com algumas dificuldades que foi ultrapassando com a ajuda da equipa de trabalho.

A primeira fase de adaptação ao ambiente de trabalho não ofereceu obstáculos relevantes, sendo que todos os colaboradores da empresa sempre se mostraram muito prestáveis e interessados em poder dar o seu contributo na integração do autor. Algumas dificuldades surgiram na fase de recolha de dados, já que inicialmente as trocas de molde eram cronometradas e documentadas em papel ao mesmo tempo da mudança de molde. Este método de recolher informação não se revelou muito precisa e carecia de alguns dados importantes para análise. Nesse sentido, foi pedida autorização à empresa para se filmar o processo. Filmando o processo tudo se tornou mais simples e a descrição das atividades fez-se de forma mais completa.

Por vezes existiu também alguma dificuldade em conseguir assistir inteiramente a uma mudança de ferramenta quer por causa de horários de trabalho ou devido à dificuldade em prever exatamente quando se iria fazer a mudança.

Os procedimentos de troca de molde em si também foram um obstáculo ao tratamento de dados. Os procedimentos podem variar bastante consoante o molde que vai entrar ou a máquina em que vai injetar. Algumas máquinas requerem mais cuidados com uns aspetos que outras e vice-versa. Sendo que algumas máquinas são mais antigas, as tarefas de troca de molde podem também variar, dificultando uma análise objetiva e a normalização do processo. O tipo de molde também afeta o procedimento, já que há moldes que têm alguns requisitos que outros não têm. Neste âmbito, o autor tentou encontrar tarefas que fossem comuns a todas as mudanças de ferramentas e assim conseguir atuar no maior número de máquinas e moldes possível.

Por fim, a normalização dos processos também foi um obstáculo. O setor automóvel é muito exigente em todos os aspetos. Todos os dias há ajustes nas encomendas que obrigam a reelaborar o plano de produção, afetando diretamente o setor de injeção que acaba também por ter de se adaptar a estas exigências. Por vezes ocorreram mudanças no planeamento pouco tempo antes de as referências serem postas em produção, o que dificulta de algum modo coordenar certas tarefas de pré-preparação à mudança de ferramenta.

# Capítulo 5

## Conclusão e perspectivas futuras

### 5.1- Conclusão

Ao fim de 17 semanas de trabalho e analisando os resultados obtidos, é possível confirmar que os objetivos foram, de modo geral, cumpridos.

O estudo e a implementação da metodologia SMED mostram resultados positivos em termos de redução de tempos de mudança de molde e cortante. Estas melhorias, normalizadas, podem traduzir ganhos significativos em termos de custos e de produtividade para a empresa. O OEE do setor não apresentou grandes alterações, visto que as melhorias definidas não foram implementadas em todas as mudanças de ferramenta, pelo que seria necessário mais algum tempo para normalizar os procedimentos.

A aplicação dos 5s também permitiu obter uma melhor organização geral do setor, melhorando algumas situações que se encontravam menos bem e servindo de base para a implementação de outras práticas *Lean*.

A aplicação de gestão visual, apesar de ser um protótipo, é uma ideia com potencial que pode trazer vários benefícios na gestão do setor de injeção. Isto numa altura em que as máquinas de injeção que surgem no mercado estão munidas de meios para serem conectadas em rede e, continuamente, fornecerem informações de produção e estado da máquina.

Este projeto constituiu uma oportunidade para o autor verificar a aplicabilidade da filosofia *Lean* e das suas ferramentas, em particular o SMED. Foi, indubitavelmente, um desafio que melhorou as competências pessoais e profissionais do autor e ajudou na sua integração na indústria e no dia-a-dia empresarial.

## 5.2- Trabalho Futuro

As perspectivas de trabalho futuro são vastas, já que o tempo de desenvolvimento do projeto poderá ter sido um pouco curto para o tema. A filosofia *Lean* por vezes poderá levar algum tempo e esforço contínuo até demonstrar resultados sólidos. Podem ser feitas algumas melhorias das quais se tira partido imediatamente, mas frequentemente, os melhores resultados são fruto de um compromisso contínuo e de longa duração para com a melhoria contínua e o desejo de atingir a perfeição.

No projeto desenvolvido foi verificado que implementar *Lean* não se trata apenas de seguir um conjunto de metodologias ou “receitas”. Apesar disso, para quem quer que integre este projetos nesta área, é muito importante que conheça o que já foi feito e os resultados que pode obter.

O problema deve estar identificado de forma clara, assim como os benefícios que podem ser alcançados ao resolvê-lo.

É essencial a colaboração de todos. Antes do começo de projetos com base em *Lean*, deve ser feita uma clara exposição das intenções da sua implementação. Desde a gerência ao *Gemba*, todos devem estar com o foco no desejo de melhorar, independentemente de falhanços prévios ou abordagens menos conseguidas.

É crucial conseguir adaptar ideias e conhecimento adquirido às situações com que nos deparamos e perceber quais poderão ser os limites das aplicações teóricas de metodologias na vertente prática. Nesse sentido, deve-se conhecer bem o meio em que se vai trabalhar e ter como primeiro objetivo compreender o funcionamento geral dos processos. Isto deve ser feito de forma paciente e observando cuidadosamente os procedimentos, anotando casualmente impressões importantes. A análise dos processos mais específica deve ser feita apenas depois de ter uma visão geral do modo de operar.

O trabalho desenvolvido foi realizado com pouco investimento, dando ênfase a pormenores que, em grande quantidade, podem fazer a diferença. Um investimento maior e uma análise das soluções oferecidas por empresas que se dedicam à otimização de troca de ferramentas, pode trazer outros resultados mais evidentes.

Em conversa com os operadores e outros colaboradores da empresa, o autor tomou conhecimento de que havia uma ideia para instalar uma mesa para preparar o molde no setor de injeção. Junto desta mesa estariam todos os acessórios necessários à pré-preparação, como os acessórios e os equipamentos de aquecimento.

O estudo e análise de produção também poderia ser um dado relevante. Neste momento é o Chefe de Equipa que faz o planeamento, no entanto, não está otimizado e é feito de forma

rudimentar. No aspeto do planeamento há varias considerações que devem ser feitas. Seria interessante analisar as temperaturas de molde e máquina em cada troca de referência e elaborar o planeamento de forma a minimizar o tempo despendido nessas variações de temperatura. A questão de troca de material também é importante e seria relevante otimizar também o planeamento de forma a minimizar o número de trocas de material. Para isto, deve ser feita uma análise de dados muito completa e é necessário conhecer muito bem o processo.

# Referências

- [1] M. Cusumano, "Japanese Technology Management: Innovations, Transferability, and the Limitations of 'Lean Manufacturing,'" in *Symposium on "Managing Technology: The Role of Asia in the 21st Century*, 1992, p. 8.
- [2] Toyota Motor Corporation, "Toyota Production System," *Toyota Production System*. [Online]. Available: [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/).
- [3] R. Moen and N. Clifford, "Evolution of PDCA Cycle," p. 11.
- [4] D. J. Mi, "Lean Systems." Univeristy of Hull, 2011.
- [5] T. L. Academy, "History of Lean." 2012.
- [6] K. Suzaki, *New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. Free Press, 1987.
- [7] P. G. Ferradás and K. Salonitis, "Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells," in *Procedia CIRP*, 2013, vol. 7, pp. 598-603.
- [8] M. Kemal Karasu, M. Cakmakci, M. B. Cakiroglu, E. Ayva, and N. Demirel-Ortabas, "Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production," *Measurement*, vol. 47, pp. 741-748, Jan. 2014.
- [9] S. Inc., "A Brief History of Lean," 2007. [Online]. Available: [http://www.strategosinc.com/just\\_in\\_time.htm](http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm).
- [10] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. HarperCollins, 1991.
- [11] R. McIntosh, G. Owen, S. Culley, and T. Mileham, "Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's 'SMED' methodology," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 54, no. 1, pp. 98-111, 2007.
- [12] R. I. McIntosh, S. J. Culley, A. R. Mileham, and G. W. Owen, "A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 38, no. 11, pp. 2377-2395, 2000.
- [13] I. Rodrigues, "As Bases do Planejamento Económico da Produção." 2008.
- [14] Kaizen Institute, "SMED." .

- [14] M. Rodrigues, “Implementação de práticas Lean numa linha de produção eletrónica,” Universidade do Porto, 2012.
- [15] Strategos Inc., “Pioneers of Lean Manufacturing- Taiichi Ohno & Shigeo Shingo.” .
- [16] P. F. Drucker, “Knowledge- Worker Productivity: The Biggest Challenge,” in *California Review Management*, 1999, pp. 79-94.
- [17] D. Ribeiro, F. Braga, R. Sousa, and S. Carmo-Silva, “An Application of the SMED Methodology in an Electric Power Controls Company.”
- [18] E. Costa, S. Bragança, R. Sousa, and A. Alves, “Benefits from a SMED Application in a Punching Machine,” *International J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatronics Eng.*, vol. 7, no. 5, pp. 373-379, 2013.
- [19] L. Gabahne, M. Gupta, and D. R. Zanwar, “Overall Equipment Effectiveness Improvement: A Case of injection molding machine,” *Int. J. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 8, pp. 01-10, 2014.
- [20] G. Gest, S. J. Culley, R. I. McIntosh, A. R. Mileham, and G. W. Owen, “Review of fast tool change systems,” *Comput. Integr. Syst.*, vol. 8, no. 3, pp. 205-210, 1995.
- [21] N. M. P. da Cruz, “Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos,” Universidade do Minho, 2013.
- [22] M. Meybodi, “The impact of Just-In-Time practices on new product development: a managerial perspective,” *Int. J. Prod. Dev.*, vol. 2, no. 3, pp. 254-264, 2005.
- [23] S. Culley, A. Mileham, R. McIntosh, and G. Owen, *Improving Changeover Performance*. Elsevier Science, 2001.

# Anexos

## Anexo A- Checklist de Ferramentas e Acessórios

Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



### Troca de molde Demag/ Engel Checklist Ferramentas

#### Antes de iniciar troca de molde recolher:

- ✓ Chaves de allen
- ✓ Chave de roquete
- ✓ Chave de fendas
- ✓ Alicate
- ✓ Martelo (remover segurança barra extracção)
- ✓ Acetona
- ✓ Lubrificante
- ✓ Cera (se necessário)
- ✓ Comando da grua
- ✓ \_\_\_\_\_
- ✓ \_\_\_\_\_

#### Acessórios para o molde:

- ✓ Barra de extracção adequada
- ✓ Anel de centragem
- ✓ Argola para remoção com grua
- ✓ Cunhas para apertar molde (quando necessário)
- ✓ \_\_\_\_\_

Figura A.1- Checklist Ferramentas



## Anexo C- Planeamento Troca de Molde

Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



### Planeamento Troca de Molde Demag/ Engel

#### Preparação

Espaço	Molde
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Palete para receber molde da máquina preparada;</li> <li>- Grua mais próximo possível do molde que vai sair.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar molde que vai entrar da estante;</li> <li>- Selecionar acessórios com ajuda da Checklist;</li> <li>- Preparar molde com estes acessórios e colocar a pré-aquecer na palete ao pé da máquina;</li> <li>- Imprimir parâmetros de injeção.</li> </ul>

#### Ferramentas/ Carro Ferramentas

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar checklist ferramentas e averiguar o que possa faltar no carro e recolher todos os itens necessários;</li> <li>- Posicionar carro num local acessível ao pé da máquina.</li> </ul>
--

#### Troca de Molde

Operador 1	Operador 2	Operador 1	Operador 2
1 Limpeza molde	Começar a retirar cablagem	8 Apertar cunhas	Apertar cunhas
2 Fechar molde		9 Ligar resto cablagem	
3 Fechar segurança		10 Ajustes da máquina	
4 Prender grua ao molde		11 Produção	
5 Desapertar cunhas	Desapertar cunhas		
6 Retirar molde e pousar na palete	Introdução de parâmetros		
7 Inserir novo molde			

Figura C.1 - Planeamento Troca de Molde

## Anexo D- PM Troca de Molde Demag 150 Ergotech

Tabela D.1 - PM Troca de Molde Demag 150 Ergotech

**Máquina** Demag 150 Ergotech

**Molde**

Saiu 01562601

Entrou 14319203

Nº	Atividades	Tipo	Duração	%
1	Tirar material da tremonha	Externa	02:40	
2	Acabar de usar material no fuso para produzir	Externa	12:10	
3	Lubrificar/ limpar molde	Int	01:03	1,8%
4	Fechar molde	Int	00:12	0,3%
5	Retirar mangueiras	Int	00:59	1,7%
6	Apertar segurança molde	Int	00:43	1,2%
7	Recuar unidade de fecho	Int	01:14	2,1%
8	Retirar molde da máquina	Int	02:36	4,4%
9	Tirar resto das mangueiras	Int	01:40	2,8%
10	Tirar placa do molde	Int	01:43	2,9%
11	Tirar outra placa do molde	Int	02:25	4,1%
12	Ir buscar novo molde e pousar para preparação	Int	03:58	6,8%
13	Pôr placas no molde	Int	03:36	6,1%
14	Apertar parafusos das placas	Int	00:57	1,6%
15	Procurar barra de extração	Int	02:28	4,2%
16	Apertar componente barra	Int	01:02	1,8%
17	Pôr barra molde novo	Int	00:16	0,5%
18	Transportar molde até interior da máquina	Int	03:31	6,0%
19	Ajustar molde nos pratos da máquina	Int	00:49	1,4%
20	Avançar unidade de fecho	Int	01:36	2,7%
21	Apertar garras (automático) e retirar barra segurança	Int	03:26	5,9%
22	Ajustar extração	Int	00:43	1,2%
23	Colocar cunha da barra de extração	Int	00:32	0,9%
24	Ligar ficha de extração	Int	00:53	1,5%
25	Pôr mangueiras	Int	03:15	5,5%
26	Imprimir parâmetros	Int	01:06	1,9%
27	Introduzir parâmetros	Int	02:33	4,3%
28	Aquecimento do molde	Int	10:04	17,2%
29	Purgar material	Int	01:37	2,8%
30	Até 1ª Peça Ok	Int	03:41	6,3%

Total 00:58:38

	Retirar molde da máquina
	Inserir novo molde na máquina
	Ajustes da máquina

-  Tarefas que podem ser feitas externamente
-  Tarefas simplificadas

## Anexo E- Tecnologia de Injeção

A injeção de plásticos é uma técnica de produção de peças tendo como matéria-prima material plástico. Este processo é conseguido por fundição do material, injetando-o a altas pressões num bloco de aço, o molde. É possível produzir peças com as mais variadas características (cor, tamanho, rigidez de material, etc..) graças á diversidade de matéria-prima existente e a toda a tecnologia envolvida nas próprias máquinas. O processo de injeção em si é bastante complexo, sendo que as características do produto final é afetado por várias variáveis.

Uma máquina de injeção é geralmente constituída por 4 unidades principais:

- Unidade de Injeção;
- Unidade de Fecho;
- Unidade de Potência;
- Unidade de Comando.

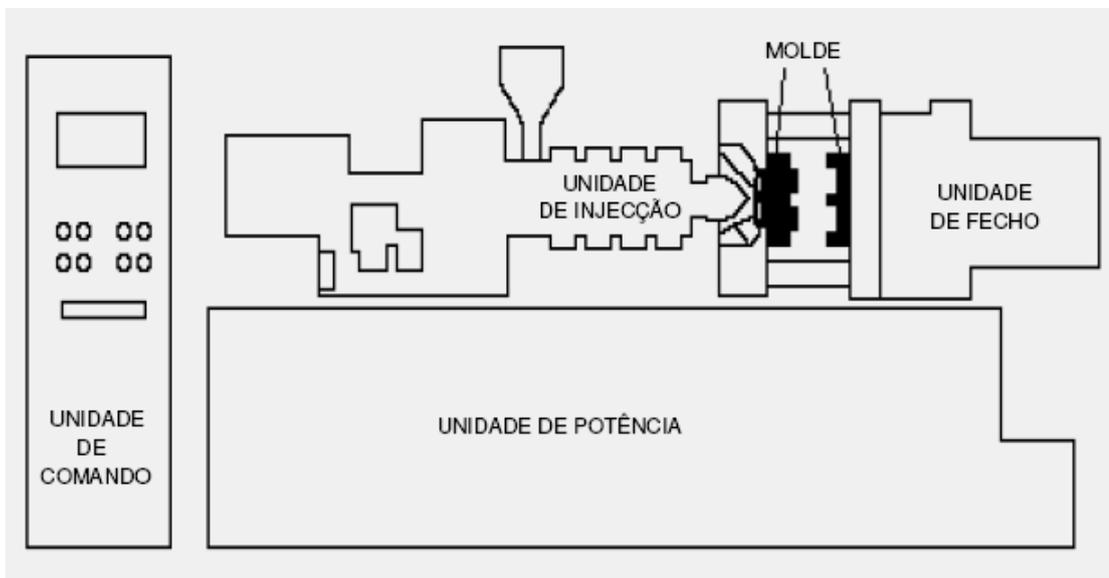


Figura E.1 - Representação de uma máquina de injeção com as diferentes unidades constituintes.

Na unidade de injeção, o material é colocado num recipiente, a tremonha. Este recipiente serve de abastecimento para o corpo de injeção, local onde o material é fundido. O corpo de injeção está envolto em várias resistências de aquecimento. As temperaturas das resistências variam formando várias zonas com temperaturas diferentes ao longo do corpo de injeção até

chegar o bico de injeção. O bico de injeção é por onde é expelido o material fundido, empurrado por um fuso que opera no sentido de injetar material e de abastecer material vindo da tremonha.

A unidade de fecho é responsável por servir de estrutura ao molde e extrair as peças injetadas. O molde é fixado entre a unidade de fecho e a unidade de injeção. Uma das metades do molde ficará fixa ao longo de toda a operação e a outra é móvel. Com o molde fechado, o material é injetado para dentro da estrutura de aço. Após a solidificação do material, o molde é aberto e as peças são retiradas com a ajuda do sistema de extração do molde e da máquina.

A unidade de comando é a interface usada pelo utilizador para operar com a máquina. Parâmetros como temperaturas, força de fecho ou força de extração são definidos na unidade de comando.

Por fim, a unidade de potência engloba todo o sistema elétrico e eletrónico da máquina.

Um ciclo de injeção consiste em 4 etapas:

1. Injeção de plástico para dentro do molde (molde fechado).
2. Pressurização.
3. Arrefecimento do material e recuo do fuso de injeção.
4. Abertura do molde para extração da peça e posterior fecho para iniciar novo ciclo.

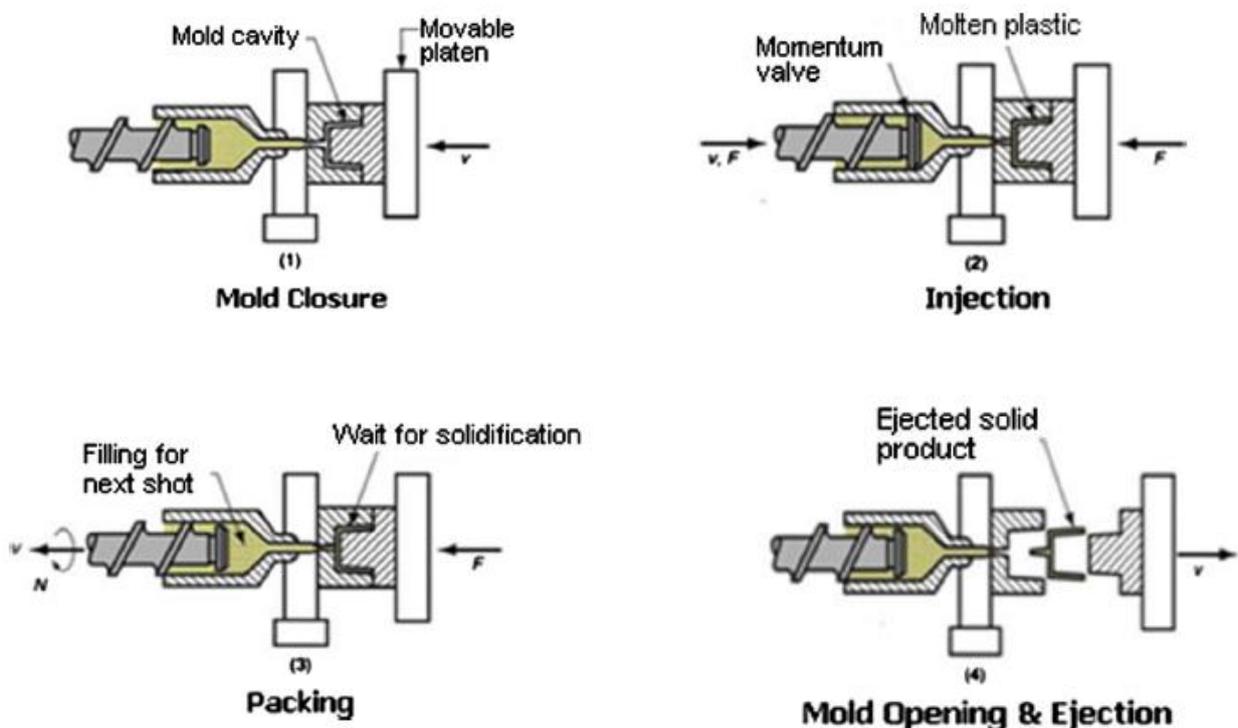


Figura E.2 - Fases de uma operação de injeção (da esquerda para a direita, de cima para baixo). Retirado de [8]

Para obter qualidade nas peças que saem das máquinas há vários parâmetros a considerar no ciclo de injeção. Os parâmetros definem também alguns pormenores do produto como o seu brilho ou tonalidade. Estes parâmetros incluem:

- Pressão de injeção
- Velocidade de injeção
- Temperatura do fuso e do molde
- Tempo de arrefecimento
- Volume de material

Os moldes são estruturas de aço e variam de dimensões e peso consoante a peça que se pretende obter. Dentro do molde existem cavidades que por sua vez permitem que o material ganhe a forma da peça desejada.



Figura E.3 - Molde de injeção

Os moldes são feitos especificamente para cada peça e são projetados por um moldista. O molde inclui um circuito interno de água que ajuda a controlar a temperatura interior e, para além disso, possuiu também um sistema de extração de peças. Dependendo do molde, este pode ou não possuir câmaras quentes. As câmaras quentes mantêm a temperatura do material constante entre o bico de injeção e o interior do molde, evitando a formação de jitos. Isto permite reduzir o material necessário para produzir uma peça e melhorar o aspeto da peça injetada.

## Anexo F- Script Visual Basic

```
Private Sub CommandButton1_Click()

Dim Target_Workbook As Workbook
Dim Source_Workbook As Workbook
Dim Target_Path As String
Dim j As Integer
Dim i As Integer

Target_Path = "Q:\Planeamento de Injecção- INJEÇÃO MAQUINAS"
Set Target_Workbook = Workbooks.Open(Target_Path)
Set Source_Workbook = ThisWorkbook

For j = 9 To 28

    For i = 2 To 16

Target_Data = Target_Workbook.Sheets(2).Cells(j, i)
Source_Workbook.Sheets(3).Cells(j - 8, i - 1) = Target_Data

    Next i
    Next j

Target_Workbook.Close False

End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()

Dim i, row, column As Integer
Dim SFLAG As Boolean

SFLAG = False
TextBox1.MultiLine = True
```

## 69 Anexos

```
i = 0
```

```
For i = 0 To ListBox1.ListCount - 1
```

```
  If ListBox1.Selected(i) = True Then
```

```
    Exit For
```

```
  End If
```

```
Next i
```

```
'MsgBox& current_status(i, 0)
```

```
If (current_status(i, 0) = 0) Then
```

```
  TextBox1.Text = ""
```

```
  TextBox1.Text = "Máquina parada à cerca de: " & Format(current_status(i, 3),  
"hh:mm:ss")
```

```
Else
```

```
SFLAG = False
```

```
For row = 1 To 17
```

```
  For column = 1 To 22
```

```
    If (current_status(i, 1) = Sheet3.Cells(row, column)) Then
```

```
      "MsgBox& "Match!"
```

```
      TextBox1.Text = ""
```

```
      TextBox1.Text = "Máquina a produzir:" & vbNewLine & "Referência: " &  
current_status(i, 1) & vbNewLine & "À cerca de:" & Format(current_status(i, 3), "hh:mm:ss")  
& vbNewLine & "Próxima Produção: " & Sheet3.Cells(row + 1, column) & vbNewLine &  
"Quantidade: " & Sheet3.Cells(row + 1, column + 2)
```

```
      SFLAG = True
```

```
    End If
```

```
  Next column
```

```
Next row
```

```
If (Not SFLAG) Then
```

```
  TextBox1.Text = ""
```

```

    TextBox1.Text = "Máquina a produzir:" & vbNewLine & "Referência: " & current_status(i,
1) & vbNewLine & "À cerca de:" & Format(current_status(i, 3), "hh:mm:ss") & vbNewLine &
"Próxima Produção: Indefinido" & vbNewLine & "Quantidade: Indefinido"

```

```
End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
```

```
Dim i, j As Integer
```

```
i = 4
```

```
For j = 1 To 7
```

```
"-----Procura na produção aprovada-----"
```

```
-----
```

```
Do While (Sheet5.Cells(i, 2) <>
```

```
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(j - 1, 0), machine_flag_array(j - 1,
1)).Value And i < 58)
```

```
MsgBox& ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(j - 1, 0),
machine_flag_array(j - 1, 1))
```

```
i = i + 1
```

```
MsgBox& Sheet5.Cells(i, 2)
```

```
Loop
```

```
If (i >= 58) Then
```

```
machine_flag_array(j - 1, 2) = 0
```

Else

machine\_flag\_array(j - 1, 2) = i

End If

-----

i = 4

-----Procura nos pendentes Ok 1ª Peça-----

Do While (Sheet5.Cells(i, 10) <>

ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine\_flag\_array(j - 1, 0), machine\_flag\_array(j - 1, 1)).Value And i < 24)

MsgBox& ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine\_flag\_array(j - 1, 0), machine\_flag\_array(j - 1, 1))

i = i + 1

Loop

If (machine\_flag\_array(j - 1, 2) <> 0) Then

Elseif (i >= 24) Then

machine\_flag\_array(j - 1, 2) = 0

Else

machine\_flag\_array(j - 1, 2) = i + 58

End If

i = 4

Do While (Sheet5.Cells(i, 15) <>

ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine\_flag\_array(j - 1, 0), machine\_flag\_array(j - 1, 1)).Value And i < 24)

```

    MsgBox& ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(j - 1, 0),
machine_flag_array(j - 1, 1))

```

```

    i = i + 1

```

```

    Loop

```

```

If (machine_flag_array(j - 1, 2) <> 0) Then

```

```

Elseif (i >= 24) Then

```

```

    machine_flag_array(j - 1, 2) = 0

```

```

Else

```

```

    machine_flag_array(j - 1, 2) = i + 82

```

```

End If

```

```

i = 4

```

```

Next j

```

```

update_last_status

```

```

production_on

```

```

End Sub

```

```

Public machine_flag_array(7, 3) As Integer

```

```

Public last_status(7, 4) As Double

```

```

Public current_status(7, 4) As Double

```

```

Sub Run()

```

```

"-----Engel 110-----

```

```

machine_flag_array(0, 0) = 10 " Row

```

```

machine_flag_array(0, 1) = 6 " Column

```

```

machine_flag_array(0, 2) = 0 " Flag
"-----Demag 100-----
machine_flag_array(1, 0) = 16 " Row
machine_flag_array(1, 1) = 6 " Column
machine_flag_array(1, 2) = 0 " Flag
"-----Demag 60-----
machine_flag_array(2, 0) = 28 " Row
machine_flag_array(2, 1) = 6 " Column
machine_flag_array(2, 2) = 0 " Flag
"-----Demag 250-----
machine_flag_array(3, 0) = 10 " Row
machine_flag_array(3, 1) = 15 " Column
machine_flag_array(3, 2) = 0 " Flag
"-----Demag 150 ERGO-----
machine_flag_array(4, 0) = 16 " Row
machine_flag_array(4, 1) = 15 " Column
machine_flag_array(4, 2) = 0 " Flag
"-----Engel 150-----
machine_flag_array(5, 0) = 22 " Row
machine_flag_array(5, 1) = 15 " Column
machine_flag_array(5, 2) = 0 " Flag
"-----Demag 150-----
machine_flag_array(6, 0) = 28 " Row
machine_flag_array(6, 1) = 15 " Column
machine_flag_array(6, 2) = 0 " Flag

```

```

initialize_status

```

```

initialize_box

```

```

Sheet1.Protect "sheet", UserInterfaceOnly:=True

```

```

Sheet5.Cells.Clear

```

```

Sheet1.TextBox1.Text = ""

```

```

End Sub

```

```

Function production_on()

```

```

Dim i As Integer

MsgBox machine_flag_array(3, 2)
MsgBox machine_flag_array(1, 0)

For i = 1 To 7

If (machine_flag_array(i - 1, 2) <> 0) Then

MsgBox machine_flag_array(i - 1, 2)

"-----Formatação Rectângulos-----"
-----
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Interior.Color = RGB(0, 200, 0)

If (machine_flag_array(i - 1, 2) > 82) Then
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Value = "A produzir..." & vbNewLine & "Referência: " &
Left(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 82, 17), 8)

Elseif (machine_flag_array(i - 1, 2) > 58) Then
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Value = "A produzir..." & vbNewLine & "Referência: " &
Left(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 58, 12), 8)

Else
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Value = "A produzir..." & vbNewLine & "Referência: " &
Left(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) + 1, 2), 8)

End If

ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).HorizontalAlignment = xlCenter
ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).VerticalAlignment = xlTop

```

"-----Estado atual atualização-----"

```

-----
current_status(i - 1, 0) = 1

If (machine_flag_array(i - 1, 2) <= 58) Then
  If (IsNumeric(Left(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) + 1, 2), 1))) Then
    current_status(i - 1, 1) = Left(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) + 1, 2), 8)
  Else
    current_status(i - 1, 1) = Mid(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) + 1, 2), 2,
8)
  End If

Elseif (machine_flag_array(i - 1, 2) > 82) Then
  If (IsNumeric(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 82, 17))) Then
    current_status(i - 1, 1) = Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 82, 17)
  Else
    current_status(i - 1, 1) = Mid(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 82, 17),
2, 8)
  End If

Else

If (IsNumeric(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 58, 12))) Then
  current_status(i - 1, 1) = Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 58, 12)
Else
  current_status(i - 1, 1) = Mid(Sheet5.Cells(machine_flag_array(i - 1, 2) - 58, 12),
2, 8)
End If

End If

current_status(i - 1, 2) = Now()

If (last_status(i - 1, 0) = 0 Or last_status(i - 1, 0) = -1) Then
  current_status(i - 1, 3) = 0
Else

```

```

    current_status(i - 1, 3) = current_status(i - 1, 3) + (Now() - last_status(i - 1, 2))
End If

```

```
Else
```

```

    ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Interior.Color = RGB(200, 0, 0)

```

```

    ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).Value = "Máquina Parada"

```

```

    ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).HorizontalAlignment = xlCenter

```

```

    ThisWorkbook.Sheets("Sheet1").Cells(machine_flag_array(i - 1, 0) + 1,
machine_flag_array(i - 1, 1)).VerticalAlignment = xlCenter

```

```

"-----Estado atual atualização-----"

```

```
-----
```

```
current_status(i - 1, 0) = 0
```

```
current_status(i - 1, 1) = 0
```

```
current_status(i - 1, 2) = Now()
```

```
If (last_status(i - 1, 0) = 1 Or last_status(i - 1, 0) = -1) Then
```

```
    current_status(i - 1, 3) = 0
```

```
Else
```

```
    current_status(i - 1, 3) = current_status(i - 1, 3) + (Now() - last_status(i - 1, 2))
```

```
End If
```

```
End If
```

```
Next i
```

```
For i = 1 To 7
```

```
    For j = 1 To 4
```

```
        ThisWorkbook.Sheets("Sheet4").Cells(i + 4, j + 4) = current_status(i - 1, j - 1)
```

```
        ThisWorkbook.Sheets("Sheet4").Cells(i + 14, j + 4) = last_status(i - 1, j - 1)
```

```
Next j

Next i

End Function

Function update_last_status()

Dim i, j As Integer

For i = 1 To 7

    For j = 1 To 4

        last_status(i - 1, j - 1) = current_status(i - 1, j - 1)
        'MsgBox& last_status(i - 1, j - 1)
    Next j

Next i

End Function

Function initialize_status()

Dim i As Integer

For i = 1 To 7

    last_status(i - 1, 0) = 0
    last_status(i - 1, 1) = 0
    last_status(i - 1, 2) = 0
    last_status(i - 1, 3) = 0

    current_status(i - 1, 0) = -1
    current_status(i - 1, 1) = 0
    current_status(i - 1, 2) = 0
```

```
current_status(i - 1, 3) = 0
```

```
Next i
```

```
End Function
```

```
Function initialize_box()
```

```
Sheet1.ListBox1.Clear
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "2412 Engel 110"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "2895 Demag 100"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "2449 Demag 60"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "2101 Demag 250"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "2319 Demag 150 Ergo"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "1832 Engel 150"
```

```
Sheet1.ListBox1.AddItem "1831 Demag 150"
```

```
Sheet1.ListBox1.Height = 130.7
```

```
Sheet1.ListBox1.Width = 160.6
```

```
End Function
```