

**Melhoria do Processo de Injeção de Plástico num
Fornecedor da Indústria Automóvel**

O Caso da Visteon

Fábio Cavaco

Dissertação de Mestrado para obtenção de Grau de Mestre

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Prof. Francisco Regateiro

Júri

Presidente: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Arguente: Prof. Fernando Cruz

Novembro 2018

Agradecimentos

Quero começar por agradecer à Visteon, ao engenheiro José Matos por ter aceite orientar o presente projeto e por todo o apoio e disponibilidade demonstrada. A toda a equipa da manufatura da Visteon com quem tive o prazer de acompanhar e aprender imenso ao longo do estágio, o meu agradecimento por toda a disponibilidade que demonstraram, pelo companheirismo, e por todo o apoio e motivação que me inculiram nos momentos mais difíceis, em especial às engenheiras Anabela Almeida, Conceição Carrapeto e ao engenheiro Simão Soares.

O meu agradecimento também aos professores Amílcar Arantes e Francisco Regateiro, por terem aceite orientar a presente dissertação e por todo o apoio e disponibilidade demonstradas ao longo do seu desenvolvimento.

Aos meus colegas e amigos de curso, por todo o companheirismo e apoio que me deram ao longo desta etapa, que certamente alguns levarei para a vida.

Aos meus amigos mais próximos, por todo o apoio e por me terem acompanhado ao longo deste percurso.

Por fim, o meu agradecimento a toda a minha família, em especial aos meus pais, pelo o apoio incondicional, pelos conselhos sábios e por todos os inúmeros sacrifícios que fizeram em função do meu bem-estar ao longo desta caminhada.

Resumo

Atualmente, a crescente concorrência dos mercados faz com que as empresas, e para o caso da indústria automóvel, se sintam pressionadas a melhorar cada vez mais o seu nível de serviço, não descurando a eficiência dos processos, de forma a permanecerem competitivas face à concorrência.

Por seu lado, o cliente é cada vez mais exigente no que diz respeito ao design e à tecnologia disponível no habitáculo do automóvel, o que coloca grande pressão nos fornecedores de componentes como rádios, *clusters*, controlos de climatização, etc. Por esta razão, estes fornecedores devem investir fortemente na inovação tecnológica dos seus produtos e na melhoria dos processos dos respetivos processos produtivos. Só desta forma os fornecedores poderão obter vantagens competitivas face aos seus concorrentes.

Neste contexto, enquadra-se o caso de uma empresa multinacional, Visteon, localizada em Portugal, que se dedica à produção de componentes eletrónicos para automóveis. Esta empresa tem vindo ao longo da sua existência a apostar na inovação dos seus processos produtivos, conseguindo desta forma atender eficientemente e eficazmente às necessidades das mais conhecidas marcas de automóveis do mundo. No entanto, adquiriu recentemente uma unidade industrial de injeção de componentes plásticos, necessários aos seus produtos, sendo que esta unidade apresenta ainda alguns problemas que necessitam de especial atenção. É assim fundamental que sejam introduzidas metodologias capazes de melhorar os processos produtivos da unidade e, desta forma, melhorar a sua eficiência. É neste contexto de necessidade de melhoria da eficiência dos processos da referida unidade de injeção de plástico, que surge este trabalho, onde após a análise do sistema produtivo foi identificada a oportunidade de melhoria do processo de troca de moldes. Para tal, a aplicação de metodologias *Lean*, das quais se destaca a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) permitiu reduzir a duração das atividades inerentes ao processo em 26% relativamente à duração inicial. Na sequência desta melhoria foi também identificada a oportunidade de melhoria do indicador de eficiência global, o OEE, onde foi possível alcançar uma melhoria de 4% no processo produtivo da injeção de plástico referente à produção do produto em estudo.

Palavras-Chave: Indústria de componentes automóveis; Injeção de plástico; *Lean Production*; SMED; OEE.

Abstract

Nowadays, the increasing competition in the global market, in this case in particular the automotive market, make companies feel the need to improve their service level, not overlooking the efficiency of their industrial processes in order to maintain competitive advantage in the industry.

In another hand, the costumer is also ever more demanding in regards to design and technological gimmicks inside the car, that puts suppliers of components like radios, clusters, air condition, etc. For this reason, suppliers should invest heavily in the technological innovation of their products, and improvement of their respective production processes, only in this way can a company strive to maintain competitive advantage in face of competition.

In this context, the multinational company Visteon, based in Portugal dedicates itself to the production of electronical components to vehicles. This company has been, throughout its existence, investing in the innovation of their production processes, enabling them in this way to satisfy the demand of many renown automotive companies around the world, in an effective and efficient way. Visteon has acquired recently a plastic injection industrial unit, that manufactures components necessary for their main products. This industrial unit presents some problems that need special attention, and it is then necessary to introduce some methodologies that enable the improvement of this unit's production processes and in this way, improve the unit's efficiency in general. It is in this context of the need of improvement of the efficiency of production processes of the aforementioned industrial unit that this project takes place where after the analysis of the production process, it was identified an opportunity to improve the swapping of the injection mold, in the production line. To do this, the implementation of the Lean methodologies, with focus on the SMED (Single Minute Exchange of Die), enabled the reduction of the duration of the process activities in 26% compared to their initial duration. Following the improvement implemented, it was also identified the opportunity to improve the OEE (Overall Equipment Efficiency) a key performance indicator, where it was possible to achieve a 4% improvement in the production process of plastic injection concerning the product in question.

Keywords: Automotive Components Industry; Plastic Injection; Lean Production; SMED; OEE.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Lista de figuras	xiii
Lista de tabelas	xv
Lista de abreviaturas	xvii
Glossário.....	xix
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Contextualização e Motivação.....	1
1.2 Objetivos da Dissertação.....	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura da Dissertação de Mestrado.....	3
Capítulo 2 - Estudo do Caso	5
2.1 A indústria de componentes automóveis em Portugal	5
2.2 Visteon Portuguesa, Ltd	6
2.2.1 Introdução da empresa.....	6
2.2.2 Descrição do Produto	7
2.2.3 Fluxo de Produção	8
2.2.4 Procura diária	9
2.2.5 Planeamento e controlo da produção	9
2.2.6 Vista global da fábrica	9
2.2.7 Dispositivos de transporte	10
2.2.8 Área de Injeção de Plástico.....	11
2.2.8.1 Máquinas	12
2.2.8.2 Operadores.....	12
2.2.9 Descrição do Problema	13
Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica	15
3.1 Origem e Pilares do <i>Toyota Production System</i>	15
3.2 <i>Lean Production</i>	18

3.3	<i>Muda</i>	20
3.4	Metodologias e Ferramentas <i>Lean</i>	23
3.4.1	VSM (<i>Value Stream Mapping</i>).....	23
3.4.2	Metodologia 5S.....	24
3.4.3	Gestão Visual	26
3.4.4	Ferramentas de Resolução de Problemas	26
3.4.5	SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)	28
3.5	Casos de estudo de aplicações de <i>Lean</i> em melhoria de processos	30
3.6	Conclusões da revisão da literatura	31
Capítulo 4 - Caracterização do Estado Atual do Sistema		33
4.1	Análise da produção média diária da área dos plásticos.....	33
4.2	Estado atual do sistema	37
4.2.1	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	37
4.3	Identificação das oportunidades de melhoria	40
4.3.1	Melhoria do processo de <i>changeover</i>	40
4.3.2	Melhoria do OEE	40
Capítulo 5 - Implementação e Análise dos Resultados de Melhoria		43
5.1	Melhoria do <i>changeover</i>	43
5.1.1	Fase preliminar	43
5.1.2	Primeira fase.....	45
5.1.3	Segunda fase.....	48
5.1.4	Terceira Fase.....	48
5.1.4.1	Implementação de uma plataforma metálica	49
5.1.4.2	Implementação dos pré-aquecedores dos moldes	50
5.1.5	Análise do Impacto do SMED.....	51
5.1.5.1	Separação das atividades externas e internas (Primeira fase).....	51
5.1.5.2	Implementação da plataforma metálica (Terceira fase)	52
5.1.5.3	Implementação dos pré-aquecedores de moldes (Terceira fase).....	53
5.1.6	Análise Global e conclusão do processo de <i>changeover</i> após aplicação do SMED....	54
5.2	Melhoria do OEE	56
5.2.1	Impacto nos Indicadores Desempenho, Disponibilidade e FTT.....	56

5.2.2	Impacto no OEE	58
5.3	Conclusões do capítulo	59
Capítulo 6 - Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro		61
6.1	Considerações finais	61
6.2	Propostas de trabalho futuro	62
Capítulo 7 - Referências Bibliográficas		65
Anexos.....		71
Anexo I - <i>Layout</i> da área de injeção de plástico		73
Anexo II - Exemplo VSM		75
Anexo III - Símbolos VSM		76
Anexo IV - Folhas de referência visual dos procedimentos de <i>changeover</i>		77
Anexo V - Folhas de cálculo dos tempos de <i>changeover</i>		79
Anexo VI - Apresentação da implementação dos pré-aquecedores.....		81

Lista de figuras

Figura 1 - Metodologia da dissertação de mestrado.....	2
Figura 2 - Volume de negócios de componentes automóveis em Portugal (Fonte: AICEP Portugal (2016))	6
Figura 3 - Cluster AA0 (Fonte: https://www.lexingtontoyota.com)	7
Figura 4 - Vista explodida dos componentes plásticos do Cluster AA0 (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd).....	7
Figura 5 - Fluxo de produção	8
Figura 6 - <i>Layout</i> global da fábrica (Adaptado: Visteon Portuguesa, Ltd)	9
Figura 7 - <i>Layout</i> da área de injeção de plástico (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)	12
Figura 8 - Casa do TPS (Adaptado: Pinto, 2014)	16
Figura 9 - Ciclo PDCA (Adaptado: Imai, 1997; Liker, 2004)	18
Figura 10 - Etapas do VSM (Adaptado: Rother & Shook, 2003).....	23
Figura 11 - Metodologia 5S (Adaptado: Liker, 2004)	25
Figura 12 - Diagrama de Ishikawa (Adaptado: Pinto, 2014)	27
Figura 13 - VSM do Estado Atual.....	38
Figura 14 - VSM: Oportunidades de melhoria.....	41
Figura 15 - Gráfico: Atividades internas vs Atividades externas.....	47
Figura 16 - Antes da Implementação da estrutura (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd).....	49
Figura 17 - Depois da implementação da estrutura (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd).....	49
Figura 18 - Antes da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd).....	50
Figura 19 - Depois da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd).....	50
Figura 20 - Tempo de changeover após fases SMED	55
Figura 21 - Gráfico: Percentagem de redução acumulada do tempo de changeover	56
Figura 22 - Evolução do OEE.....	59
Figura 23 - <i>Layout</i> da área de injeção de plástico (Adaptado: Visteon Portuguesa, Ltd).....	73
Figura 24 - Exemplo VSM (Fonte: Rother & Shook, 2003).....	75
Figura 25 - Símbolos VSM (Fonte: Rother & Shook, 2003; Nicholas & Soni, 2006; Wilson, 2010; Pinto, 2014).....	76
Figura 26 - Folhas de referência visual dos procedimentos de changeover (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)	77
Figura 27 - Folhas de referência visual dos procedimentos de changeover (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)	78
Figura 28 - Modelo de apresentação da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)	81

Lista de tabelas

Tabela 1 – Descrição dos componentes plásticos	8
Tabela 2 - Dispositivos de transporte utilizados na fábrica.....	11
Tabela 3 - Máquinas de injeção de moldes do <i>cluster</i> AA0	12
Tabela 4 - Operadores da área de injeção de plástico	12
Tabela 5 - Os 7 desperdícios (Fonte: Ohno, 1988; Melton, 2005; Ortiz, 2006; Pinto, 2014; Shingo, 1989).....	20
Tabela 6 - Ferramentas básicas da qualidade (Fonte: Nicholas & Soni, 2006; Pinto, 2014)	28
Tabela 7 - Produção média diária dos componentes plásticos do produto AA0	33
Tabela 8 - Processo de <i>changeover</i> – Fase Preliminar	44
Tabela 9 – Classificação das atividades de <i>setup</i>	45
Tabela 10 – Lista de atividades externas	46
Tabela 11 - Processo de <i>changeover</i> após separação das atividades	47
Tabela 12 - Resultados obtidos após separação das atividades	51
Tabela 13 - Resultados após implementação da plataforma.....	52
Tabela 14 - Resultados após implementação dos pré-aquecedores.....	53
Tabela 15 - Processo de <i>changeover</i> após aplicação do SMED	54
Tabela 16 - Redução do tempo de <i>changeover</i> ao longo das fases SMED	56
Tabela 17 - Produção da máquina 300-10 antes e após SMED	57
Tabela 18 - Melhoria do OEE	58
Tabela 19 - Folhas de cálculo dos tempos de <i>changeover</i>	79

Lista de abreviaturas

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel

AGV - *Automated Guided Vehicle* (Veículo Guiado Automaticamente)

AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal

CT - *Cycle time*

FIFO – *First In First Out*

FTT – *First Time Through*

I&D - Investigação e Desenvolvimento

JIT - *Just-in-time*

LP - *Lean Production*

MIT- *Massachusetts Institute of Technology*

MRP - *Manufacturing Resource Planning*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PIB – Produto Interno Bruto

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

SWIP - *Standard Work-in-Progress*

Tk - *Takt time*

TPS - *Toyota Production System*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work-in-progress*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

Glossário

Autonomação - palavra para *Jidoka*. Significa literalmente, a automação com um toque humano, projetado para fornecer 100% de inspeção, ordenar e em seguida, iniciar a resolução de problemas.

Board - refere-se à placa de circuito do produto.

Bottleneck – significa “gargalo” e diz respeito a qualquer atividade ou etapa do processo que limite a produção.

Bottleneck machine - máquina que limita a produção.

Changeover - conversão de uma máquina ou processo para fazer um modelo ou produto diferente.

Cluster - produto em estudo.

Conveyors - tapetes rolantes usados para movimentação de material.

Cycle time - tempo de ciclo.

Efeito *Bullwhip* - distorção da percepção da procura ao longo da cadeia de abastecimento, provocada pela ausência de partilha de informação entre os níveis da cadeia desde da produção ao cliente.

Error Proofing - outra designação para *Poka-Yoke*.

Eventos *Kaizen* - envolvem pequenos grupos de indivíduos da empresa, que são reunidos para abordar uma área particular da empresa. Por vezes são referenciados como eventos de melhorias rápidas.

FIFO – sigla em inglês para “*First In, First Out*”, significa que o primeiro produto a entrar no armazém também deve ser o primeiro a sair.

JIT - *Just-in-Time*. Um dos pilares do TPS. O conceito é evitar o desperdício fornecendo exatamente a quantidade certa de materiais, para o local certo, no momento certo.

Kanban - significa cartão, é o método que o pilar JIT usa para minimizar o inventário e seguir as regras do sistema pull, de forma a reduzir os desperdícios.

Layout - representação gráfica do chão de fábrica.

Lead time - o tempo decorrido desde do início da produção de um produto até ao fim.

Muda - termo japonês para desperdício.

Poka-yoke - sistemas à prova de erros. Por exemplo: o sinal sonoro emitido pelos sensores de estacionamento do automóvel, evitam que este colida com o obstáculo.

Shingo Shingeo - um dos criadores do TPS. Desenvolveu ferramentas como o SMED e o *Poka-yoke*.

Shipping - expedição de material para o cliente.

Sistema *Pull* - conceito de fornecimento de *Lean Production*. A produção só deve ocorrer quando o cliente pede o produto. O oposto de sistema *Push*.

Sistema *Push* – produção com base em previsões da procura.

SMED - *Single Minute Exchange of Die*, a metodologia de troca rápida (*quick changeover*) de ferramentas, amplamente desenvolvida por Shingo.

Tempo de *changeover* - O tempo decorrido desde da última peça boa produzida antes da mudança, até à primeira peça boa após a mudança.

Tempo de *run-up* - tempo necessário para estabilizar a produção de acordo com os padrões de produtividade e qualidade.

Tempo de *setup* - tempo de paragem da linha de produção para a troca de produto.

Valor cosmético – qualidade visual do componente plástico

VSM - *Value Stream Mapping*, ou em português mapeamento da cadeia de valor. Uma técnica para descrever graficamente o fluxo de valor do produto. Ferramenta fundamental na eliminação de desperdício.

WIP - *Work-in-progress*, ou em português, trabalho em processo. Todos os materiais em processo de produção. Uma das três formas básicas de armazenamento, nomeadamente, matéria-prima, WIP e produtos acabados.

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Contextualização e Motivação

A eficiência e a competitividade são atualmente desafios que imperam no mercado global, motivando hoje muitas empresas a planejar novas estratégias para gestão das suas fábricas (Zahraee *et al.*, 2014). Neste contexto, o maior desafio dos fabricantes hoje em dia é como entregar os seus produtos ou materiais no menor tempo possível, a baixo custo e com boa qualidade (Holweg, 2007). Segundo Marques *et al.* (2013), a produção de grandes quantidades de produto com altos níveis de customização, é atualmente o maior tendência das empresas.

Ao longo dos anos a maioria das multinacionais da indústria de automóveis, têm vindo a preocupar-se em evoluir os seus produtos, em tecnologia, design, conforto, segurança, diversificação de cores e qualidade. No entanto, o maior desafio é conseguir ainda assim, reduzir os custos de produção, com o objetivo de conseguir uma posição privilegiada num mercado altamente competitivo. Para tal, a indústria automobilística procura usar ferramentas no contexto de melhoria contínua dos seus processos de produção (Geraldo *et al.*, 2015).

Existem diversos métodos e abordagens, tais como simulação computacional, análise estatística e ferramentas de otimização capazes de melhorar a eficiência e produtividade, definindo a melhor combinação de recursos em linhas de produção, processos de construção, energia, serviços e cadeias de abastecimento (Mohd & Mojib, 2015).

Uma das abordagens de implementação e gestão eficazes de melhoria de processos com elevado sucesso e frequentemente adotada em meio industrial é o *Lean Production* (Glass *et al.*, 2016; Choomlucksana *et al.* 2015; Ar & Al-Ashraf, 2012), é um sistema que se tem afirmado em muitas fábricas do mundo, em diferentes formas e designações. O *Lean Production* teve origem na empresa japonesa *Toyota Motor Company*, nos finais da Segunda Guerra Mundial com a implementação do *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1983). Predominantemente, o objetivo do TPS consistia em melhorar a produtividade e diminuir custos através da eliminação de desperdício ou de atividades que não acrescentam valor (Womack & Jones, 2003).

O presente trabalho foi desenvolvido numa empresa americana de produção de componentes para a indústria automóvel, Visteon Portuguesa, que integra um conjunto de processos de fabrico, entre os quais, a injeção de plástico, que corresponde a uma das etapas mais importantes da conceção do produto final, e na qual é essencialmente focado o estudo deste trabalho. Este fornecedor de componentes automóveis, tem apresentado uma enorme necessidade de aumentar a sua capacidade de produção face à satisfação dos pedidos dos fabricantes de automóveis, que exigem produtos com altos níveis de customização, qualidade e curtos *lead times* de produção. Face a esta necessidade a empresa tem-se moldado sempre às exigências do mercado, e tem alcançado bons resultados. No entanto, o setor automóvel é caracterizado por uma concorrência elevada, desta forma a empresa

procura constantemente desenvolver junto com os seus colaboradores a melhoria constante dos seus processos produtivos de forma a manter-se competitiva face aos seus concorrentes.

1.2 Objetivos da Dissertação

A presente dissertação de mestrado tem como principal objetivo melhorar os processos produtivos de uma unidade de injeção de plástico de um fornecedor da indústria automóvel. Para tal, são definidos os seguintes objetivos operacionais para a dissertação:

- Caracterização de todas as componentes que constituem o caso de estudo (da empresa Visteon Portuguesa, Ltd) através da descrição do produto a ser estudado e todos os processos produtivos envolvidos na sua conceção, com principal foco na área de injeção de plástico, com vista à identificação de potenciais problemas a eliminar ou melhorar;
- Revisão bibliográfica de processos, metodologias e ferramentas de melhoria de processos produtivos em geral e em unidades de injeção de plástico, em particular;
- Caracterização do estado atual do sistema e identificação das oportunidades de melhoria;
- Apresentação das propostas de melhoria e seleção de métodos e ferramentas *Lean*;
- Implementação e análise das melhorias propostas com base nos métodos e ferramentas *Lean*;
- Análise dos resultados e respetivas conclusões.

1.3 Metodologia

Face aos objetivos definidos na secção anterior, nesta secção é apresentada a metodologia a seguir na abordagem à presente dissertação de mestrado. A estrutura e desenvolvimento da dissertação de mestrado consiste em 6 fases distintas, apresentadas na Figura 1.

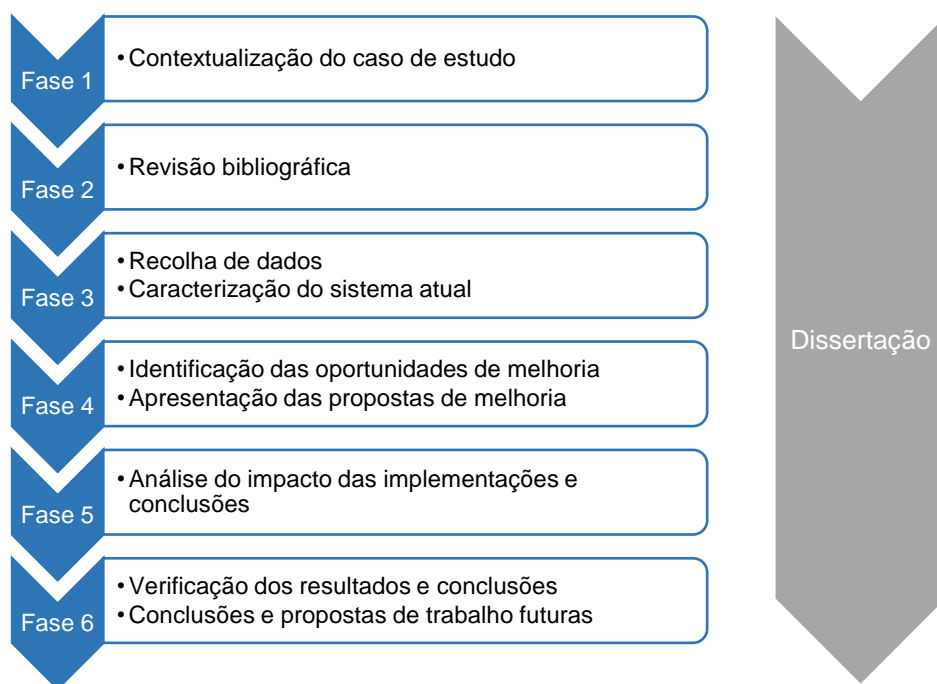


Figura 1 - Metodologia da dissertação de mestrado

Numa primeira fase é efetuada a contextualização do caso em estudo, através de uma breve abordagem à indústria de componentes automóveis em Portugal, seguindo-se a apresentação da empresa, do produto e dos processos produtivos da fábrica, com principal ênfase na unidade de injeção de plástico. Na segunda fase do trabalho, é realizada a revisão bibliográfica, começando-se por abordar a origem, conceitos e ferramentas do *Lean Production*. Esta etapa é ainda complementada com algumas referências a casos de estudo publicados até à data, relacionados com o tema deste trabalho.

A terceira fase é orientada para a recolha de dados, necessários para o estudo do fluxo de produção do produto, caracterizando assim o estado atual do sistema, de forma a proceder à identificação das oportunidades de melhoria. Posteriormente, numa quarta fase, são apresentadas as propostas de melhoria selecionando os métodos e ferramentas *Lean* mais adequados à sua obtenção. Na quinta fase, face às propostas de melhoria são realizadas as implementações e respetiva análise. Finalmente, na sexta fase procede-se à verificação dos resultados e respetivas conclusões das implementações, bem como a reflexão de propostas de trabalho futuras.

1.4 Estrutura da Dissertação de Mestrado

A presente dissertação está dividida em seis capítulos.

No presente capítulo é realizada a contextualização do tema da dissertação, seguindo-se a apresentação dos objetivos e da metodologia a seguir no desenvolvimento da presente dissertação.

No Capítulo 2 é realizado o enquadramento geral da área de atividade da empresa em Portugal, nomeadamente a indústria de componentes automóveis, seguindo-se da visão global da empresa Visteon Portuguesa, Ltd, descrevendo o produto e o seu fluxo ao longo da cadeia de valor, bem como a descrição das várias operações, recursos e áreas de produção, com principal ênfase na área de injeção de plástico. Finalizando o capítulo a descrição do problema.

No Capítulo 3 é apresentada a revisão da literatura, focada na fundamentação teórica dos conceitos e ferramentas *Lean Production* mais utilizados na melhoria de processos produtivos da indústria automóvel, essencialmente em áreas de injeção de plástico, bem como uma breve referência a outros casos de estudo realizados até ao momento, que comprovam a eficácia da implementação de metodologias *Lean* em áreas de atividade idênticas às do presente estudo.

No Capítulo 4 é realizada a análise e caracterização do estado atual do sistema, composta pela análise da produção média diária da área dos plásticos e pela caracterização do estado atual do sistema através do mapeamento da cadeia de valor do produto em estudo e, deste modo proceder à identificação das oportunidades de melhoria.

No Capítulo 5 são apresentadas as implementações e a respetiva análise face às propostas de melhoria, analisando o seu impacto e retirando as respetivas conclusões.

Por fim, no Capítulo 6 é realizada a conclusão final da presente dissertação de mestrado, divulgando as considerações finais do trabalho e enaltecendo propostas de trabalho futuras.

Capítulo 2 - Estudo do Caso

Neste capítulo é apresentada a empresa na qual foi desenvolvido o presente trabalho. Para tal, proceder-se-á ao enquadramento geral da empresa, com principal ênfase na indústria de componentes automóveis no global em Portugal. É também, efetuada a apresentação global da empresa, descrevendo o produto a ser estudado e os processos produtivos que este integra, substancialmente a área de injeção de plástico. Por fim, são identificadas e apresentadas as áreas do processo de injeção potencialmente problemáticas, as quais são candidatas a melhorias.

2.1 A indústria de componentes automóveis em Portugal

A indústria automóvel em Portugal teve início nas primeiras décadas do século XX, no entanto foi através da produção de componentes, na década de 80, que o país conseguiu atingir um nível de eficiência no setor automóvel considerável (Féria, 1999). *“O desenvolvimento do sector automóvel em Portugal foi condicionado pelo investimento estrangeiro dedicado à instalação de unidades de montagem - impulsadores da indústria de componentes”* (Cordeiro, 2009).

Segundo a AICEP Portugal (2016), o sucesso internacional de componentes produzidos em Portugal, é reflexo do frequente investimento do estrangeiro no país, através da implementação de projetos e produtos inovadores que têm contribuído para o crescimento das exportações, emprego e inovação. Os investimentos têm sido focados principalmente na sofisticação de processos tecnológicos, o que tem permitido que a indústria automóvel portuguesa se diferencie cada vez mais no mundo pela sua excelente qualidade. Esta distinção permite que o setor de produção de componentes para automóveis em Portugal confira uma série de vantagens competitivas, como, capacidade de produção flexível, recursos humanos qualificados, integração de I&D, cooperação com outras empresas, certificações nas áreas produtivas, bem como um dos custos mais competitivos da Europa Ocidental. (AICEP Portugal, 2016)

Atualmente a indústria de componentes automóveis em Portugal, tem um enorme impacto na economia portuguesa, sendo dos setores mais exportadores e que mais contribui para o PIB do país (Cordeiro, 2009). Segundo os dados recolhidos pela AFIA (2017), 2016 foi um ano extremamente positivo para o sector, apresentando um crescimento económico de 7% relativamente a 2015. Registando ainda, neste mesmo ano, um novo recorde em termos absolutos no que se refere às vendas globais, sendo que maior fatia desse valor, pertence à exportação. O setor de componentes para automóveis, é portanto um dos que mais contribui para as exportações do país (AICEP Portugal, 2016).

De acordo com a AFIA (2017), no que diz respeito ao volume de negócios do setor de componentes para automóveis, as atividades de metalúrgica e metalomecânica, elétrica e eletrónica, e plásticos são as que mais se destacam, tal como é possível verificar no gráfico da Figura 2.

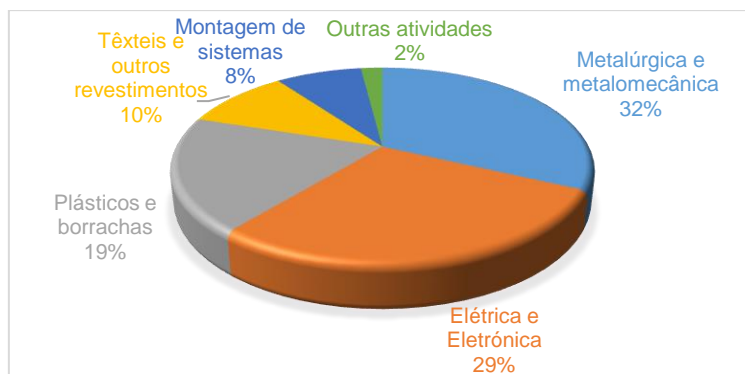


Figura 2 - Volume de negócios de componentes automóveis em Portugal (Fonte: AICEP Portugal (2016))

De acordo com o gráfico representado na Figura 2, as áreas de atividade de elétrica e eletrônica e plásticos, são das que mais se destacam no que diz respeito ao volume de negócios de componentes automóveis em Portugal. Sendo assim, é importante realçar que a empresa envolvida no presente estudo exerce atividade nessas mesmas áreas e, portanto desde já, enaltecer que a realização deste trabalho incide sobre duas das áreas de atividade que mais contribuem para volume de negócios do setor de componentes para automóveis em Portugal.

2.2 Visteon Portuguesa, Ltd

2.2.1 Introdução da empresa

Em 1989, a *Ford Motor Company* depara-se com um crescimento nas suas vendas em mais de 8,5%, num total de 24.000 unidades. De forma a atender a este aumento, a *Ford* decidiu investir cerca de 120 milhões de dólares em Portugal para a construção de novas instalações fabris. Em 1991 é, então, inaugurada a *Ford Eletrônica*, localizada em Palmela, focada na produção de placas de circuitos elétricos impressos e montagem de rádios. Desde então, a fábrica em Palmela tem vindo a aumentar a sua gama de produtos, sendo que em 1997 a *Ford Motor Company* anuncia uma nova estratégia de mercado, agrupando todo o setor de componentes para automóveis, nascendo assim a Visteon. Em 2000 a Visteon torna-se uma empresa independente.

A Visteon Portuguesa, Ltd, é uma empresa do grupo *Visteon Corporation*, que se dedica ao fabrico de componentes eletrónicos para automóveis, sendo uma das principais fornecedoras das marcas automóveis. Atualmente a Visteon, localizada em Palmela, compreende nas suas instalações fabris um conjunto de áreas de produção necessárias para a obtenção do produto final, nomeadamente as áreas de injeção de plástico, pré-montagem, produção das placas e montagem final. Todas estas áreas de produção desempenham um papel fundamental na obtenção do produto final, sendo que o estudo deste trabalho apenas é focado num produto e numa das áreas de produção, mais concretamente num painel de instrumentos e na área de injeção de plástico, respetivamente.

2.2.2 Descrição do Produto

Por motivos de confidencialidade, não são apresentados nem caracterizados de forma exata os produtos.

Como referido anteriormente, a Visteon dedica-se ao fabrico de componentes eletrónicos para automóveis, entre os quais: rádios, controlos de climatização e painéis de instrumentos denominados de *clusters*. O estudo neste projeto será com foco num dos produtos com maior volume de produção na fábrica, nomeadamente um painel de instrumentos, com designação técnica de cluster, representado de forma meramente ilustrativa na Figura 3. Note-se, que por questões de confidencialidade, a imagem representada na Figura 3 não corresponde exatamente ao produto em estudo.



Figura 3 - Cluster AA0 (Fonte: <https://www.lexingtontoyota.com>)

Na Figura 4 está representado a vista explodida dos componentes plásticos do *cluster AA0* produzidas na fábrica, bem como a legendagem e descrição de cada um dos componentes plásticos, apresentada na Tabela 1.

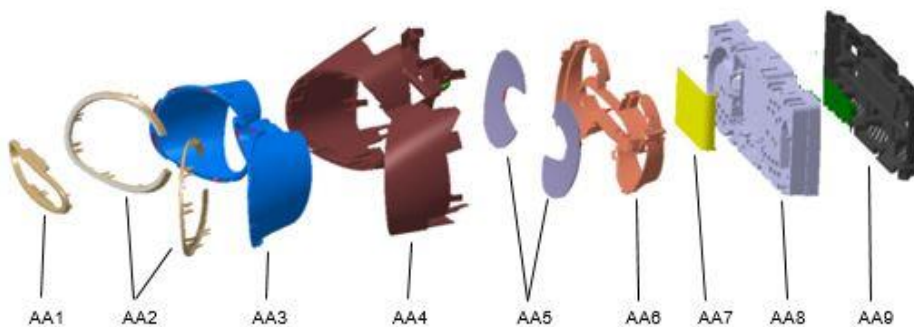


Figura 4 - Vista explodida dos componentes plásticos do Cluster AA0 (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

Tabela 1 – Descrição dos componentes plásticos

Lista de componentes	Descrição	
AA1	Ring Center	Mask Assembly
AA2	Ring left/right	
AA3	Inner Mask	
AA4	Outer Mask	
AA5	Lens	
AA6	Housing	
AA7	Light guide	
AA8	Mounting Plate	
AA9	Cover	

É importante salientar que na vista explodida do produto, apenas estão apresentadas as peças plásticas. Os restantes componentes, tal como o a placa do circuito (também produzida na fábrica), o *display* e outros apliques provenientes de fornecedores externos, não estão presentes na vista explodida. Para além de não ser permitida a apresentação destes componentes, a mesma seria irrelevante, visto que o estudo apenas incide sobre a Área dos Plásticos, local onde são produzidos os componentes plásticos.

2.2.3 Fluxo de Produção

Para produzir o produto AA0 é necessário o processamento em 4 áreas distintas: área de injeção de plástico, área de pré-montagem, área de produção das placas e área de montagem final. Cada uma destas áreas tem um armazém associado, onde são mantidos os produtos inacabados entre cada processo, ou o produto acabado até ao cliente final. Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** estão apresentadas todas as etapas do processo do produto AA0, que constituem o fluxo de produção do produto.

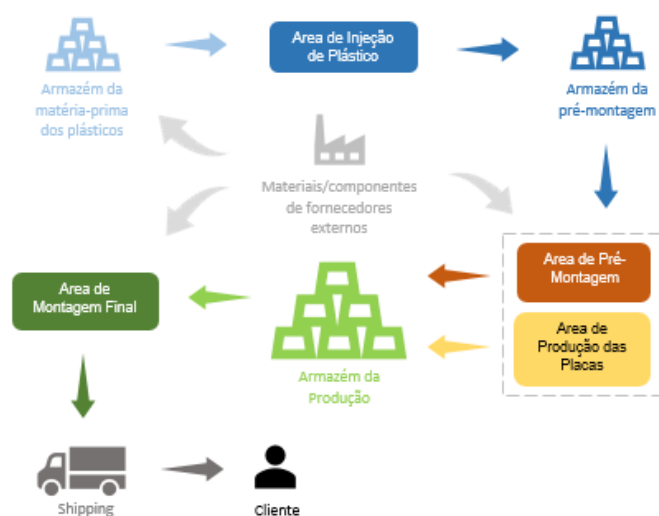


Figura 5 - Fluxo de produção

2.2.4 Procura diária

Atualmente, a produção diária da fábrica do produto AA0 é em média 4400 unidades, de forma a atender a uma procura semanal de 22000 unidades, respeitando um *lead time* de 1 semana exigido pelo cliente. Para conseguir atender à procura semanal, a fábrica trabalha durante 24 horas, 5 dias por semana (de segunda a sexta), sendo que a atividade laboral é dividida em 3 turnos. Ainda assim, sempre que alguma ordem não é possível de ser cumprida ao longo dos 5 dias úteis, a empresa opta por produzir ao fim-de-semana, de forma a recuperar as perdas verificadas ao longo da semana.

2.2.5 Planeamento e controlo da produção

O planeamento da produção na fábrica é realizado com base numa agenda elaborada internamente, de acordo com os requisitos do cliente. A elaboração da agenda é realizada em três períodos diferentes: anualmente, trimestralmente e semanalmente, sendo que nos dois últimos são apenas efetuados acertos. A informação contida na agenda é partilhada através de um sistema MRP (*Manufacturing Resource Planning*) que integra todas as áreas da fábrica, que permite o planeamento e o controlo de todos os recursos da fábrica.

No que diz respeito à produção na área dos plásticos, a produção é iniciada pelo menos 2 semanas antes do processo da área da montagem final, produzindo assim para stock. Apenas desta forma é possível nivelar a produção, sendo que o processo de injeção de plástico é bastante mais demorado que os processos das restantes etapas de produção. Este nivelamento é controlado através do sistema MRP), que integra todas as áreas de produção da fábrica.

2.2.6 Vista global da fábrica

Nesta secção é apresentado o *layout* da fábrica da Visteon Portuguesa, Ltd, em Palmela, que engloba todas as áreas de produção e armazéns da fábrica, como é possível observar na Figura 6, bem como, a identificação e descrição mais detalhada dessas áreas e armazéns.

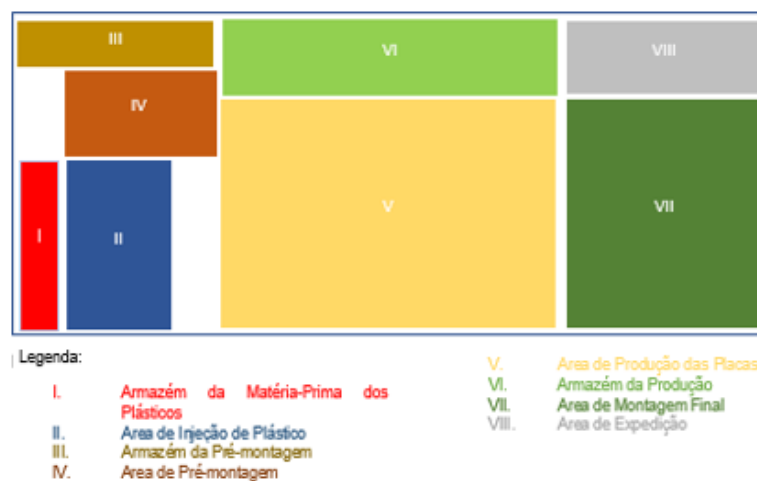


Figura 6 - *Layout* global da fábrica (Adaptado: Visteon Portuguesa, Ltd)

Descrição das áreas:

- I. **Armazém da matéria-prima dos plásticos** – local onde é armazenada a matéria-prima utilizada na área de injeção de plástico, para a produção dos componentes plásticos
- II. **Área de injeção de plástico** – Área onde são produzidos os componentes plásticos através de um processo de injeção de plástico em moldes.
- III. **Armazém da pré-montagem** – local onde são armazenados os componentes plásticos provenientes da área da injeção, que posteriormente serão transferidos para a área de pré-montagem ou diretamente para o armazém da produção.
- IV. **Área de pré-montagem** – local onde é efetuada uma pré-montagem necessária, de alguns componentes plásticos do *cluster* AA0, antes de serem transferidos para a montagem final. A pré-montagem é realizada através de processos de soldadura e encaixe, que permitem no caso do *cluster* AA0, a junção de 6 componentes distintos: *housing*, *inner mask*, *outer mask*, *rings* e *lens* originando assim a um só componente a *mask assembly*. Após esta operação estão prontos a ser transferidos para a próxima fase.
- V. **Área de produção das placas** – área onde se encontra a linha de produção responsável pela produção da placa de circuito do *cluster* AA0.
- VI. **Armazém da produção** – local onde são armazenados os componentes provenientes das áreas de injeção de plástico, pré-montagem e produção das placas de circuito, antes destes serem transferidos para a área de montagem final.
- VII. **Área de montagem final** – área onde é realizada a montagem final dos componentes, dando origem ao produto final. No caso do *cluster* AA0, a operação consiste na junção da *mask assembly* proveniente da área de pré-montagem, dos componentes provenientes da área dos plásticos (*light guide*, *mounting plate*, *rear cover*), da placa de circuito proveniente da área de produção de placas e de outros componentes provenientes de fornecedores externos, tal como o display e outros apliques.
- VIII. **Área de expedição** – área onde é realizado o embalamento dos produtos para posteriormente serem expedidos para o cliente. No caso do *cluster* AA0, são embalados em *packs* de 4x4, resultando num total de 64 unidades em cada caixa.

2.2.7 Dispositivos de transporte

Na Tabela 2 que se segue é possível verificar os vários dispositivos de transporte utilizados para transferir os componentes entre as diferentes áreas e armazéns da fábrica.

Tabela 2 - Dispositivos de transporte utilizados na fábrica

Origem	Destino	Dispositivo de transporte	Descrição
Armazém da matéria-prima do plástico	Área de injeção de plástico	Pipelines	Transportam a matéria-prima entre os silos e as máquinas de injeção.
Área de injeção de plástico	Armazém da pré-montagem	Carrinhos metálicos	Manuseados por um operador.
Armazém da pré-montagem	Área de pré-montagem	Carrinhos metálicos	Manuseados por um operador.
Armazém da pré-montagem	Armazém da produção	AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
Área de produção de placas	Armazém da produção	AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
Armazém da produção	Área de montagem final	AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
Área de montagem final	Área de expedição	<i>Conveyors</i>	Transportam o produto entre a linha de montagem final e a área de embalagem.
Área de expedição	Cliente	Camião, avião ou navio	Expedição do produto para o cliente final.

Como já foi referido anteriormente, este estudo irá incidir apenas na área dos plásticos, desta forma é necessária uma abordagem mais aprofundada desta área.

2.2.8 Área de Injeção de Plástico

Antes de 2009, a fábrica de Palmela obtinha os seus componentes plásticos através de fornecedores externos. Com o objetivo de diminuir o custo de aquisição dos componentes plásticos e desta forma conseguir melhores preços face aos seus rivais, em 2009, a Visteon decide adquirir uma área de injeção de plástico nas suas instalações. Inicialmente esta área era constituída por 7 máquinas de injeção, produzindo diariamente cerca de 450 peças sem valor cosmético. Em 2012, já contava com 17 máquinas de injeção, sendo que algumas já produziam peças com valor cosmético relevante (ou seja, peças que exigem uma inspeção mais rigorosa, por parte de um ou mais operadores), aumentando assim a produção diária para cerca de 6000 componentes plásticos.

No início de 2017, a área de injeção de Plástico era constituída por 31 máquinas de injeção de plástico Figura 7, sendo que 18 delas apenas destinadas à produção de peças de valor cosmético relevante e com uma produção diária de aproximadamente 80.000 componentes plásticos, ao longo de 3 turnos.

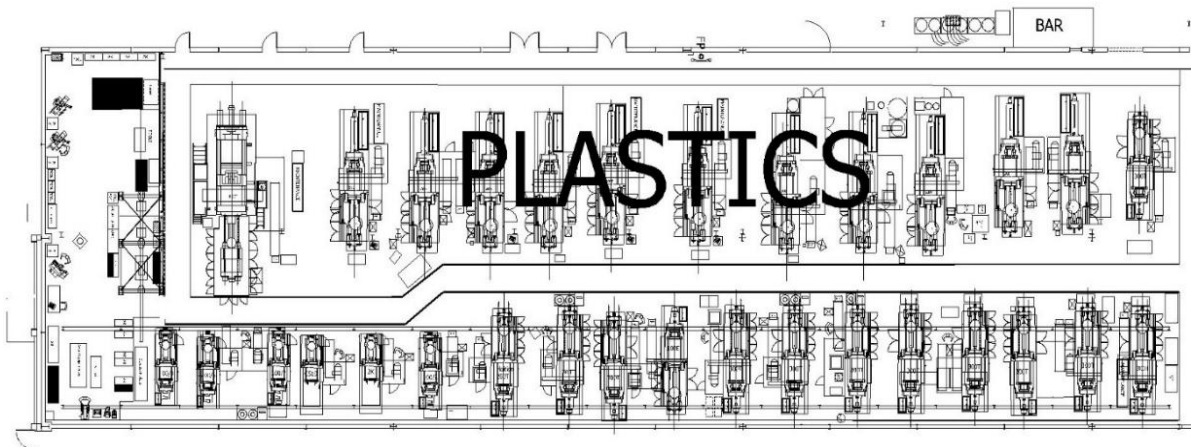


Figura 7 - *Layout* da área de injeção de plástico (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

2.2.8.1 Máquinas

A produção dos componentes plásticos do *cluster* AA0, é realizada através de um conjunto de máquinas de injeção de plástico (Ver Anexo I), com moldes e matérias-primas distintas, como é possível verificar na Tabela 3, que se segue.

Tabela 3 - Máquinas de injeção de moldes do *cluster* AA0

Lista de componentes	Descrição	Tipo	Matéria-prima	Molde	Máquina
AA1	<i>Ring Center</i>	Cosmético	PMMA	169	100-2
AA2	<i>Ring left/right</i>	Cosmético	ABS	168	300-5
AA3	<i>Inner Mask</i>	Sem valor cosmético	PPT40	108	300-10
AA4	<i>Outer Mask</i>	Cosmético	ABS / DURABIO	181	500-2
AA5	<i>Lens</i>	Cosmético	PMMA	106	300-1
AA6	<i>Housing</i>	Sem valor cosmético	PPT40	105	300-10
AA7	<i>Light guide</i>	Sem valor cosmético	PMMA	112	300-3
AA8	<i>Mounting Plate</i>	Sem valor cosmético	ABS	107	300-13
AA9	<i>Rear Cover</i>	Sem valor cosmético	PP40	109	300-2

2.2.8.2 Operadores

Na área dos plásticos pode-se existir 5 tipos de operadores, que são classificados consoante as tarefas que lhes são atribuídas, como é possível verificar na Tabela 4 que se segue.

Tabela 4 - Operadores da área de injeção de plástico

Tipo de operador	Tarefas	Nº de Operadores
Operador da máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Pegar peça • Inspeccionar peça • Colocar peça na caixa 	19-20

Tabela 4 - Operadores da área de injeção de plástico (Continuação)

Tipo de operador	Tarefas	Nº de Operadores
Abastecedor	<ul style="list-style-type: none"> Transportar peças da máquina até ao armazém dos plásticos 	1-2
Coordenador	<ul style="list-style-type: none"> Coordenar todos os operadores Desempenhar a função de operador de máquina nos intervalos das refeições 	2-3
Técnicos de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> Responsáveis pelas avarias nas máquinas e operações de <i>changeover</i> 	2-3
Técnico de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> Garante que o abastecimento da matéria às máquinas é realizado dentro das conformidades 	1

Geralmente, as máquinas de injeção que produzem peças com valor cosmético relevante requerem pelo menos dois operadores, pois estas peças exigem uma inspeção mais minuciosa, de modo a evitar que a peça chegue defeituosa às etapas de produção. Por outro lado, nas máquinas de injeção, que produzem peças com valor cosmético irrelevante, existe maior liberdade de alocação de operadores, sendo que um único operador de máquina pode desempenhar a mesma tarefa em duas ou mais máquinas.

2.2.9 Descrição do Problema

A atividade da Visteon na área dos plásticos é relativamente recente, de forma que esta ainda apresenta algumas ineficiências ao nível dos seus processos produtivos provocados essencialmente pela instabilidade desses processos, o que pode comprometer a produção dos produtos de acordo com os requisitos do cliente. Neste âmbito é necessário melhorar a eficiência dos processos produtivos da injeção de plástico, nomeadamente do produto com maior volume de vendas da empresa, o produto AA0. Deste modo o desenvolvimento da presente dissertação tem como objetivo identificar as principais ineficiências nos processos produtivos da injeção de plástico e desenvolver soluções que permitam resolvê-las. Em seguida, são destacadas as ineficiências na área de injeção de injeção de plástico, que preocupam os responsáveis da área e que requerem especial atenção:

Elevado tempo de troca dos moldes

As trocas dos moldes nas máquinas de injeção de plástico apresentam algumas ineficiências, sendo que as atividades inerentes a este processo podem ser agilizadas e realizadas em menos tempo de forma a evitar atrasos na produção, o que permite um aumento da capacidade produção da máquina.

Baixo desempenho e disponibilidade das máquinas de injeção

Algumas das máquinas de injeção destinadas à produção dos componentes plásticos do produto AA0, apresentam índices de desempenho e disponibilidade baixos, provocando valores de índice de performance global do processo de injeção de plástico abaixo do padrão de classe mundial seguido pelas fábricas com maior eficiência do mundo.

Produção de componentes com defeito

Existe um enorme desperdício de componentes com defeito, devido a vários fatores, entre os quais, a ineficiência de processamento das máquinas de injeção de plástico, impurezas ou até mesmo erro humano. Assim sendo, há necessidade de desenvolver e implementar soluções que permitam reduzir a produção de componentes plásticos com defeito.

Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica

O trabalho desenvolvido na presente dissertação, é com base no *Lean Production* que demonstrou até à data ser um dos conceitos de melhoria com maior sucesso na eliminação de desperdício e de atividades que não acrescentam valor, em muitas empresas no mundo (Choomlucksana *et al.*, 2015). A aplicação das metodologias e ferramentas *Lean Production* têm sido bastante eficazes na melhoria do design de sistemas de produção flexíveis, gestão de operações, planeamento de capacidade, design de *layout* industrial e design de logística interna (Marques *et al.*, 2013). Para além disso, a implementação das práticas de *Lean Production* permitem também outras melhorias operacionais nos processos, como reduções de tempos de espera, de *cycle times* e de inventário (Chowdary & George, 2012).

No presente capítulo são abordados os conceitos fundamentais que constituem a metodologia *Lean* e a forma como estão relacionados. Também, será realizada a abordagem detalhada dos métodos e ferramentas que constituem esta abordagem, e que posteriormente, servirão como base teórica que sustenta o desenvolvimento da presente dissertação. Por fim, é efetuada uma revisão bibliográfica a outros casos de estudo que analisam a aplicação de *Lean Production* na indústria automóvel.

3.1 Origem e Pilares do *Toyota Production System*

O TPS foi desenvolvido pelo fundador da *Toyota Motor Company*, Eiji Toyoda e o engenheiro Taichi Ohno e na necessidade em enfrentar a grave crise económica que se instalava no Japão na década de 1950, provocada pela segunda guerra mundial (Liker & Meier, 2006). A escassez de capital e recursos, e a baixa qualidade de processo levaram os engenheiros visitar e estudar a fábrica da *Ford* nos Estados Unidos durante três meses, de forma a compreender os métodos de produção, pois a produtividade dos americanos era muito superior à dos orientais (Ohno, 1988).

O método de produção dos americanos, desenvolvido por *Henry Ford*, era caracterizado pela produção em massa que permitia reduzir os custos unitários dos produtos. A visita à fábrica por parte de *Toyoda* e *Ohno* permitiu-lhes observar uma série de falhas inerentes ao sistema de produção em massa, entre eles, altos níveis de inventário, lotes de produção elevados, baixa qualidade dos produtos, ocupação excessiva de espaço, pouca flexibilidade (Liker, 2004). Perante aquele cenário, a *Toyota* apesar da escassez de recursos detetou ali uma oportunidade de se diferenciar dos ocidentais, oferecendo aos seus clientes uma grande variedade de produtos aliada a uma elevada qualidade e baixo custo. Foi neste âmbito que resultou o desenvolvimento do sistema TPS, apresentado como um método capaz de eliminar desperdício e focado em alcançar a máxima satisfação do cliente (Pinto, 2008).

O TPS pode ser compreendido como uma estrutura e filosofia capaz de organizar as instalações e processos de fabrico na *Toyota*, bem como da sua interação com os fornecedores e clientes, para fornecer a melhor qualidade, menor custo e menor lead time através da eliminação de desperdício com a participação de todos os funcionários (Liker, 2004). Com a implementação do TPS, o desenvolvimento de novas práticas e a sua propagação para outras unidades da empresa eram uma constante, de

maneira que a partilha de informação foi-se tornando uma tarefa cada vez mais complexa, tanto internamente como ao nível dos fornecedores. Com intuito de colmatar esta dificuldade, Taichi Ohno desenvolveu uma representação do TPS que permitisse ensinar de forma simples todos os níveis da cadeia abastecimento da *Toyota*, dando assim origem à casa do TPS, tal como é possível verificar na Figura 8 (Liker, 2004).

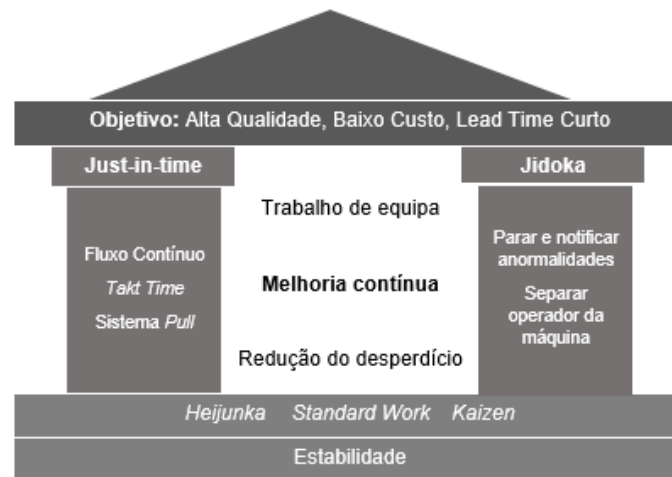


Figura 8 - Casa do TPS (Adaptado: Pinto, 2014)

Geralmente, o TPS é representado por uma casa (Figura 8), que compreende dois pilares, nomeadamente o *Just-in-Time* e o *Jidoka* (Ohno, 1988; Liker, 2004), entre outros elementos, que posteriormente são descritos.

- a) **Just-in-Time (JIT)** - é um dos pilares do TPS e garante a produção e entrega do produto certo, na quantidade certa e no tempo certo, com base nos requisitos do cliente (Liker, 2004). A integração dos princípios, ferramentas e técnicas que este sistema compreende com tecnologias de informação permite às empresas, reduzir custos, melhorar a qualidade e melhorar o lead time (Monden, 2012). O sistema JIT está diretamente associado ao sistema *pull*, pelo que uma das ferramentas/sistemas que permite gerir método de produção JIT são os cartões *Kanban*, que consistem num sistema de informação, em forma de cartão, que permite controlar as quantidades a serem produzidas em cada processo, através do envio desse mesmo cartão aos trabalhadores do processo precedente (Monden, 1983).
- b) **Jidoka** - a palavra significa “Autonomação”, consiste na inspeção automática da máquina a cada produto produzido, em que caso seja detetada uma anomalia, a produção é interrompida e o operador é notificado (Santos *et al.*, 2006). Uma das metodologias mais utilizadas na abordagem *Jidoka*, é o *Poka-Yoke (Error-Proofing)*, sendo que o propósito desta técnica é tornar os processos à prova de erro, impedindo que materiais defeituosos avancem no sistema, através do isolamento desses materiais e/ou implementando paragens de linha (Wilson, 2010). O *Poka-Yoke* permite uma melhor qualidade do produto e uma maior cooperação dos trabalhadores em melhorar a empresa como um todo (Ohno, 1988).

Para além dos pilares a casa TPS compreende outros elementos, que permitem a estabilidade do sistema, nomeadamente:

c) Trabalho Padronizado (*Standard Work*) - é definido como um conjunto de procedimentos de trabalho que estabelecem os melhores métodos e sequências para cada processo e cada trabalhador (Productivity Press Development Team, 2002). Segundo Monden (1983), o *Standard Work* é suportado por três elementos:

- **Takt time (Tk)** - é o tempo que estabelece o ritmo de produção, e que define de quanto em quanto tempo um determinado produto deve ser produzido para satisfazer uma dada procura (Liker, 2004). O *takt time* (Tk) não deve ser confundido com *cycle time* (CT), pois este último diz respeito ao intervalo de tempo entre a produção de duas unidades do mesmo produto consecutivas até ao fim do processo produtivo (Wilson, 2010). De modo que, o *takt time* tem de ser maior ou igual ao *cycle time* mais demorado, só assim é possível garantir que o sistema de produção dimensionado é capaz de satisfazer a procura. (Santos *et al.*, 2006). O *takt time* pode ser calculado através do quociente entre o tempo de trabalho total disponível e o volume de produtos puxado pelo cliente (Liker, 2004).
- **Sequência de Trabalho** - diz respeito à sequência de trabalhos ou ordem de processamento de um produto que o operador deve respeitar, seja nas tarefas de transporte, montagem ou remoção do produto das máquinas (Ohno, 1988).
- **Standard Work-in-progress Inventory (SWIP)** - diz respeito à quantidade mínima de material, seja matéria-prima ou WIP, e à localização que possibilite um fluxo suave ao longo do processo (Black, 2008).

d) Heijunka - é um conceito japonês que significa “nivelar”, em que a sua prática permite o nivelamento da produção em termos de volume e *mix* de produtos, para tal, a produção é programada com base na procura a médio ou longo prazo, que tende a ser mais estável (Liker, 2004). O *Heijunka* é uma forma de manter stock de segurança nas áreas de trabalho, caso a procura atinja o pico, as encomendas serão entregues fora do prazo, ou então recorre-se ao stock de segurança para compensar as quantidades encomendadas; por outro lado, caso haja um abrandamento da procura, aproveita-se para compensar o stock de segurança. Esta prática permite atenuar as flutuações da procura, ao passo que o ritmo de produção dimensionado para o sistema de operações, se mantém estável (Pinto, 2014).

e) Kaizen - é uma palavra origem japonesa, em que “*Kai* significa “mudança” e “*zen*” significa “para melhor”, ou seja “melhoria contínua” de uma série de atividades, criando constantemente mais valor para o cliente através da eliminação de desperdício (Cudney *et al.*, 2014). A filosofia *Kaizen* é responsável por sustentar o TPS diariamente, em busca da perfeição (Liker, 2004). Apesar de muitas das vezes as melhorias serem difíceis de observar e medir, a sua acumulação tem um impacto significativo no processo (Wilson, 2010). O *Kaizen* aplicado ao trabalho padronizado motiva os gerentes e trabalhadores a melhorar ainda mais os seus postos de trabalho em prol da

maximização da produtividade (Black, 2008). Um dos métodos adotados pelos japoneses que conduz à melhoria contínua (*Kaizen*) dos seus processos, é o ciclo PDCA (Figura 9), que consiste numa abordagem sistemática para a resolução de problemas (Liker, 2004). De acordo com (Imai, 1997), o ciclo de PDCA (Figura 9) é um dos conceitos mais importantes a estabelecer num processo de *Kaizen*, compreendendo as seguintes fases:

1. **Plan** (Planear) - Estabelecer um *target* para melhorar;
2. **Do** (Fazer) - Desenvolver e implementar um plano;
3. **Check** (Verificar) - Seguir a implementação e verificar os resultados;
4. **Act** (Agir) - Desempenhar e padronizar novos procedimentos para prevenir a ocorrência do problema original ou para desenvolver uma série de objetivos para novas melhorias; repetir o ciclo caso seja necessário.

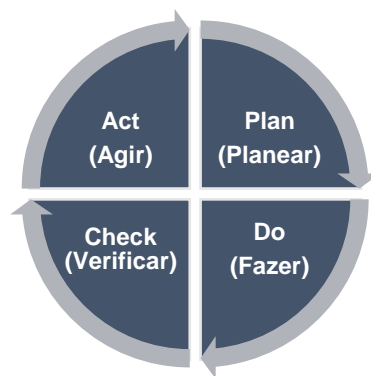


Figura 9 - Ciclo PDCA (Adaptado: Imai, 1997; Liker, 2004)

3.2 Lean Production

Sugimori *et al.* (1977) foi um dos primeiros autores que apresentou o TPS em um artigo académico, enquanto que John Krafcik, um investigador do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1988 publicou um artigo no qual descrevia TPS como *Lean Production*. O estudo demonstrou o sucesso das indústrias automobilísticas japonesas realçando a sua superioridade relativamente a outros sistemas de produção tradicionais, na forma de organizar as operações, no desenvolvimento de novos produtos, bem como na relação com fornecedores, obtendo os mesmos resultados com metade dos recursos (humano, área de produção, investimento em equipamentos) (Krafcik, 1988). No livro "*The Machine that Changed the World*", publicado em 1990 por investigadores do MIT, o conceito *Lean Production* foi popularizado como sendo marca de referência na produção de automóveis em todo o mundo (J. P. Womack *et al.*, 1990).

Segundo Womack *et al.* (1990), o *Lean Production* pode ser definido como um sistema de produção inovador que incorpora as vantagens do sistema de produção artesanal e as do sistema de produção em massa, evitando o elevado custo do primeiro e a inflexibilidade do segundo, permitindo desta forma menos esforço humano, menos espaço fabril, menos investimento em ferramentas, menos horas de

desenvolvimento de um novo modelo, menos stocks, reduzindo desta forma os custos associados. Hoje, milhares de empresas adotaram o conceito de *Lean Production* devido ao seu promissor impacto positivo no desempenho das empresas (Mackelprang & Nair, 2010). Pinto (2014), refere-se ao *Lean Production* com a designação de *Lean Thinking* tal como Womack & Jones (2003), em que define-o como uma filosofia de gestão focada na eliminação de desperdício, em que para tal são utilizadas técnicas e ferramentas que permitem simplificar e otimizar processos produtivos e eliminar atividades e recursos sem valor-acrescentado, este processo requer o envolvimento de todos os funcionários em busca da melhoria contínua.

Nos últimos anos tem havido um crescimento enorme, em termos de literatura de pesquisa sobre *Lean Production* (Jasti & Kodali, 2014). Para além disso, o conceito de *Lean* tem vindo a evoluir ao longo dos anos, e assim continuará à medida que novos avanços ocorrem em todo o mundo (Hines *et al.*, 2004). Apesar de originalmente, o *Lean* ter partido de um conjunto de técnicas de produção, hoje o *Lean* evoluiu para um sistema holístico de negócios, surgindo termos como, *Lean Thinking* (Womack & Jones, 2003), *Lean Enterprise* (J. Womack *et al.*, 1990), e *Filosofia Lean* (Womack & Jones, 1994).

Womack & Jones (2003) descrevem uma estrutura com cinco princípios *Lean*, com o intuito de ajudar as organizações a combinar técnicas *Lean* num sistema coerente:

- 1) **Valor** - Define o valor dos produtos, na perspetiva do cliente. Sendo que este valor deriva da necessidade do cliente, e as empresas necessitam de determinar que necessidade é essa, e devem procurar satisfazê-lo cobrando o preço que o cliente está disposto a pagar, pois só assim se conseguirá manter no mercado.
- 2) **Cadeia de Valor** - Identificar as diferentes atividades para o fabrico de um produto ou serviço, sendo que estas podem ser divididas em três categorias: Atividades que acrescentam valor; Atividades que não acrescentam valor (no entanto, fundamentais para a manutenção dos processos e qualidade), e por último, as atividades que não têm qualquer valor associado (desnecessárias), ou seja as que são consideradas desperdício, e por essa razão devem ser eliminadas. Através desta análise é possível obter uma perspetiva global da cadeia, facilitando a redução do desperdício e a eliminação das atividades desnecessárias, o que permite otimizar o processo aumentando o valor entregue ao cliente.
- 3) **Fluxo** - Estabelecer fluxo contínuo (seja ele de pessoas, materiais, de informação ou de capital) ao longo da cadeia, sem que hajam pontos de estrangulamento. Estes pontos devem ser reduzidos ou eliminados, e forma a estabelecer uma alta capacidade de resposta aos pedidos do cliente e diminuição de custos, tornando a organização mais competitiva.
- 4) **Sistema Pull** - Produzir apenas quando o cliente solicita, de acordo com as características requeridas. Este sistema está associado ao *Just-in-Time* (JIT) na medida em que só são produzidas as quantidades de produtos desejadas pelo cliente e no momento em que este pretende, evitando assim desperdícios que possam ocorrer devido ao excesso de produção, excesso de inventário, bem como mão-de-obra desnecessária.

- 5) **Perfeição** – A procura da perfeição é o princípio final da filosofia *Lean*. Womack e Jones (2003) defendem a completa eliminação dos desperdícios para que todas as atividades ao longo do fluxo acrescentem, efetivamente, valor, incentivando uma cultura de melhoria contínua (*Kaizen*) dentro da organização.

3.3 Muda

O Desperdício ou *Muda* (termo em japonês), diz respeito a todas as atividades que são executadas e não acrescentam valor, na medida em que consomem tempo e recursos, fazendo com que os produtos ou serviços disponibilizados no mercado sejam mais dispendiosos (Liker, 2004; Nicholas & Soni, 2006). Segundo Ohno (1988), os desperdícios são todas as atividades que utilizam recursos, mas que não contribuem para aumentar o valor do produto vendido ao cliente. Em qualquer tipo de organização existem desperdícios que, apesar de não acrescentarem valor, podem fazer com que o cliente pague mais pelo produto final (Carreira, 2005). Para se identificar de forma eficaz todos os desperdícios de uma determinada organização é necessário um conhecimento apurado de todos os processos, e averiguar quais são aqueles que acrescentam valor ao produto e os que não acrescentam valor. As atividades que acrescentam valor são todas aquelas que fazem com que o produto contenha as características desejadas pelo cliente, todas as restantes atividades são consideradas como desperdício, ou atividades que não acrescentam valor (Ortiz, 2006).

De acordo com Melton (2005), os dados da Tabela 5 são apenas algumas das causas e efeitos em termos de quantidade e tipos de desperdícios que um processo de fabrico compreende, que segundo Ohno (1988) e Shingo (1989) e são exatamente sete desperdícios.

Tabela 5 - Os 7 desperdícios (Fonte: Ohno,1988; Melton, 2005; Ortiz, 2006; Pinto, 2014; Shingo, 1989)

Tipo de desperdício	Descrição	Causas	Efeitos
Sobreprodução	<ul style="list-style-type: none"> Desperdício mais comum Produção excessiva ou antecipada, sem cliente específico. Desenvolvimento de um produto, processo ou unidade fabril sem valor acrescentado Tipos: <ol style="list-style-type: none"> Por quantidade: produzir mais do que é necessário; Por antecipação: produzir antes do cliente solicitar 	<ul style="list-style-type: none"> Grandes lotes de produção Stocks de segurança elevados Efeito <i>bullwhip</i> ao longo da cadeia de abastecimento Necessidades de rentabilizar esforços em tarefas que não acrescentam valor ao produto 	<ul style="list-style-type: none"> Ocupação e consumo desnecessário de recursos Antecipação na aquisição de peças e materiais Elevado inventário Planeamentos de produção inflexíveis

Tabela 5 - Os 7 desperdícios (Fonte: Ohno, 1988; Melton, 2005; Ortiz, 2006; Pinto, 2014; Shingo, 1989)
(Continuação)

Tipo de desperdício	Descrição	Causas	Efeitos
Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Pessoas, equipamentos que esperam por algo ou produto que aguarda para ser processado, e que não acrescenta valor ao cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avarias nos equipamentos • Retrabalho das peças • Mudanças de ferramentas de trabalho • Atrasos ou falta de materiais ou mesmo mão-de-obra • Existência de <i>bottlenecks</i> na produção • <i>Layout</i> ineficiente • Mau planeamento da produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Operador espera pela máquina, por falta de equipamento, matéria-prima ou atrasos. • Custos adicionais.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Movimento do produto para vários locais • Enquanto o produto está em movimento, não está a ser processado, logo não acrescenta valor ao cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de transporte inflexíveis; • <i>Layouts</i> inadequados; • Longas distâncias entre processos • Planeamento de operações não balanceado 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocorrência de danos devido à manipulação dos materiais • Custos adicionais • Tempos de fabrico elevados
Inventário	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenamento de matéria-prima, materiais em processamento ou produto acabado 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevados tempos de <i>setup</i> • Existência de <i>bottlenecks</i> na produção • Máquinas obsoletas, equipamentos avariados • Incumprimento de prazos por parte dos fornecedores (fator externo) • Atrasos nas entregas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupação de espaço de armazenamento • Alto investimento em espaço de armazenamento • Falhas no fluxo ou nivelamento do processo • Custos adicionais

Tabela 5 - Os 7 desperdícios (Fonte: Ohno, 1988; Melton, 2005; Ortiz, 2006; Pinto, 2014; Shingo, 1989)
(Continuação)

Tipo de desperdício	Descrição	Causas	Efeitos
Sobre Processamento	<ul style="list-style-type: none"> • Operações ou processos desnecessários ou não otimizados e que não acrescentam valor ao produto final 	<ul style="list-style-type: none"> • Instruções de trabalho com pouca clareza • Falta de formação • Utilização incorreta de ferramentas e equipamentos • Processos demasiado complexos • Incorreta compreensão dos requisitos do cliente • Especificações de qualidade demasiado rigorosas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de defeitos, devido a operações e processos incorretos • Custos adicionais
Movimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Movimento excessivo de pessoas, que as impossibilita de dar suporte ao processo produtivo e não acrescenta valor ao produto • Movimento excessivo de equipamentos, informação, materiais 	<ul style="list-style-type: none"> • Pessoas que transportam amostras ou documentação • Falta de ergonomia nos postos de trabalho • Posicionamento incorreto das ferramentas • <i>Layout</i> inadequado 	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de tempo no processo produtivo (Baixa produtividade) • Diminuição da qualidade nos produtos • Custos adicionais
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Provocado pela produção de bens e serviços foras das especificações e necessidades do cliente internos ou externos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de padrões de qualidade internos • Ausência de padrões nas operações de fabrico • Baixo desempenho na entrega • Transporte e movimentação inadequados • Armazenamento inadequado • Erro na introdução de dados • Especificações incorretas dos materiais • Falhas e erros humanos 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrabalho ou rejeição de produtos • Consumo desnecessário de recursos • Insatisfação do cliente • Aumento dos custos operacionais (inspeção, mão-de-obra, reparação)

3.4 Metodologias e Ferramentas *Lean*

Geralmente existe uma grande variedade de ferramentas e técnicas utilizadas para criar um sistema de produção eficaz numa empresa (Azian *et al.*, 2013). O *Lean Production* permite a integração de várias ferramentas no sistema de produção e na cadeia de abastecimento, focando-se na eliminação de desperdício para reduzir custos, melhorar a qualidade e diminuir tempos de espera, o inventário, e o tempo de inatividade dos equipamentos (Chen *et al.*, 2013) Quando o foco principal do *Lean Production* é projetar uma operação de fabrico orientada para a melhoria contínua, isto permite desenvolver uma força de trabalho com a capacidade de utilizar ferramentas e técnicas *Lean* necessárias para satisfazer as expectativas da classe mundial, agora e no futuro (Feld, 2001).

Assim sendo, neste subcapítulo, são abordados alguns dos métodos e ferramentas que a filosofia *Lean Manufacturing* integra, dando principal ênfase às que geralmente são mais comuns na indústria de componentes automóveis, e que são utilizadas na presente dissertação.

3.4.1 VSM (*Value Stream Mapping*)

Com o sucesso alcançado pela *Toyota Corporation* na década de 1980, resultante do trabalho realizado por Taiichi Ohno entre 1960 e 1970, o uso da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) aumentou (Liker, 2004). Esta ferramenta representa os fluxos de materiais e de informação na organização (Chen *et al.*, 2010). Segundo Rother & Shook (2003) o *Value Stream Mapping* (VSM), ou em português, Mapeamento da cadeia de valor, é uma ferramenta *Lean* que permite uma visão global de todas as atividades, sejam elas de valor acrescentado ou não-acrescentado, que integram o processo de fabrico desde o pedido do cliente até à entrega do produto. Sendo que o principal objetivo do VSM é a identificar todo o tipo de desperdícios e reduzi-los (Rother & Shook, 2003). Rother & Shook (2003) propõem cinco etapas na implementação do VSM (Figura 10):

- 1) Seleção da família de produtos
- 2) Mapa do Estado Atual
- 3) Mapa do Estado Futuro
- 4) Definição do Plano de Trabalho
- 5) Realização do Plano de trabalho

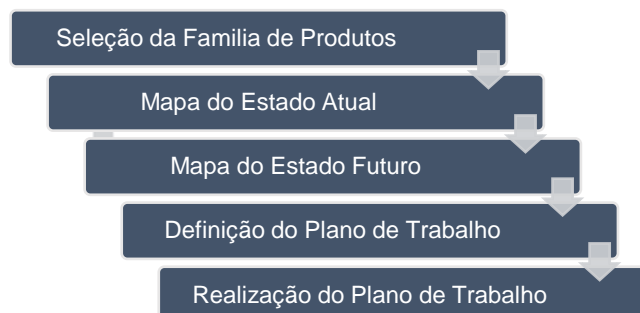


Figura 10 - Etapas do VSM (Adaptado: Rother & Shook, 2003)

De acordo com Rother & Shook (2003) para se proceder à construção do VSM, será necessário seguir as seguintes etapas (representadas na Figura 10).

Na primeira etapa é identificada a família de produtos a analisar, através do diagrama de *Pareto* pode-se facilmente identificar qual a família de produtos que tem maior impacto nas vendas da organização.

O segundo passo consiste na recolha de informações acerca dos processos, junto dos operários e da realização do desenho do estado atual. Deste modo, é identificado e anotado todo o procedimento desde o fornecedor até ao cliente final, mapeando todas as operações de fabrico da família de produtos identificada.

Na Figura 10, pode-se verificar que existe uma relação entre o estado atual e o estado futuro (setas de duplo sentido), pois as ideias que surgem para a construção do estado futuro surgem enquanto se estiver a mapear o estado atual. Assim surge a construção do estado futuro, visando a eliminação dos desperdícios destacados pelo mapa atual, definido assim a terceira e quarta etapa.

O último passo, resulta na preparação de um plano de implementação do estado futuro, quando este se torna realidade, um novo mapa deverá ser realizado, formando um ciclo de melhoria contínua no nível do fluxo de valor (Rother & Shook, 2003). Um exemplo de um VSM, está representado na Figura 24 (ver Anexo II).

Para realizar a construção do VSM é necessária a utilização de diferentes símbolos (Figura 25) (ver Anexo III) que traduzem uma linguagem simples e intuitiva, de modo a facilitarem a compreensão do estado atual para o planeamento das etapas a realizar no estado futuro (Pinto, 2009).

3.4.2 Metodologia 5S

Nos anos 70 e 80, após a visita dos americanos às fábricas do Japão, estes ficavam estupefactos com a limpeza e organização das suas instalações, este cenário só era possível graças ao programa 5S que compreendia uma série de atividades capazes de eliminar desperdícios (Liker, 2004).

A aplicação da metodologia 5S permite obter e manter a ordem e limpeza na área de trabalho, originando um aumento da produtividade e melhorias na qualidade e segurança, permitindo a introdução dos princípios básicos de gestão e controlo visual (Chiarini, 2013). O significado da palavra 5S provém de cinco palavras japonesas, que traduzidas para português são (Pinto, 2014):

Seiri - significa “organização”, ou seja, escolher as atividades úteis dentro de um processo e separá-las das inúteis; removendo tudo o que não é útil para fora do processo;

Seiton - significa “arrumação”, neste caso, arrumar ferramentas, equipamentos e tudo mais que seja usado durante o processo, facilitar a tarefa de procurar e usar aos trabalhadores, através de ajudas visuais;

Seiso - significa “limpeza”, ou seja, manter a área limpa, definindo uma norma de limpeza para cada zona de trabalho;

Seiketsu - significa “normalizar”, neste caso, estabelecer regras de trabalho e formalizar a organização e limpeza nos postos de trabalho; expor as normas definidas à vista dos trabalhadores e supervisores;

Shitsuke - significa “autodisciplina”, certificar-se de que o rigor e disciplina alcançados são mantidos; melhorar continuamente.

A combinação dos cinco S’s originam um processo contínuo capaz de melhorar o ambiente de trabalho, tal como está representado na Figura 11. A “autodisciplina”, é indiscutivelmente o mais difícil de alcançar na metodologia 5S. Esta etapa é a que permite sustentar as restantes, na incentivação dos funcionários em manter e melhorar continuamente os procedimentos operacionais e o ambiente de trabalho, sendo que este esforço requer uma forte ligação entre gestão comprometida, treino adequado e uma cultura de melhoria contínua (Liker, 2004).



Figura 11 - Metodologia 5S (Adaptado: Liker, 2004)

Segundo Chiarini (2013), os resultados que podem ser alcançados com a aplicação da metodologia 5S são:

- Melhorar a ordem e limpeza;
- Aumentar o espaço nas áreas de trabalho;
- Reduzir o tempo de operação;
- Melhorar a ergonomia no local de trabalho;
- Aumentar a segurança dos trabalhadores;
- Introduzir controlo e gestão visual;
- Introduzir rigor e melhorar a competência e consciencialização sobre *Lean*;
- Permitir que os trabalhadores se concentrem apenas no seu posto de trabalho, evitando que cometam falhas.

Finalmente, depois de implementada a metodologia 5S na área de trabalho, os funcionários adquirem a capacidade de pensar de acordo com a lógica da Gestão Visual (Chiarini, 2013), e é acerca desta técnica (Gestão Visual), que consiste a abordagem no próximo subcapítulo.

3.4.3 Gestão Visual

A identificação precoce de anormalidade e problemas que ocorrem diariamente no chão de fábrica, é fundamental para manter as linhas de produção ativas, e desta forma evitar o incumprimento do volume de produção diário programado. Tornando-se assim essencial a implementação de métodos de Gestão Visual que permitam monitorizar as métricas da empresa (Ortiz, 2006). Nos últimos anos as tecnologias de Gestão Visual tem sido recorrentes, não só em indústrias mas também noutros setores empresariais, sendo usadas essencialmente para manter e melhorar os valores dos indicadores de desempenho (Murata & Katayama, 2010).

A Gestão Visual permite facilitar todas as operações de entrada e saída, através da utilização de ajudas visuais, como cores e sinais, de forma a identificar zonas e locais de armazenamento, corredores e produtos (Coimbra, 2013), permitindo um aumento da eficiência e eficácia das operações (Pinto, 2014).

Segundo Bilalis *et al.* (2017), ajudas visuais como, imagens, cartazes, representações gráficas, esquemas, símbolos e codificação de cores, são as que se demonstram mais eficazes e podem ser melhoradas com sinais de áudio. As representações gráficas de acompanhamento de desempenho e de produção hora a hora, são as ferramentas de Gestão Visual mais usuais em áreas de produção *Lean* (Mann, 2005). Por fim, Parry & Turner (2017), destacam a importância da implementação de ferramentas de Gestão Visual nos processos das empresas, na medida em que estas impõem disciplina no processo e auxiliam na alocação e agendamento de recursos.

3.4.4 Ferramentas de Resolução de Problemas

Apesar de muitos problemas poderem ser resolvidos com bastante facilidade, apenas com o uso de princípios de chão de fábrica e senso comum, de forma a identificar as causas raiz, há problemas que requerem ferramentas de resolução mais sofisticadas (Imai, 1997).

Na obra de Nicholas & Soni (2006) é destacada a importância das ferramentas de resolução de problemas, nomeadamente a ferramenta dos “5 *Whys*” (“5 Porquês”) no momento de separar as causas raiz dos sintomas e as “7 ferramentas básicas da qualidade”, utilizadas na recolha e análise de dados essenciais na avaliação das causas e soluções.

Wilson (2010), destaca os “5 *Whys*” como sendo a ferramenta chave na resolução de problemas, na medida em que permite explorar a relação entre causa e efeito. Pinto (2014) menciona que a ferramenta dos “5 *Whys*” aliada a uma filosofia de melhoria contínua, permite detetar a causa raiz do problema, sendo que a sua aplicação pode ser sintetizada da seguinte forma:

1. Identificar o problema;
2. Através da pergunta: “Porque aconteceu?”, identificar as principais causas;
3. Depois de identificadas as causas, perguntar novamente para cada uma delas: “Porque aconteceu?”;
4. Repetir cinco vezes os procedimentos 2 e 3, até obter as causas raiz do problema;
5. Identificar a solução e as contramedidas para resolver as causas-raiz.

No que diz respeito às 7 ferramentas básicas da qualidade (Figura 12 e Tabela 6), estas compreendem uma série de ferramentas que permitem avaliar as causas e as soluções, através da recolha e análise de dados (Nicholas & Soni, 2006).

Uma das ferramentas mais populares é o diagrama de *Ishikawa* (Cudney *et al.*, 2014), como é possível verificar na Figura 12. Esta ferramenta foi desenvolvida pelo Professor *Kaoru Ishikawa*, um dos gurus da gestão da qualidade no Japão (Liker, 2004), sendo também por vezes designada de análise de causa-efeito ou diagrama de espinha de peixe (*Fishbone Diagram*) (Imai, 1997). Geralmente é usada em processos de *brainstorming* para resolução de problemas, e através da sua representação é possível analisar as possíveis causas de um problema, defeito, acidente ou desperdício (Pinto, 2014).



Figura 12 - Diagrama de Ishikawa (Adaptado: Pinto, 2014)

Na Tabela 6 que se segue é possível verificar as restantes ferramentas qualidade, seguida de uma breve descrição das mesmas.

Tabela 6 - Ferramentas básicas da qualidade (Fonte: Nicholas & Soni, 2006; Pinto, 2014)

Ferramenta	Descrição
Fluxogramas	Fornecem uma vista geral do processo; relacionam etapas; especificam onde existe valor acrescentado.
Histograma	Gráfico de análise de frequências; demonstra a frequência de distribuição de uma variável.
Folhas de Verificação	Usadas para facilitar o registo e análise de anormalidades.
Análise ABC	Também conhecida como análise de <i>Pareto</i> , ou regra dos 80/20, permite dividir grandes problemas em pequenas partes, demonstrando onde se devem concentrar os esforços.
Gráfico de Tendência (<i>Run Chart</i>)	Permite a visualização dos resultados observados num período de tempo, ajudando a identificar as alterações ocorridas.
Diagrama de dispersão (<i>Scatter Diagram</i>)	Permite ilustrar a relação entre duas ou mais variáveis.

3.4.5 SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

Ao longo das últimas décadas, o avanço da tecnologia e a competitividade global têm dado aos clientes a possibilidade de escolherem produtos customizados com especificações especiais, que se moldam ao seu uso (Ang *et al.*, 2009). Portanto, com o aumento das expectativas e necessidades individuais criou-se uma nova tendência na indústria: produzir lotes reduzidos em curtos lead times, de forma a responder o mais rapidamente possível às necessidades dos clientes (Sullivan *et al.*, 2002). Uma forma de alcançar esse objetivo é estabelecer uma troca rápida de ferramentas através da redução do tempo de *setup/changeover* que consiste no tempo decorrido entre a produção da última peça boa do primeiro lote, e a primeira peça boa do lote seguinte (Chen, 2009). De acordo com McIntosh *et al.* (1996), o tempo de *changeover* consiste na soma do tempo de *setup* e o tempo de *run-up*. Na literatura existente, não há terminologia e conceito padronizados, que definam os procedimentos de *changeover*, no entanto, é sobre os aspetos de *setup* que são aplicados os procedimentos de melhoria no tempo de *changeover*, daí que muitos autores utilizem o termo redução de *setup* (Mileham *et al.*, 1999).

Quando se pretende maximizar a capacidade de produção, é muito importante considerar a redução do tempo de *setup* para máquinas “gargalo” (*bottleneck machines*), pois estas limitam a performance e a capacidade de toda a linha de produção (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002). No entanto uma redução do tempo de *setup/changeover* estabelece outros impactos positivos significantes, como: melhoria da qualidade, redução do desperdício e do retrabalho, baixo inventário, bem como um aumento da flexibilidade do sistema e capacidade de resposta ao cliente (Allahverdi & Soroush, 2008). Segundo Goss *et al.* (2010) e Mackelprang & Nair (2010), a maior vantagem da redução do tempo de *setup*, é que permite a redução do tamanho dos lotes de produção. A redução do tempo de *setup* em linhas de produção com uma grande variedade produtos, tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante (Kumar & Abuthakeer, 2012). Segundo Conceição *et al.* (2009), o SMED (*Single Minute*

Exchange of Die, ou Mudança Rápida de Ferramentas), é uma ferramenta bastante utilizada quando se trata de desenvolver metodologia para a execução de atividades de *changeover*.

O SMED foi desenvolvido pelo japonês Shingeo Shingo, um engenheiro industrial que sugeriu uma abordagem que permitia a execução das operações de *changeover* em menos de 10 minutos. O objetivo desta ferramenta é reduzir o tempo desperdiçado, tanto quanto possível, nos vários procedimentos de *changeover*, através da realização das atividades que são possíveis de executar enquanto o equipamento está em funcionamento, assim como simplificar e agilizar as restantes atividades, fazendo com que a produção seja mais eficiente (Shingo, 1985).

De acordo com Shingo (1989), no método SMED, as atividades implícitas nas operações de *changeover* podem ser divididas em duas categorias: 1) Atividades internas: são as atividades que só podem ser realizadas enquanto a máquina estiver parada, por isso devem ser minimizadas tanto quanto possível, pois desaceleram a produção; 2) Atividades externas: são as que podem ser realizadas enquanto a máquina estiver em funcionamento.

O procedimento convencional do SMED proposto por Shingo (1985), é formado por 4 fases distintas:

- **Fase Preliminar:** as condições de *setup* interno e externo não são distinguidas, o objetivo desta fase passa por ter uma visão global de todas as atividades de *setup* incluídas no processo de *changeover*
- **Primeira Fase:** classificação das atividades de *setup* como externas ou internas, separando-as.
- **Segunda Fase:** conversão das atividades internas para externas, onde quer que seja possível.
- **Terceira Fase:** agilizar todas as atividades de *setup* interno e externo. No caso das atividades internas, as melhorias passam por evitar o uso de apertos ou fixadores manuais, permitindo uma redução do tempo *setup* significativa, e no caso das atividades externas, as melhorias devem incluir atividades que ajudem o operador a realizar as tarefas de *setup* da melhor forma possível.

Os dois principais benefícios da aplicação da metodologia SMED são: aumento da capacidade de produção e melhoria da flexibilidade do equipamento (Coimbra, 2009).

Wilson (2010) defende a importância da aplicação de tecnologia na técnica SMED, como vídeo-gravações, quando o principal objetivo é a implementação das técnicas *Lean*. O mesmo autor destaca, ainda o impacto da combinação do SMED com *Poka-yoke* na redução de *lead times* e na melhor utilização das máquinas.

3.5 Casos de estudo de aplicações de *Lean* em melhoria de processos

Caso de estudo I – “*Critical success factors of lean manufacturing practices for Malaysian automotive manufacturers*” (Norhafizan Hibadullah *et al.*, 2014)

Este estudo levado a cabo por Norhafizan Hibadullah *et al.* (2014), permitiu investigar alguns dos fatores críticos de sucesso na implementação do *Lean Production* na indústria automóvel na Malásia, onde o setor tem sido fortemente subsidiado e protegido para a produção de componentes de automóveis. O estudo permitiu averiguar que os principais motivos que têm incentivado as empresas a considerar práticas de *Lean Production*, tem sido a preocupação com os problemas no processo. Permitiu ainda concluir, com base numa série de entrevistas a funcionários da indústria automóvel, que para uma estratégia de implementação de práticas de *Lean Production* nesta indústria, os fatores críticos de sucesso devem incluir cinco componentes: em primeiro lugar o Foco no Cliente (*Customer Focus*), é visto pelos fabricantes de automóveis como o mais crítico, na medida em que é fundamental ter capacidade de satisfazer os requisitos dos clientes para as empresas se manterem competitivas, em segundo lugar a Gestão de Fornecedores (*Supplier Management*), é muito importante a gestão e o controlo de fornecedores durante o processo de produção; em terceiro lugar o Envolvimento dos Empregados (*Employee Involvement*), na medida em que é necessário valorizar os empregados, dando-lhes responsabilidades, capacitá-los para as suas funções, dar-lhes feedback e recompensá-los, fornecendo-lhes desta forma satisfação no trabalho, o que assegura uma maior produtividade à empresa e um conseqüente aumento do lucro; em quarto lugar destaca-se o sistema *Just-in-Time* como um dos pilares fundamentais na implementação do *Lean Production*, que pode ajudar a melhorar o nível de serviço das empresas, bem como a reduzir custos; por último os autores destacam o Controlo Estatístico de Processo (*Statistical Process Control*), como um dos fatores críticos mais importantes, na medida em que é importante que os funcionários tenham um bom conhecimento das 7 ferramentas básicas da qualidade, essenciais na análise de problemas, e que ajudam na monitorização, gestão e melhoria do desempenho dos processos. Por fim, é também salientada a importância da utilidade dos fatores críticos de sucesso determinados, não só na indústria automóvel, mas também para outros setores.

Caso de estudo II - “*Lean Production: Literature Review and Trends*” (Jasti & Kodali, 2014)

Nesta revisão da literatura foi realizada uma das maiores análises da revisão da literatura acerca de *Lean Production*, até à data, onde foram examinados 546 artigos e 24 revistas publicados entre os anos de 1988 e 2011. Desta forma o estudo focou-se em rever o estado atual de *Lean Production* e fornecer instruções que permitam preencher as lacunas de pesquisa existentes. O estudo permitiu observar que existe uma necessidade de abordar a aplicação dos princípios *Lean* em todas as atividades da organização, invés de apenas à área de produção, a abordagem dos elementos *Lean*, também, deve ser realizada como um todo, em vez de uma abordagem fragmentada. Por essa razão, o estudo sugere que é necessário desenvolver estruturas numa ótica de *Lean Enterprise*, em vez de se focar em atividades particulares da empresa. Mostrou também que as práticas de *Lean Production* das empresas foca-se em desperdícios específicos, em vez de se focar nos sete desperdícios propostos pela vasta

bibliografia *Lean*. Também revelou que a maioria dos problemas abordados nos artigos publicados até à data, são dos mesmos países, e que por isso há necessidade de gerar resultados de países com culturas variadas, de forma a promover os princípios *Lean* em todo o mundo. Por fim, o estudo destaca, também, a importância que a colaboração entre académicos e profissionais tem na obtenção de melhores pesquisas e resultados, perspetivando que se estabeleça com todo o trabalho desenvolvido neste artigo um incentivo para promover futuras pesquisas na área de *Lean Production*.

3.6 Conclusões da revisão da literatura

Neste capítulo foi efetuada a revisão bibliográfica acerca das metodologias e ferramentas *Lean*, mais convencionais na melhoria de processos produtivos da indústria automóvel. Na impossibilidade de abordar todas as metodologias e ferramentas que a temática *Lean Production* compreende, a abordagem foi apenas focada naquelas que, desde já, se perspetivam que sejam adequadas aos problemas a resolver na presente dissertação, mais necessariamente na melhoria dos processos produtivos da injeção de plástico da fábrica. É possível desde já destacar o VSM, como uma das ferramentas mais importantes a considerar no desenvolvimento da presente dissertação, na medida em que esta possibilitará uma visão global de todas as atividades facilitando assim a identificação das tarefas que não acrescentam valor e que por esse motivo devem ser eliminadas ou reduzidas tanto quanto possível. A ferramenta SMED também se destaca como uma das potenciais ferramentas a ser utilizada, a diminuição do tempo de troca dos moldes das máquinas de injeção de plástico terá um impacto significativo na capacidade de produção da área dos plásticos.

Para finalizar o capítulo, foi também efetuada uma revisão bibliográfica de alguns casos de estudo realizados até ao momento, onde foi possível verificar alguns dos pontos importantes na implementação de *Lean Production*, nomeadamente analisar alguns dos fatores críticos de sucesso na indústria automóvel, bem como analisar algumas das lacunas existentes neste tipo de casos de estudo, tendo desta forma uma noção substancial de todos os estudos realizados até ao momento e das limitações que estes apresentaram. Portanto esta análise permitiu determinar as metodologias e ferramentas *Lean* que mais se adequam ao problema em estudo, bem como captar alguns aspetos que devem ser tidos em conta no desenvolvimento da presente dissertação, com intuito de constituir neste trabalho conteúdo que se possa destacar dos demais, e que desta forma contribua para o desenvolvimento de futuras implementações na indústria automóvel.

Assim sendo, este estudo tem como objetivo, melhorar a eficiência dos processos produtivos da unidade de injeção de plástico da fábrica da Visteon, através da utilização das metodologias *Lean Production*. Isto requer uma análise aprofundada de todos os processos produtivos, quer ao nível das operações como de recursos, envolvidos na área dos plásticos. Sendo que só através dessa análise será possível efetuar uma posterior análise de custos, que por questões de confidencialidade a empresa entende que deve ser realizada internamente.

No capítulo seguinte é realizada a caracterização do sistema inicial, que paralelamente a uma análise do processo no chão de fábrica foi possível proceder à identificação das oportunidades de melhoria do sistema inicial. Face às oportunidades de melhoria identificadas são selecionadas as ferramentas *Lean* que apresentam mais potencial, nomeadamente as ferramentas VSM e SMED, estabelecendo-se propostas de melhoria com o intuito de proceder à sua implementação. Neste contexto e face a um processo de gestão da mudança, foi possível acompanhar e discutir a implementação das soluções encontradas para alcançar o objetivo da presente dissertação. Por fim, é analisado o impacto das implementações, bem como apresentadas as respetivas conclusões.

Capítulo 4 - Caracterização do Estado Atual do Sistema

No presente capítulo são analisados os dados relativos ao caso de estudo apresentado no Capítulo 2, recolhidos ao longo do estágio. Esta análise permitiu observar detalhadamente as operações inerentes ao processo produtivo da área dos plásticos, bem como, ainda que menos detalhada, uma análise do restante fluxo produtivo do produto em estudo. Através da ferramenta VSM e face a uma análise mais aprofundada do processo produtivo da injeção de plástico foi possível obter a caracterização do estado atual do sistema onde posteriormente são identificadas as oportunidades de melhoria no sistema.

4.1 Análise da produção média diária da área dos plásticos

De modo a auxiliar o desenho do VSM foi realizada uma análise relativa à produção média diária da fábrica, com principal foco na área de injeção de plástico. Na Tabela 7 são apresentados os dados relativos à produção média diária do processo de injeção de plástico do produto AA0, recolhidos durante o funcionamento do 1º turno, sendo que alguns deles foram fornecidos pela empresa.

Tabela 7 - Produção média diária dos componentes plásticos do produto AA0

Componentes	Ring Center	Ring left/right	Inner Mask	Outer Mask	Lens	Housing	Light guide	Mounting Plate	Cover
Máquina	100-2	300-5	300-10	500-2	300-1	300-10	300-3	300-13	300-2
Refª do molde	169	168	108	181	106	105	112	107	109
Nº de cavidades	2	4	2	2	4	2	4	2	2
Componentes a cada ciclo	2	2	2	2	2	2	4	2	2
Nº de operadores	1	0,5	0,5	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Nº de turnos	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tempo de ciclo da máquina (Segundos)	29,1	33	38,4	49,7	38,3	30,3	40	38,7	30,3
Tempo Operacional (Horas)	7,5	7,5	3,75	7,5	7,5	3,75	7,5	7,5	7,5
Paragens Planeadas (segundos)	900	900	3415	900	900	3415	900	900	900
Paragens Não Planeadas (Segundos)	450	450	210	500	600	210	220	190	190
Total de Paragens (Segundos)	1350	1350	3625	1400	1500	3625	1120	1090	1090
Tempo Disponível (Horas)	7,25	7,25	2,80	7,25	7,25	2,80	7,25	7,25	7,25

Tabela 7 - Produção média diária dos componentes plásticos do produto AA0 (Continuação)

Componentes	Ring Center	Ring left/right	Inner Mask	Outer Mask	Lens	Housing	Light guide	Mounting Plate	Cover
Tempo de Produção (Horas)	7,13	7,13	2,74	7,11	7,08	2,74	7,19	7,20	7,20
Produção Teórica (Unidades)	1763	1555	514	1030	1332	652	2588	1339	1710
Componentes Bons (unidades)	1465	1281	450	834	630	546	2146	1195	1636
Componentes com Defeito (Unidades)	157	149	39	114	582	73	338	117	6
Desempenho (%)	92,00	92,00	95,00	92,00	91,00	95,00	96,00	98,00	96,00
Disponibilidade (%)	98,28	98,28	97,92	98,0	97,70	97,92	99,16	99,27	99,27
FTT (%)	90,33	89,55	92,00	88,00	52,00	88,14	86,39	91,10	99,66
%OEE	81,67	80,97	85,58	79,41	46,23	81,99	82,24	88,63	94,98
OEE (%) (Geral)	79,74								
Procura diária (Unidades)	4400	8800	4400	4400	8800	4400	4400	4400	4400

De modo a facilitar a compreensão dos dados apresentados na Tabela 7, abaixo segue-se uma breve descrição de cada um dos parâmetros apresentados:

- Máquina – Denominação das máquinas nas quais são produzidos os componentes plástico do cluster AA0.
- Refª do molde – referência do molde do respetivo componente plástico.
- Nº de cavidades – diz respeito ao número de cavidades do molde, sendo que no caso dos componentes plásticos do cluster AA0, os moldes podem ter 2 ou 4 cavidades, o que significa que a cada ciclo de injeção são produzidos 2 ou 4 unidades respetivamente.
- Componentes a cada ciclo – corresponde ao número de unidades do componente produzidas a cada ciclo de injeção da máquina, que constituem um produto final. Por exemplo no caso do componente *Ring left/right* a cada ciclo de injeção são produzidas 4 unidades do componente, sendo que cada produto final (*cluster* AA0) é constituído por duas unidades deste componente, uma direita (*right*) e outra esquerda (*left*), ou seja a cada ciclo de injeção são produzidos componentes para dois produtos finais.
- Nº de operadores – número de operadores alocados a cada máquina.
- Nº de turnos – número de turnos da atividade laboral do processo de injeção de plástico.

- Tempo de ciclo - Tempo de ciclo médio da máquina de injeção de plástico mais a operação do robot, que diz respeito ao intervalo de tempo entre a produção de duas ou mais unidades do mesmo produto consecutivas. Dependendo do número de cavidades, neste caso o tempo de ciclo pode corresponder ao intervalo de tempo entre a produção de dois conjuntos de duas unidades ou 4 unidades do mesmo produto. Por exemplo, no caso do componente *Ring Center*, visto que o seu molde contém duas cavidades, a cada 29,1 segundos (TC) são produzidas duas unidades, já no caso do componente *Lens*, o seu molde tem quatro cavidades, o que significa que a cada 38,3 segundos (TC) são produzidas 4 unidades, no entanto cada cluster AA0 é constituído por duas unidades deste componente.
- Tempo Operacional – Corresponde à duração do turno. No caso dos componentes *Inner Mask* e *Housing*, a duração do turno para cada componente é metade da dos restantes, devido ao facto de estes dois partilharem a mesma máquina de injeção, pelo que a duração do 1º turno (7,5 horas) é dividido entre os dois componentes.
- Paragens Planeadas – Corresponde ao tempo médio de paragens planeadas na máquina, causadas pela mudança de turnos, ajustes das máquinas e tempos de *changeover*. Geralmente, as máquinas que produzem componentes cosméticos, como por exemplo o componente *Lens* requerem tempos de paragem mais longos devido a ajustes que são efetuados na máquina, de modo a obter componentes com zero defeitos. No que diz respeito aos componentes *Inner Mask* e *Housing* estes são os que apresentam um tempo de paragem mais elevado, devido à troca de moldes na máquina 300-10.
- Paragens Não Planeadas – diz respeito ao tempo médio de paragens da máquina que não estavam planeadas.
- Total de Paragens – é o tempo total de paragens da máquina, resultante da soma do tempo de paragens planeadas mais o tempo de paragens não planeadas.
- Tempo Disponível – corresponde ao tempo que a máquina se encontra disponível para produção, e é obtido através da diferença entre o tempo operacional e as paragens planeadas.
- Tempo de Produção – corresponde ao tempo real em que a máquina efetivamente produziu, e é calculado através da diferença entre o tempo disponível e o tempo de paragens não planeadas.
- Produção Teórica – diz respeito ao número de unidades de cada componente que devem ser produzidas pela máquina dentro do tempo de produção, e é calculado através da equação (1):

$$Produção\ Teórica = \frac{Tempo\ de\ Produção * 3600 * Componentes\ a\ cada\ ciclo}{Tempo\ de\ ciclo} \quad (1)$$

- Componentes Bons – diz respeito ao número de unidades de cada componente produzidas sem defeito no 1º turno.
- Componentes com Defeito - diz respeito ao número de unidades de cada componente produzidas com defeito no 1º turno.
- Desempenho – diz o quão bem a máquina produziu enquanto estava em funcionamento, e é calculado através da seguinte fórmula (2):

$$Desempenho (\%) = \frac{Componentes\ Bons + Componentes\ com\ Defeito}{Produção\ Teórica} * 100 \quad (2)$$

- Disponibilidade – diz o quão disponível esteve a máquina para produção dentro do tempo disponível e é calculado através da seguinte fórmula (3):

$$Disponibilidade (\%) = \frac{Tempo\ de\ Produção}{Tempo\ Disponível} * 100 \quad (3)$$

- FTT (*First Time Through*) – significa “peça boa à primeira”, o FTT é um indicador que enuncia a qualidade dos componentes produzidos, ou seja a percentagem média de componentes sem defeitos que são produzidos nos primeiros tempos de funcionamento da máquina dentro do tempo de produção. Este indicador pode ser calculado através da equação (4):

$$FTT (First\ Time\ Through) = \frac{Componentes\ Bons}{Componentes\ Bons + Componentes\ com\ Defeito} * 100 \quad (4)$$

- OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) – é um indicador usual na metodologia *Lean Manufacturing* e permite medir a eficiência global dos processos produtivos. Esta métrica é aplicada nos processos produtivos da empresa em estudo, exceto no processo produtivo dos plásticos. No entanto visto que as melhorias a serem aplicadas no processo dos plásticos são com base na metodologia e ferramentas *Lean* optou-se por calcular o valor deste indicador, através da equação (5):

$$OEE (\%) = FTT * Disponibilidade * Desempenho \quad (5)$$

- Procura diária – diz respeito ao número de unidades do componente que o cliente exige diariamente. Por exemplo no caso do componente *cover* são necessárias 4400 unidades para satisfazer a procura diária, visto que cada produto final (*cluster* AA0) é constituído por uma unidade deste componente. Já no caso do componente *Lens*, cada produto final é constituído por duas unidades deste componente, de modo que é necessário produzir o dobro das unidades, para alcançar as 4400 unidades de produto final exigidas pelo cliente.

É importante salientar que os valores apresentados na Tabela 7 correspondem a um caso em que produção média diária por turno foi apenas centrada na produção do *cluster* AA0, de modo que é importante ressaltar que o processo produtivo nem sempre é planeado desta forma; na maior parte do tempo disponível as máquinas são orientadas para a produção de outros componentes plásticos que não são considerados neste estudo. A atividade laboral da fábrica é dividida em 3 turnos, sendo que o

tempo total disponível diário corresponde a 22 horas, o primeiro e segundo turnos têm uma duração de 7,5 horas cada e o terceiro turno uma duração de 7 horas.

4.2 Estado atual do sistema

4.2.1 Value Stream Mapping (VSM)

Para caracterizar o estado atual do sistema foi elaborado o mapeamento da cadeia de valor (VSM) do produto em estudo. A seleção do produto a ser analisado não careceu de qualquer análise estatística que determinasse qual o mais adequado. Sendo que, a seleção do produto a ser estudado foi realizada em conjunto com os gestores da fábrica, onde se determinou que o estudo deveria ser realizado com foco no produto com maior volume de vendas da empresa, o *cluster* AA0. Para a concepção do VSM, no caso dos processos produtivos da área dos plásticos, a recolha dos dados foi efetuada junto dos gestores e operários da fábrica, no entanto a maior parte da informação relativa aos processos produtivos das restantes áreas foram fornecidos pela empresa. Devido à dimensão e à complexidade da cadeia de valor em estudo, não foram consideradas algumas métricas e micro fluxos (nomeadamente logísticos) que geralmente devem ser incluídos na construção do VSM. No entanto visto que o estudo apenas incide sob os processos produtivos da área dos plásticos, garantiu-se que a informação relativa a esta área se encontra o mais completa possível.

Na Figura 13 está representado o VSM que reflete a caracterização do estado atual do sistema produtivo em estudo.

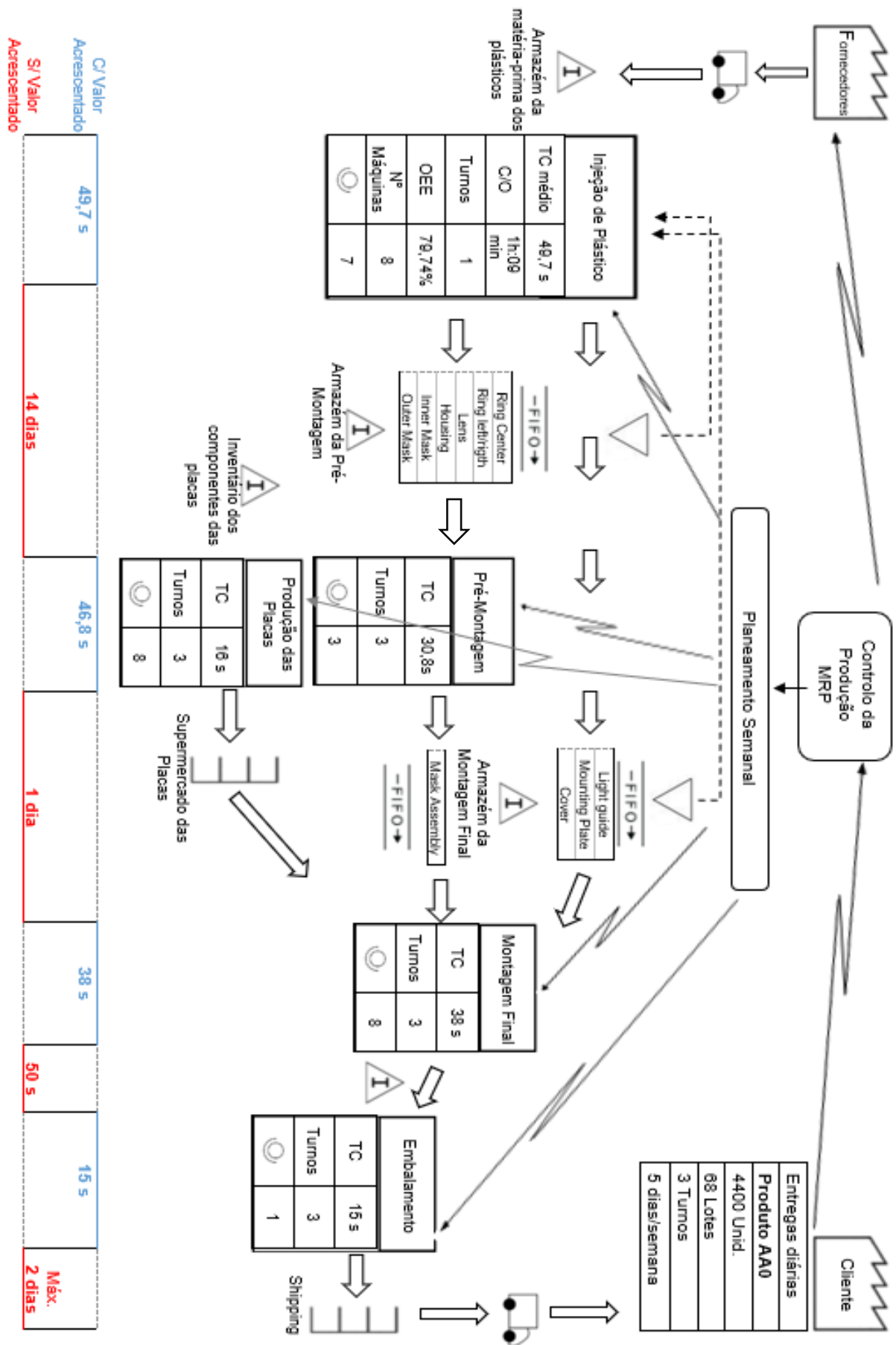


Figura 13 - VSM do Estado Atual

Análise do VSM

O fluxo da cadeia de valor tem início no pedido de encomenda do cliente, que é requerido semanalmente, face a este pedido a direção do controlo de produção partilha esta informação através de um sistema MRP que integra todas as áreas da fábrica. De acordo com a informação partilhada os responsáveis de produção de cada área de produção ajustam a sua agenda por forma a planear os recursos necessários à satisfação da procura diária ao longo da semana.

Relativamente à produção na unidade da injeção de plástico é iniciada, pelos menos, com um *lead time* de 14 dias de atraso relativamente às restantes unidades de produção da fábrica. Como é possível verificar no desenho do VSM (Figura 13), o sistema de produção utilizado na conceção dos componentes plásticos é o *Pull*, ou seja, a produção é puxada pelas áreas de produção precedentes e o inventário intermédio (WIP) é nivelado de acordo com um sistema de *kanban* de sinalização, que indica quando é que o nível de inventário deve de ser repostado. Quando a produção dos componentes plásticos é concluída, parte deles são armazenados no armazém da pré-montagem (WIP), onde aguardam processamento na área da pré-montagem, e outra parte é transportada diretamente para o armazém da produção (WIP), sendo que o armazenamento dos componentes plásticos é controlado através de um sistema FIFO, garantindo que o primeiro componente plástico produzido é o primeiro a entrar na área produtiva precedente. O armazenamento intermédio (WIP) dos componentes plásticos corresponde, portanto, em média a um *lead time* de 14 dias.

Relativamente aos valores apresentados na tabela de dados do processo produtivo da injeção de plástico no desenho do VSM (Figura 13), foi considerado o tempo de ciclo (TC) do processo mais lento, nomeadamente o do componente *Outer Mask*. O tempo de *changeover* (C/O) diz respeito à duração da troca dos moldes 105 (*Inner Mask*) e 108 (*Housing*) na máquina 300-10. Relativamente ao indicador de eficiência global OEE diz respeito ao valor geral das máquinas de injeção de plástico que se destinam à produção dos componentes plásticos do produto AA0.

É importante salientar que, devido ao facto do presente estudo ser focado no processo de injeção de plástico, a informação contida nas tabelas dos processos produtivos precedentes divulgados no desenho do VSM (Figura 13), não foi realizada com tanto detalhe, sendo que maior parte dos dados apresentados foram fornecidos pela empresa.

No processo produtivo da pré-montagem é produzido a *mask assembly*, que corresponde à junção dos seguintes componentes plásticos: *Lens*, *Inner Mask*, *Outer Mask*, *Ring center*, *Ring left/right* e *Housing*. Sendo a *mask assembly* produzida, esta é transferida para o armazém da montagem final, que é puxada (sistema Pull) pelo processo produtivo da montagem final, com um *lead time* de 1 dia. Paralelamente a este processo, são também produzidas as placas do circuito correspondentes ao *cluster* AA0 que consiste no acoplamento de vários microcomponentes à placa. Depois de concluída a produção das placas, estas são armazenadas no supermercado e puxadas (sistema pull) para a área da produção final. O processo produtivo da área da montagem final consiste na montagem dos componentes plásticos provenientes diretamente da área de injeção de plástico, do produto inacabado proveniente da área de pré-montagem, da placa produzida na área de produção das placas e de outros

componentes provenientes de fornecedores externos. Por fim na área de embalagem/*shipping*, o produto acabado, o *cluster* AA0, é embalado e consolidado em lotes de 64 unidades, o que atendendo à procura média diária de 4400 unidades diárias, perfaz aproximadamente um total de 68 lotes expedidos por dia para cliente, durante 5 dias por semana numa atividade laboral de 3 turnos.

4.3 Identificação das oportunidades de melhoria

Através da análise do VSM atual e do processo produtivo da injeção de plástico do cluster AA0, foi possível identificar as seguintes oportunidades de melhoria (Figura 14).

4.3.1 Melhoria do processo de *changeover*

Primeiramente, é identificada a oportunidade de melhoria do processo de *changeover*, impulsionada pela falta de planeamento das tarefas inerentes ao processo, pois todas estas são realizadas enquanto a máquina está em funcionamento. Para tal, o processo de mudança de moldes deve ser analisado com intuito de listar todos os procedimentos de *changeover*, separando as atividades externas das internas e desta forma padronizar a execução das tarefas, nomeadamente na mudança do molde 108 para o 105 na máquina 300-10, de forma a diminuir o tempo de paragem da máquina e consequentemente aumentar a produção dos componentes dentro do tempo de produção. Para além disso é importante também, desenvolver soluções que permitam melhorar alguns procedimentos e consequentemente os tempos de *setup* dos moldes. De forma a colmatar esta oportunidade de melhoria, a ferramenta SMED apresenta-se como a ferramenta mais apropriada à resolução deste problema, e será com base nesta abordagem que o problema posteriormente será resolvido e a melhoria alcançada.

4.3.2 Melhoria do OEE

A melhoria do indicador de eficiência global, OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), é também identificada como uma oportunidade de melhoria. As máquinas da área de injeção de plástico no global apresentam valores OEE muito reduzidos. Desta forma, prevê-se que com a melhoria do processo de *changeover*, da máquina 300-10, se consigam alcançar melhorias significativas nesta métrica. Ao longo das fases da ferramenta SMED, são desenvolvidas soluções que permitem essencialmente diminuir o número de componentes desperdiçados na fase inicial de funcionamento da máquina de injeção de plástico, bem como melhorar a taxa de desempenho e disponibilidade da máquina. Com aumento destas métricas é possível obter um acréscimo considerável nos valores de OEE da máquina 300-10, o que influencia o OEE da área de injeção de plástico no global.

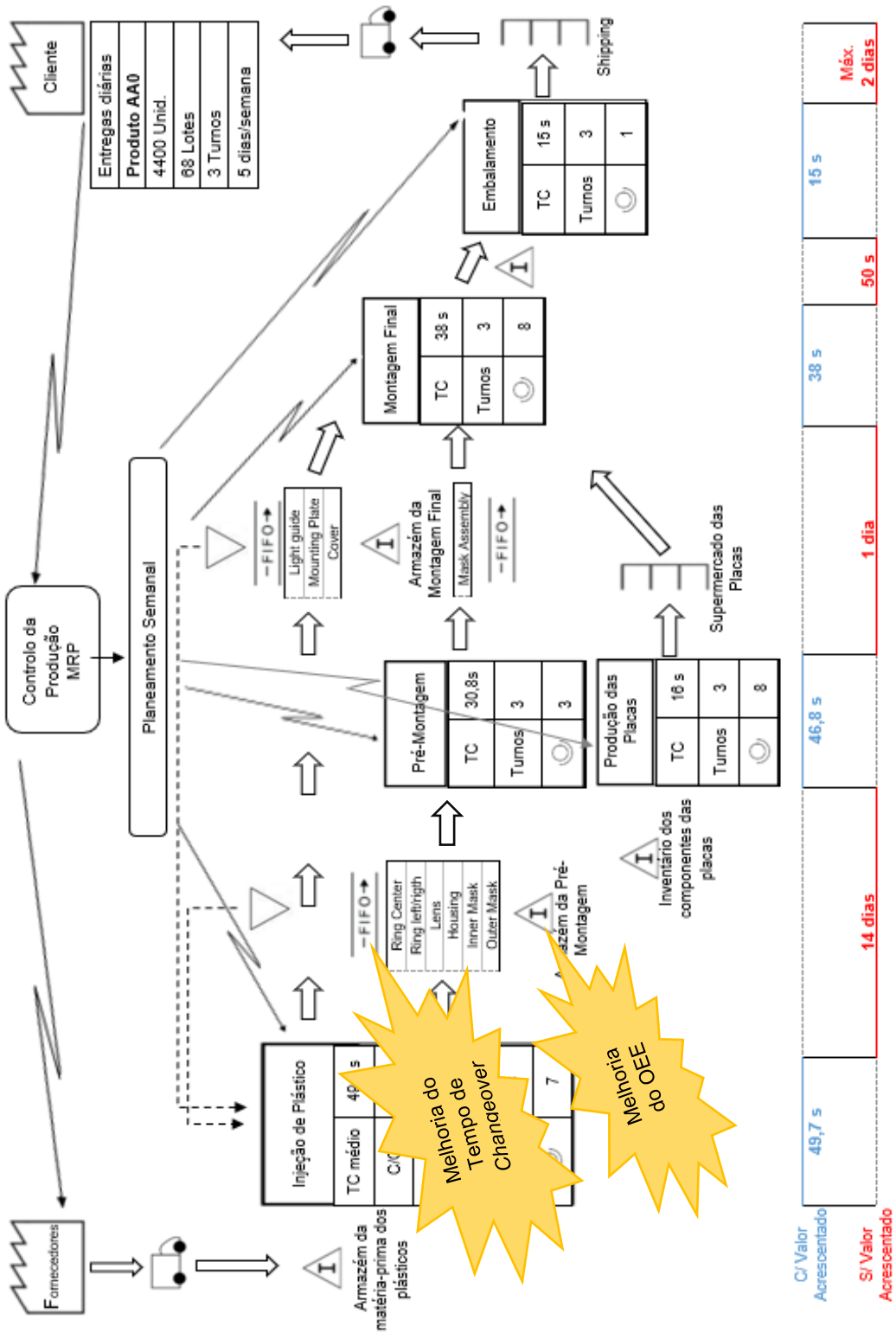


Figura 14 - VSM: Oportunidades de melhoria

Capítulo 5 - Implementação e Análise dos Resultados de Melhoria

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria resultantes das oportunidades identificadas no capítulo anterior, de modo a proceder à eliminação das ineficiências e problemas detetados na área de injeção de plástico. As propostas de melhoria são com base nos princípios e ferramentas *Lean Manufacturing*, sendo que todas elas foram desenvolvidas e implementadas com o auxílio dos gestores da área dos plásticos, de modo que ao longo do presente capítulo são apresentadas as implementações realizadas no processo de injeção de plástico do produto AA0, e a respetiva análise.

5.1 Melhoria do *changeover*

O processo de *changeover*, nomeadamente na troca dos moldes das máquinas de injeção de plástico, apresentava-se como um dos processos mais ineficientes na área dos plásticos. Esta ineficiência era provocada essencialmente pelo elevado tempo de *setup* dos moldes, o que provocava por vezes atrasos na produção dos componentes plásticos. O principal objetivo desta melhoria consiste na diminuição do tempo da troca de moldes na máquina 300-10. Visto que o presente estudo é com foco no produto *cluster* AA0, esta proposta melhoria é destinada à troca dos moldes 108 e 105, dos componentes *Inner Mask* e *Housing*, respetivamente. É importante salientar que todas as atividades envolvidas no processo de troca de moldes são realizadas com o suporte de dois técnicos da área dos plásticos.

De forma a tornar o processo de *changeover* mais eficiente, foi aplicada a metodologia SMED, que se divide em 4 fases distintas: Fase Preliminar, Primeira Fase, Segunda fase, Terceira fase, que são abordadas nos posteriores subcapítulos.

5.1.1 Fase preliminar

Nesta fase são listadas todas as atividades de *setup* inerentes ao processo de *changeover* atual, desde da produção do último componente bom do molde 108, o *Inner Mask*, até à produção do primeiro componente bom do molde 105, *Housing*. Deste modo é possível obter uma visão global de todas as atividades do processo *changeover*, para que na fase posterior se proceda à separação tipológica das atividades. De forma a auxiliar a enumeração de todas as atividades foi utilizado um documento de suporte disponibilizado pela empresa, onde é possível visualizar os vários procedimentos do processo de *changeover* (Ver Anexo IV). Na Tabela 8 que se segue é possível verificar ordenadamente todas as atividades que o processo de *changeover* compreende, bem como a duração de cada uma das atividades e o respetivo tempo acumulado.

Tabela 8 - Processo de *changeover* – Fase Preliminar

Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de <i>Changeover</i> Acumulado (hh:mm:ss)
1	Programar a máquina em modo semiautomático	00:00:30	-
2	Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108	00:00:39	00:00:00
3	Fechar molde e recuar cilindro	00:00:50	00:00:50
4	Desligar o aquecimento do molde e motor	00:00:15	00:01:05
5	Preparação das ferramentas	00:00:50	00:01:55
6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00	00:04:55
7	Colocar barra de segurança no molde	00:00:25	00:05:20
8	Descer gancho do pórtico até ao olhal do molde e encaixar gancho	00:00:25	00:05:45
9	Desligar fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:20	00:06:05
10	Encaixar a tranca de retenção da haste de extração no suporte	00:00:25	00:06:30
11	No software da máquina puxar a extração ao ponto 0	00:02:30	00:09:00
12	Retirar parafusos e anilhas de fixação do molde	00:03:00	00:12:00
13	Desligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:00:30	00:12:30
14	Desligar manguueiras do circuito de refrigeração	00:01:20	00:13:50
15	Fazer <i>reset</i> e ligar o motor da máquina	00:01:00	00:14:50
16	Abrir a máquina em modo ajuste para abertura máxima	00:01:40	00:16:30
17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:03:40	00:20:10
18	Programar a máquina para o molde seguinte	00:02:30	00:22:40
19	Desligar o motor	00:00:30	00:23:10
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50	00:24:00
21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15	00:27:15
22	Com o auxílio do pórtico descer molde até encaixar no prato fixo da máquina	00:02:30	00:29:45
23	Fazer <i>reset</i> da máquina e ligar motor	00:01:00	00:30:45
24	Encostar o prato móvel da máquina ao molde	00:00:50	00:31:35
25	Desligar motor	00:00:30	00:32:05
26	Colocar os parafusos e anilhas de aperto do molde 2	00:03:30	00:35:35
27	Ligar as fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:30	00:36:05
28	Ligar aquecimento do molde	00:00:10	00:36:15
29	Ligar as manguueiras de refrigeração da injeção e extração	00:02:30	00:38:45
30	Ligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:01:30	00:40:15
31	Retirar o gancho do molde e elevar pórtico	00:00:50	00:41:05
32	Retirar a barra de segurança e reposicioná-la na zona de descanso	00:00:50	00:41:55
33	Alterar presa do robot para a peça do molde 105	00:03:00	00:44:55
34	Ligar o motor da máquina e abrir o molde em modo ajuste	00:02:00	00:46:55
35	Retirar a tranca de fixação do suporte	00:00:40	00:47:35
36	Ligar a máquina em modo semiautomático (Molde em aquecimento)	00:00:30	00:48:05
37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:20:45	01:08:50

Através da listagem das atividades inerentes ao processo de *changeover*, apresentadas na Tabela 8, é possível verificar que o processo de *changeover* realizado na máquina 300-10 tem uma duração de 1 horas, 8 minutos e 50 segundos. O elevado tempo de *changeover* é o reflexo de uma falta de

planeamento desta operação, dado que todas as atividades são realizadas enquanto a máquina está parada.

A duração correspondente à atividade 2 – “Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108”, apresentada na Tabela 8, no valor de 39 segundos, diz respeito à aproximação do tempo de ciclo da máquina 300-10 com o molde 108 – 38,4 segundos. No entanto é importante salientar que a duração desta atividade e da atividade 1, não são contabilizadas na duração total do processo de *changeover*, pois como já foi referido anteriormente e de acordo com Chen (2009) , a duração do processo de *changeover* tem início desde da obtenção da última peça boa do primeiro lote até à primeira peça boa do lote seguinte. Deste modo a duração total do processo de *changeover* tem início na atividade 3 e termina na atividade 37, em que é produzido o primeiro componente bom do molde 105, o *Housing*.

5.1.2 Primeira fase

Depois de listadas todas as atividades inerentes ao processo de *changeover* na fase preliminar, nesta fase é realizada a classificação de todas as atividades de *setup* como internas, ou seja, todas as atividades que não são possíveis de ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento, e como externas, isto é, as atividades que são possíveis de ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento. Dados que as operações são realizadas enquanto a máquina está parada e face à primeira etapa da metodologia SMED foi realizada a separação das atividades por tipo, classificando-as em atividades externas ou internas, como é possível observar na Tabela 9 que se segue.

Tabela 9 – Classificação das atividades de *setup*

Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de <i>Changeover</i> Acumulado (hh:mm:ss)	Internas	Externas
1	Programar a máquina em modo semiautomático	-	-	-	-
2	Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108	-	00:00:00	-	-
3	Fechar molde e recuar cilindro	00:00:50	00:00:50	X	
4	Desligar o aquecimento do molde e motor	00:00:15	00:01:05	X	
5	Preparação das ferramentas	00:00:50	00:01:55		X
6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00	00:04:55		X
7	Colocar barra de segurança no molde	00:00:25	00:05:20	X	
8	Descer gancho do pórtico até ao olhal do molde e encaixar gancho	00:00:25	00:05:45	X	
9	Desligar fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:20	00:06:05	X	
10	Encaixar a tranca de retenção da haste de extração no suporte	00:00:25	00:06:30	X	
11	No software da máquina puxar a extração ao ponto 0	00:02:30	00:09:00	X	
12	Retirar parafusos e anilhas de fixação do molde	00:03:00	00:12:00	X	
13	Desligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:00:30	00:12:30	X	
14	Desligar mangueiras do circuito de refrigeração	00:01:20	00:13:50	X	
15	Fazer <i>reset</i> e ligar o motor da máquina	00:01:00	00:14:50	X	
16	Abrir a máquina em modo ajuste para abertura máxima	00:01:40	00:16:30	X	
17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:03:40	00:20:10	X	

Tabela 9 – Classificação das atividades de *setup* (Continuação)

Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de <i>Changeover</i> Acumulado (hh:mm:ss)	Internas	Externas
18	Programar a máquina para o molde seguinte	00:02:30	00:22:40	X	
19	Desligar o motor	00:00:30	00:23:10	X	
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50	00:24:00		X
21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15	00:27:15		X
22	Com o auxílio do pórtico engatar e descer o molde 105 até encaixar no prato fixo da máquina	00:02:30	00:29:45	X	
23	Fazer <i>reset</i> da máquina e ligar motor	00:01:00	00:30:45	X	
24	Encostar o prato móvel da máquina ao molde	00:00:50	00:31:35	X	
25	Desligar motor	00:00:30	00:32:05	X	
26	Colocar os parafusos e anilhas de aperto do molde 2	00:03:30	00:35:35	X	
27	Ligar as fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:30	00:36:05	X	
28	Ligar aquecimento do molde	00:00:10	00:36:15	X	
29	Ligar as mangueiras de refrigeração da injeção e extração	00:02:30	00:38:45	X	
30	Ligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:01:30	00:40:15	X	
31	Retirar o gancho do molde e elevar pórtico	00:00:50	00:41:05	X	
32	Retirar a barra de segurança e reposicioná-la na zona de descanso	00:00:50	00:41:55	X	
33	Alterar presa do robot para a peça do molde 105	00:03:00	00:44:55	X	
34	Ligar o motor da máquina e abrir o molde em modo ajuste	00:02:00	00:46:55	X	
35	Retirar a tranca de fixação do suporte	00:00:40	00:47:35	X	
36	Ligar a máquina em modo semiautomático (Molde em aquecimento)	00:00:30	00:48:05	X	
37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:20:45	01:08:50	X	
Tempo Total de <i>Changeover</i> =			01:08:50		

Na Tabela 9 apresentada anteriormente, as atividades: 3, 4, 36 e 37, apesar de serem realizadas enquanto a máquina está em funcionamento é importante salientar que a sua duração deve ser contabilizada no processo de *changeover* pois são operações que só são possíveis de serem realizadas com a máquina em funcionamento, no entanto a sua ocorrência não implica a produção de componentes, ainda assim estas atividades são necessárias no tempo que decorre entre o último componente bom do molde 108 e o primeiro componente bom do molde 105. No que diz respeito às identificadas como externas são todas as que a empresa, antes da implementação das melhorias realizava com a máquina parada (atividades internas). Concluída a classificação das atividades, são apresentadas na Tabela 10 a listagem das atividades externas, indicando o tempo gasto na sua realização.

Tabela 10 – Lista de atividades externas

Nº da Atividade	Atividades Externas	Duração
5	Preparação das ferramentas	00:00:50
6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50
21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15
Tempo total de atividade externas		00:07:55

Como é possível verificar na Tabela 10, com a passagem das atividades externas para o início do processo foi possível obter uma redução de 7 minutos e 55 segundos na duração do processo de *changeover* dos moldes. No gráfico da Figura 15 é possível visualizar o valor percentual atual respectivo das atividades externas e internas realizadas no processo de *changeover*.

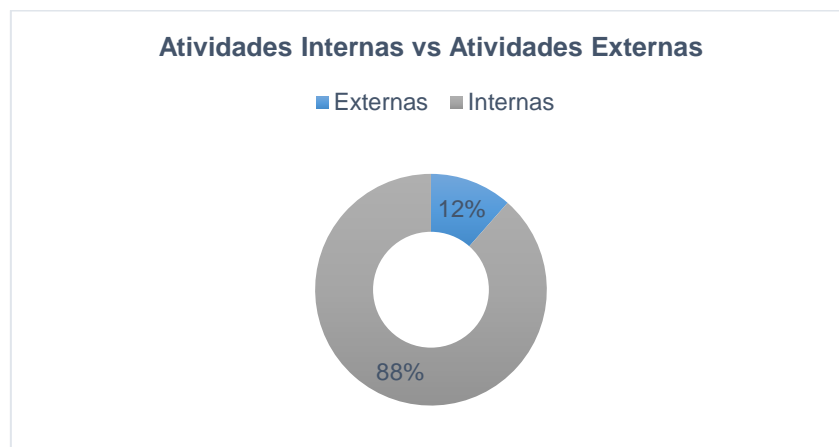


Figura 15 - Gráfico: Atividades internas vs Atividades externas

De acordo com o gráfico da Figura 15 a duração total das atividades externas corresponde a 12% da duração total do processo de *changeover*, pelo que desde já é possível alcançar uma redução de 12% no tempo total de *changeover*. Assim sendo, segue abaixo na Tabela 11 a nova ordenação das atividades a serem realizadas no processo de *changeover*.

Tabela 11 - Processo de *changeover* após separação das atividades

Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de <i>Changeover</i> Acumulado (hh:mm:ss)
5	Preparação das ferramentas	-	-
6	Deslocar pórtico até à máquina	-	-
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	-	-
21	Deslocar molde 105 até à máquina	-	-
1	Programar a máquina em modo semiautomático	-	-
2	Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108	-	00:00:00
3	Fechar molde e recuar cilindro	00:00:50	00:00:50
4	Desligar o aquecimento do molde e motor	00:00:15	00:01:05
7	Colocar barra de segurança no molde	00:00:25	00:01:30
8	Descer gancho do pórtico até ao olhal do molde e encaixar gancho	00:00:25	00:01:55
9	Desligar fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:20	00:02:15
10	Encaixar a tranca de retenção da haste de extração no suporte	00:00:25	00:02:40
11	No software da máquina puxar a extração ao ponto 0	00:02:30	00:05:10
12	Retirar parafusos e anilhas de fixação do molde	00:03:00	00:08:10
13	Desligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:00:30	00:08:40
14	Desligar manguelras do circuito de refrigeração	00:01:20	00:10:00

Tabela 11 - Processo de *changeover* após separação das atividades (Continuação)

15	Fazer <i>reset</i> e ligar o motor da máquina	00:01:00	00:11:00
16	Abrir a máquina em modo ajuste para abertura máxima	00:01:40	00:12:40
17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:03:40	00:16:20
18	Programar a máquina para o molde seguinte	00:02:30	00:18:50
19	Desligar o motor	00:00:30	00:19:20
22	Com o auxílio do pórtico engatar e descer o molde 105 até encaixar no prato fixo da máquina	00:02:30	00:21:50
23	Fazer <i>reset</i> da máquina e ligar motor	00:01:00	00:22:50
24	Encostar o prato móvel da máquina ao molde	00:00:50	00:23:40
25	Desligar motor	00:00:30	00:24:10
26	Colocar os parafusos e anilhas de aperto do molde 105	00:03:30	00:27:40
27	Ligar as fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:30	00:28:10
28	Ligar aquecimento do molde	00:00:10	00:28:20
29	Ligar as mangueiras de refrigeração da injeção e extração	00:02:30	00:30:50
30	Ligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:01:30	00:32:20
31	Retirar o gancho do molde e elevar pórtico	00:00:50	00:33:10
32	Retirar a barra de segurança e reposicioná-la na zona de descanso	00:00:50	00:34:00
33	Alterar presa do robot para a peça do molde 105	00:03:00	00:37:00
34	Ligar o motor da máquina e abrir o molde em modo ajuste	00:02:00	00:39:00
35	Retirar a tranca de fixação do suporte	00:00:40	00:39:40
36	Ligar a máquina em modo semiautomático (Molde em aquecimento)	00:00:30	00:40:10
37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:20:45	01:00:55
Tempo Total de <i>Changeover</i> =		01:00:55	

Como é possível verificar na Tabela 11, com a passagem das atividades externas antes de dar início ao processo de *changeover* foi possível reduzir a duração do processo para 1 hora e 55 segundos.

5.1.3 Segunda fase

Nesta fase foi realizada a análise de todas as atividades internas que possam ser convertidas para externas, onde quer que seja possível. No entanto após uma análise minuciosa do processo não foram detetadas quaisquer atividades internas que possam ser convertidas para externas.

5.1.4 Terceira Fase

Nesta última fase, o objetivo é a agilização de todas as atividades de *setup* tanto externas como internas, de forma a reduzir os tempos de *setup*. Para tal são apresentadas algumas soluções que permitem agilizar tanto as atividades internas como as atividades externas, nomeadamente a implementação de uma plataforma metálica sobre as máquinas de injeção de plástico e a implementação de pré-aquecedores nos moldes (Anexo VI).

5.1.4.1 Implementação de uma plataforma metálica

Uma das soluções apresentadas para a melhoria do processo de *changeover* dos moldes na terceira fase do SMED, foi a implementação de uma plataforma metálica sobre as máquinas de injeção de plástico, cuja a sua função é armazenar os moldes sobre a sua base em vez de serem armazenados no chão ou na área de arrumação dos moldes.

Antes da implementação da estrutura, os moldes eram arrumados no chão ou na área de arrumação de moldes, como é possível verificar na Figura 16.



Figura 16 - Antes da Implementação da estrutura (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

Após a implementação da estrutura metálica sobre as máquinas de injeção de plástico, os moldes passam a ser armazenados na base da estrutura, junto à sua respetiva máquina, como é possível verificar na Figura 17.

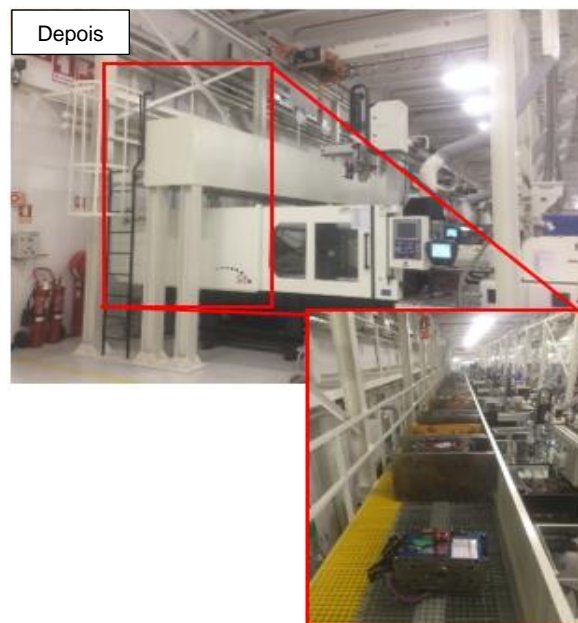


Figura 17 - Depois da implementação da estrutura (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

5.1.4.2 Implementação dos pré-aquecedores dos moldes

Outra das soluções apresentadas foi a implementação de pré-aquecedores para os moldes (Figura 19). Este dispositivo foi alocado na parte superior das plataformas metálicas, anteriormente mencionadas. Com a instalação destes dispositivos, garante-se que o molde seguinte é inserido na máquina com uma temperatura quase ideal de produção, isto devido ao pré-aquecimento que lhe é fornecido pelo dispositivo. Isto permite um aumento significativo do número de unidades de componentes produzidas, como é concluído no subcapítulo seguinte.

Antes a implementação dos pré-aquecedores, os moldes apenas eram aquecidos pelo sistema de aquecimento da máquina (Figura 18).



Figura 18 - Antes da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

Após a implementação dos pré-aquecedores, na superfície da plataforma metálica, os moldes passam a ser pré-aquecidos antes de se proceder à colocação destes na máquina de injeção (Figura 19).



Figura 19 - Depois da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

5.1.5 Análise do Impacto do SMED

Neste subcapítulo é analisado impacto da aplicação da ferramenta SMED no processo de *changeover*, desde da primeira fase, onde foi realizada a separação das atividades internas das externas até à terceira fase onde foram implementadas as melhorias que possibilitaram a agilização das atividades, tanto internas como externas.

5.1.5.1 Separação das atividades externas e internas (Primeira fase)

Após a aplicação da primeira fase da ferramenta SMED, nomeadamente na separação das atividades internas e externas foi possível verificar uma melhoria significativa no tempo de *changeover* dos moldes 108 para 105 na máquina 300-10. Em seguida, são apresentados na Tabela 12 os resultados obtidos após a ocorrência desta primeira fase.

Tabela 12 - Resultados obtidos após separação das atividades

Antes da separação das atividades		
Tempo de <i>changeover</i> (hh:mm:ss)		01:08:50
Atividades Externas Identificadas		
Nº	Atividade	Duração
5	Preparação das ferramentas	00:00:50
6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50
21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15
Duração Total das Atividades Externas		00:07:55
Após a separação das atividades		
Tempo de <i>changeover</i> (hh:mm:ss)		01:00:55
% Melhoria do tempo de <i>changeover</i>		12%

Como é possível verificar na Tabela 12 antes da separação das atividades internas e externas o tempo de *changeover* era aproximadamente 1 hora e 9 minutos. Após a análise do processo de *changeover*, identificaram-se as seguintes atividades como externas:

- Atividade 5: Preparação das ferramentas – esta atividade diz respeito à preparação das ferramentas necessárias à troca de moldes, principalmente da parafusadora pneumática, primeiramente necessária na atividade de remoção dos parafusos e anilhas de fixação do molde, que só era preparada após a paragem da máquina.
- Atividade 6: Deslocar pórtico até à máquina – a deslocação do pórtico até máquina para remoção do molde, só era efetuado após a paragem da máquina, o que provocava um atraso no processo de *changeover* de 3 minutos.
- Atividades 20 e 21 - dizem respeito à deslocação do pórtico até ao molde 105, na área de armazenamento dos moldes, engatá-lo no gancho, e deslocá-lo até à máquina de injeção, ao ser realizado com a máquina parada provocava um atraso no total de 4 minutos e 5 segundos.

A passagem destas quatro atividades antes da paralisação da máquina 300-10, permitiu uma melhoria de 7 minutos e 5 segundos, o que corresponde a uma redução de 12% do tempo de *changeover* inicial. Com isto, o processo de *changeover* passou a ser realizado em 1 hora e 55 segundos.

5.1.5.2 Implementação da plataforma metálica (Terceira fase)

Com implementação da plataforma metálica sobre as máquinas de injeção foi possível alcançar melhorias no tempo de *changeover*, nomeadamente na máquina 300-10, na qual o processo de *changeover* foi analisado. Esta implementação permitiu melhorias, tanto ao nível das atividades internas como das atividades externas. Na Tabela 13 que se segue, são apresentados os resultados obtidos após a implementação da plataforma metálica apresentada no capítulo anterior.

Tabela 13 - Resultados após implementação da plataforma

	Nº	Atividade	Duração (hh:mm:ss)	
			Antes da plataforma	Após a plataforma
Atividades Externas	5	Preparação das ferramentas	00:00:50	00:00:50
	6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00	00:03:00
	20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50	00:00:20
	21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15	00:00:50
	Duração Total das Atividades Externas		00:07:55	00:05:00
Tempo poupado nas atividades externas com a melhoria			00:02:55	
Atividades Internas	17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:03:40	00:01:40
	22	Com o auxílio do pórtico engatar e descer o molde 105 até encaixar no prato fixo da máquina	00:02:30	00:01:30
	Duração Total das Atividades Internas		00:06:10	00:03:10
	Tempo poupado nas atividades internas com a melhoria			00:03:00
Duração Total das Atividades Externas e Internas			00:14:05	00:08:10
Tempo total poupado com a melhoria				00:05:55
% Melhoria do tempo de <i>changeover</i>				4%

Analisando a Tabela 13 é possível verificar que após a implementação da plataforma sobre as máquinas de injeção, foi possível atingir uma melhoria significativa dos tempos das atividades externas e internas. No que diz respeito às atividades externas foi possível obter uma redução da duração das atividades 20 e 21. Na atividade 20, a deslocação do pórtico até ao local de armazenamento do molde 105 teve uma redução de 30 segundos, devido ao facto de o armazenamento do molde ter sido transferido para a plataforma, junto à máquina 300-10, em vez de estar armazenado na área de armazenamento de moldes, de maneira que o tempo de deslocação do pórtico reduziu bastante. Relativamente à atividade 21, pela mesma razão da atividade 20, esta também sofreu uma redução bastante significativa, passando a ser realizada em menos de 1 minuto, sendo que anteriormente a duração desta atividade nunca era menos de 3 minutos e 15 segundos. Com esta melhoria, foi possível

observar uma redução total da duração das atividades externas de quase 3 minutos, sendo que passaram a ser executadas em 5 minutos em vez de 7 minutos e 55 segundos.

Quanto às atividades internas apresentadas na Tabela 13 foi possível reduzir a sua duração em 3 minutos, passando a ser executadas em 3 minutos e 10 segundos. Na atividade 17 a melhoria foi devido à passagem de armazenamento dos moldes na base da plataforma que permitiu reduzir o tempo de arrumação do molde 108 significativamente, e na atividade 22, visto que o molde 105 passou também a ser armazenado na base da plataforma junto à máquina 300-10, a duração da operação de retirada do molde 105 a ser montado na máquina passou a ser realizado em 1 minuto e 30 segundos.

Pode-se então concluir que com a implementação da plataforma metálica de armazenamento dos moldes sobre as máquinas de injeção foi possível uma redução na duração atividades internas mais externas no total de 5 minutos e 55 segundos. Sendo que no caso das atividades internas foi possível uma redução de 3 minutos e 10 segundos, valor este que permitiu uma redução de mais 4% do tempo de *changeover* até agora alcançado.

5.1.5.3 Implementação dos pré-aquecedores de moldes (Terceira fase)

Após a implementação da plataforma metálica sobre as máquinas de injeção de plástico surgiu a oportunidade de implementar outra melhoria, nomeadamente a implementação de pré-aquecedores de moldes. Estes dispositivos foram implementados na base da plataforma metálica e permitem o pré-aquecimento dos moldes que são montados durante o processo de *changeover* na respetiva máquina, neste caso a montagem do molde 105 do componente *Housing* na máquina 300-10. Como será demonstrado em seguida, com esta melhoria foi possível obter ganhos significativos no tempo de *changeover* da máquina 300-10, bem como um aumento do número de unidades de componentes *Housing* produzidos, visto que são produzidos menos componentes com defeito. Na Tabela 14 que se segue, são apresentados os resultados obtidos após a implementação dos pré-aquecedores.

Tabela 14 - Resultados após implementação dos pré-aquecedores

Atividades Internas			
Nº	Atividade	Antes dos pré-aquecedores	Após pré aquecedores
37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:20:45	00:14:00
Duração Total da Atividade		00:20:45	00:14:00
Tempo poupado com a melhoria			00:06:45
% Melhoria do tempo de <i>changeover</i>			10%

Analisando a Tabela 14 é possível verificar que após a implementação dos pré-aquecedores de moldes, foi possível atingir uma melhoria bastante significativa na duração da atividade interna 37. Esta atividade corresponde à última atividade realizada no processo de *changeover*, em que após a máquina dar início à produção do componente *Housing*, é necessária a análise dos primeiros componentes

produzidos, bem como alguns ajustes de qualidade nos parâmetros da máquina, até à obtenção de um componente sem defeitos. Com o pré-aquecimento do molde 105, este é montado na máquina com uma temperatura quase ideal, contrariamente ao que ocorria antes da implementação desta melhoria em que o molde 105 era montado na máquina à temperatura ambiente e o aquecimento era realizado somente pelo sistema de aquecimento da máquina de injeção. Assim sendo, foi possível reduzir o tempo de aquecimento do molde 105 por parte da máquina 300-10, até atingir a temperatura ideal, ou seja a temperatura que permite a obtenção de componentes sem defeitos. Portanto com a implementação dos pré-aquecedores dos moldes foi possível obter uma diminuição da atividade interna 37 de quase 7 minutos, passando a ser realizada em 14 minutos. Esta redução da duração da atividade interna 37 permitiu uma redução de 10% do tempo de *changeover* que será apresentada no próximo subcapítulo.

5.1.6 Análise Global e conclusão do processo de *changeover* após aplicação do SMED

Neste subcapítulo é realizada análise global do processo de *changeover* após a aplicação da ferramenta SMED, bem como a respetiva conclusão. Na Tabela 15 que se segue é apresentada listagem das atividades do processo de *changeover* na máquina 300-10, onde são descritas todas as atividades inerentes ao processo de *changeover* após a aplicação da ferramenta SMED.

Tabela 15 - Processo de *changeover* após aplicação do SMED

Tipo	Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de <i>Changeover</i> Acumulado (hh:mm:ss)
Externas	5	Preparação das ferramentas	00:00:50	-
	6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00	-
	20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:20	-
	21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:00:50	-
	1	Programar a máquina em modo semiautomático	00:00:30	-
	2	Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108	00:00:39	00:00:00
	3	Fechar molde e recuar cilindro	00:00:50	00:00:50
	4	Desligar o aquecimento do molde e motor	00:00:15	00:01:05
	7	Colocar barra de segurança no molde	00:00:25	00:01:30
	8	Descer gancho do pórtico até ao olhal do molde e encaixar gancho	00:00:25	00:01:55
	9	Desligar fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:20	00:02:15
	10	Encaixar a tranca de retenção da haste de extração no suporte	00:00:25	00:02:40
	11	No software da máquina puxar a extração ao ponto 0	00:02:30	00:05:10
	12	Retirar parafusos e anilhas de fixação do molde	00:03:00	00:08:10
Internas	13	Desligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:00:30	00:08:40
	14	Desligar manguueiras do circuito de refrigeração	00:01:20	00:10:00
	15	Fazer <i>reset</i> e ligar o motor da máquina	00:01:00	00:11:00
	16	Abrir a máquina em modo ajuste para abertura máxima	00:01:40	00:12:40
	17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:01:40	00:14:20
	18	Programar a máquina para o molde seguinte	00:02:30	00:16:50
	19	Desligar o motor	00:00:30	00:17:20
	22	Com o auxílio do pórtico engatar e descer o molde 105 até encaixar no prato fixo da máquina	00:01:30	00:18:50
	23	Fazer <i>reset</i> da máquina e ligar motor	00:01:00	00:19:50
	24	Encostar o prato móvel da máquina ao molde	00:00:50	00:20:40
	25	Desligar motor	00:00:30	00:21:10
	26	Colocar os parafusos e anilhas de aperto do molde 105	00:03:30	00:24:40
	27	Ligar as fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:30	00:25:10
	28	Ligar aquecimento do molde	00:00:10	00:25:20
	29	Ligar as manguueiras de refrigeração da injeção e extração	00:02:30	00:27:50

Tabela 15 - Processo de *changeover* após aplicação do SMED (Continuação)

	Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo de Changeover Acumulado (hh:mm:ss)
Internas	30	Ligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:01:30	00:29:20
	31	Retirar o gancho do molde e elevar pórtico	00:00:50	00:30:10
	32	Retirar a barra de segurança e reposicioná-la na zona de descanso	00:00:50	00:31:00
	33	Alterar presa do robot para a peça do molde 105	00:03:00	00:34:00
	34	Ligar o motor da máquina e abrir o molde em modo ajuste	00:02:00	00:36:00
	35	Retirar a tranca de fixação do suporte	00:00:40	00:36:40
	36	Ligar a máquina em modo semiautomático (Molde em aquecimento)	00:00:30	00:37:10
	37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:14:00	00:51:10
Tempo Total de <i>Changeover</i>				00:51:10

Como é possível verificar na Tabela 15 anteriormente apresentada, após a aplicação de todas as fases da ferramenta SMED foi possível obter um tempo total de *changeover* de 51 minutos e 10 segundos.

No gráfico da Figura 20 é possível verificar a variação do tempo de *changeover* após a aplicação das fases diferentes que a ferramenta SMED compreende em comparação com o tempo de *changeover* do estado inicial.

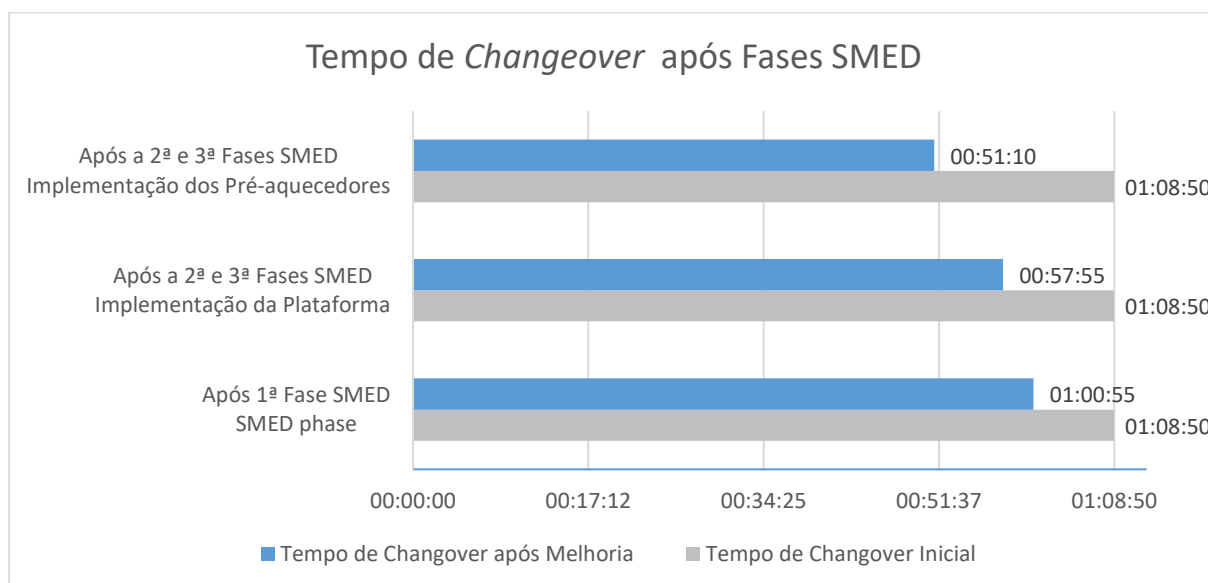


Figura 20 - Tempo de *changeover* após fases SMED

Analisando o gráfico da Figura 20 é possível verificar que após a aplicação da ferramenta SMED houve uma redução muito significativa do tempo de *changeover* ao longo das várias fases, passando a ser realizado em 51 minutos e 10 segundos, sendo que no estado inicial o processo de *changeover* tinha uma duração de 1 hora, 8 minutos e 50 segundos. Na Tabela 16 que se segue é possível verificar o tempo de *changeover* que foi possível de reduzir ao longo das fases do SMED.

Tabela 16 - Redução do tempo de *changeover* ao longo das fases SMED

Fases	Antes do SMED	Após 1º Fase SMED	Implementação da Plataforma	Implementação dos Pré-aquecedores
Tempo reduzido	00:00:00	- 00:07:55	- 00:10:55	- 00:17:40

No gráfico da Figura 21 que se segue é possível verificar a evolução da melhoria do tempo de *changeover* em termos percentuais ao longo das várias fases SMED, em relação ao estado inicial do processo de *changeover*.

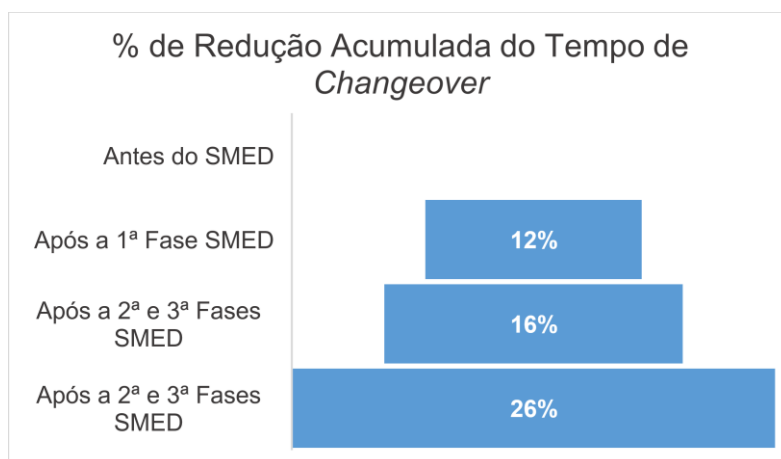


Figura 21 - Gráfico: Percentagem de redução acumulada do tempo de *changeover*

Visualizando o gráfico da Figura 21 pode-se concluir que houve, no total, uma redução de 26% do tempo de *changeover* em relação ao estado inicial.

5.2 Melhoria do OEE

Neste subcapítulo é realizada a abordagem à oportunidade de melhoria identificada, nomeadamente a melhoria do indicador de eficiência global, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Para colmatar esta melhoria, foi identificado ao longo da análise do processo de *changeover* abordado anteriormente, mais necessariamente após a aplicação da ferramenta SMED a oportunidade de reduzir o indicador OEE.

5.2.1 Impacto nos Indicadores Desempenho, Disponibilidade e FTT

Na sequência da redução do tempo de *changeover* com a aplicação da ferramenta SMED, foi possível obter uma redução significativa do tempo de paragem na máquina 300-10. Esta redução teve um impacto bastante positivo na produção dos componentes *Inner mask* e *Housing*, pelo que foi possível observar um aumento considerável no número de componentes produzidos dentro do tempo de produção. Na Tabela 17 são apresentadas as melhorias que foram possíveis de alcançar nas variáveis de produção e indicadores de eficiência da máquina 300-10 na produção dos componentes *Inner mask* e *Housing*, após a aplicação da ferramenta SMED.

Tabela 17 - Produção da máquina 300-10 antes e após SMED

Componentes	Inner Mask Molde 108		Housing Molde 105	
	Antes do SMED	Após o SMED	Antes do SMED	Após o SMED
Tempo Operacional (horas)	3,75		3,75	
Paragens Planeadas (segundos)	3415	2885	3415	2885
Tempo de <i>Changeover</i> (segundos)	2065	1535	2065	1535
Paragens Não Planeadas (segundos)	210	210	210	210
Total de Paragens (segundos)	3625	3095	3625	3095
Tempo Disponível (horas)	2,80	2,95	2,80	2,95
Tempo de Produção (horas)	2,74	2,89	2,74	2,89
Produção Teórica (unidades)	514	542	652	687
Componentes Bons (unidades)	450	474	546	630
Componentes com Defeito (unidades)	39	41	73	51
Máquina 300-10	Antes do SMED		Após o SMED	
Desempenho (%)	95,00		97,04	
Disponibilidade (%)	97,92		98,02	
FTT (%)	90,07		92,29	

De acordo com a Tabela 17 verifica-se que antes da implementação do SMED, o tempo de *changeover* de 4130 segundos (1h, 8 minutos e 50 segundos) era distribuído pelos dois componentes, ou seja 2065 segundos era o tempo de paragem devido a *changeover* para cada um dos componentes na máquina 300-10. Após a aplicação do SMED, e conseqüente diminuição do tempo de *changeover* foi possível verificar uma redução do tempo total de paragens, sendo que passou de 3625 segundos para 3095 segundos. Com a redução do tempo de paragem da máquina 300-10 foi possível aumentar o tempo disponível e o tempo de produção para 2,95 e 2,89 horas, respetivamente, para cada componente.

Ao nível de impacto nos indicadores, com a melhoria do tempo disponível e do tempo de produção foi possível verificar um aumento do indicador *Disponibilidade (%)* (6):

$$Disponibilidade (\%)_{Máquina\ 300-10\ Após\ SMED} = \frac{\frac{Tempo\ de\ produção_{Inner\ mask\ após\ SMED} + Tempo\ de\ produção_{Housing\ após\ SMED}}{Tempo\ disponível_{Inner\ mask\ após\ SMED} + Tempo\ disponível_{Housing\ após\ SMED}} * 100}{(6)}$$

Para além da *Disponibilidade (%)*, foi possível também verificar um aumento significativo do indicador *Desempenho (%)* (7) sendo que componente *Inner mask* não contribuiu para o seu aumento, ao contrário do componente *Housing*, isto justifica-se pelo facto de que no primeiro componente o número

de unidades de componentes com defeito produzidas face à produção teórica manteve-se, no segundo com diminuição da duração da atividade 37 na obtenção do primeiro componente bom, foi possível verificar uma diminuição significativa do número de unidades do componente *Housing* com defeito, o que se converte numa melhoria do desempenho da máquina 300-10.

$$Desempenho (\%)_{\substack{Máquina \\ 300-10 \\ Após \\ SMED}} = \frac{\sum \text{Componentes bons } \substack{Após \\ SMED} + \sum \text{Componentes com defeito } \substack{Após \\ SMED}}{\sum \text{Produção Teórica } \substack{Após \\ SMED}} * 100 \quad (7)$$

Com implementação dos pré-aquecedores, e conseqüente diminuição da atividade 37 foi possível também verificar para o componente *Housing* uma diminuição significativa do tempo que decorre até obtenção do primeiro componente bom. Com esta melhoria houve uma diminuição significativa do número de componentes com defeito, e que, portanto, teve impacto no indicador FTT (8).

$$FTT (\%)_{\substack{Máquina \\ 300-10 \\ Após \\ SMED}} = \frac{\sum \text{Componentes bons } \substack{Após \\ SMED} - \sum \text{Componentes com defeito } \substack{Após \\ SMED}}{\sum \text{Componentes bons } \substack{Após \\ SMED} + \sum \text{Componentes com defeito } \substack{Após \\ SMED}} * 100 \quad (8)$$

5.2.2 Impacto no OEE

As melhorias verificadas, nos indicadores anteriormente mencionados teve, portanto, um impacto positivo no OEE da máquina 300-10 na produção dos componentes *Inner mask* e *Housing*. Tabela 18 apresentada abaixo são apresentados os valores finais da percentagem de OEE para o processo de injeção de plástico do produto AA0.

Tabela 18 - Melhoria do OEE

Máquina 300-10	Antes do SMED	Após o SMED
Desempenho (%)	95,00	97,04 (+2,04%)
Disponibilidade (%)	97,92	98,02 (+0,1%)
FTT (%)	90,07	92,29 (+2,22%)
OEE (%)	83,78	87,79 (+4%)

Como é possível verificar na Tabela 18, com o aumento dos indicadores inerentes ao cálculo da eficiência global, foi possível um aumento de 4% do indicador OEE. No gráfico da Figura 22 é possível visualizar a evolução do OEE na máquina 300-10 paralelamente às melhorias verificadas nos indicadores, FTT, Disponibilidade e Desempenho, após a aplicação da ferramenta SMED.

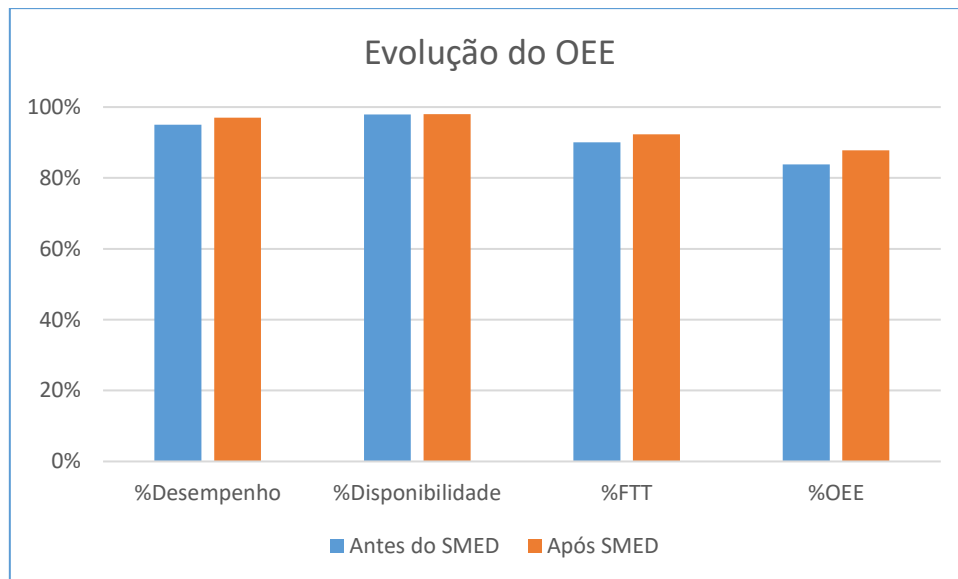


Figura 22 - Evolução do OEE

5.3 Conclusões do capítulo

No presente capítulo conclui-se que foi possível alcançar os objetivos descritos nas oportunidades de melhoria identificadas na caracterização do sistema inicial.

A aplicação da ferramenta *Lean*, SMED, permitiu melhorar a realização das atividades inerentes ao processo de troca de moldes. Neste caso a ferramenta foi aplicada na máquina 300-10 que responsável pela produção dos componentes *Inner mask* e *Housing* do produto AA0.

Na primeira fase do SMED procedeu-se à separação das atividades externas e internas. Todas as atividades, cuja a sua execução é passível de ser realizada enquanto a máquina está em funcionamento (externas) foram transferidas para o início do processo, o que permitiu uma redução significativa do tempo de *changeover*.

Na terceira fase SMED, com a implementação da plataforma metálica sobre as máquinas de plástico, foi possível agilizar parte das atividades internas e externas, o que permitiu reduzir o tempo de execução das mesmas. Face à implementação dos pré-aquecedores dos moldes na base da plataforma metálica foi possível também agilizar a atividade que engloba a análise e os ajustes de qualidade até à obtenção do primeiro componente bom do molde 105. Através da diminuição desta atividade foi também possível obter uma redução significativa do tempo de *changeover* da máquina 300-10. Após a implementação das duas soluções concluiu-se que no total foi possível obter uma redução de 26% do tempo de *changeover* em relação ao estado inicial do processo.

No que diz respeito à melhoria do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), pode-se concluir que a aplicação da ferramenta SMED impulsionou a melhoria deste indicador, tendo impacto em todas as suas componentes métricas. A redução do tempo de *changeover* permitiu um acréscimo significativo na métrica Disponibilidade e a implementação dos pré-aquecedores dos moldes permitiram um acréscimo nas métricas FTT (*First Time Through*) e Desempenho. Com os acréscimos das

componentes métricas foi possível verificar um aumento de 4% no indicador OEE. Com o aumento verificado no indicador OEE, foi possível alcançar um índice acima do padrão de classe mundial de 85%, considerado nas fábricas com maior eficiência do mundo.

De um modo geral, conclui-se que com a melhoria do tempo de *changeover* após a aplicação da ferramenta SMED foi possível aumentar a capacidade de produção, melhorar a qualidade dos produtos, reduzir o desperdício, aumentar a flexibilidade da máquina de injeção, e conseqüentemente melhorar a capacidade de resposta ao cliente.

Capítulo 6 - Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do estudo desenvolvido na presente dissertação de mestrado. É realizado o resumo dos resultados obtidos face às implementações efetuadas bem como apresentadas propostas de trabalho futuro.

6.1 Considerações finais

O investimento estrangeiro na indústria automóvel em Portugal, tem sido uma peça fundamental para o crescimento do setor no país. O setor tem contribuído de uma forma notória para a economia do país, de modo que se apresenta como um dos setores que mais exporta e que mais contribui para o PIB, sendo que em 2016 atingiu um novo record absoluto, no que diz respeito às vendas globais.

No presente projeto é estudado o caso da Visteon Portuguesa, Ltd, que se insere no setor da indústria automóvel, desempenhando atividades nas áreas de componentes eletrónicos para automóveis e muito recentemente de plásticos. As instalações fabris da empresa estão localizadas em Palmela, onde são produzidos os componentes automóveis que são exportadas para vários fabricantes mundiais. Na fábrica é realizada a total conceção do produto, desde da produção das peças plásticas, passando pelo processamento da placa do circuito até à montagem final do componente. Desde a alguns anos que a aplicação da filosofia *Lean Production* nas áreas de produção da fábrica tem sido uma prática habitual, e desta forma tem desempenhado um papel fundamental na melhoria contínua dos seus processos. No entanto, a área dos plásticos, devido à sua recente aquisição, apresentava ainda alguns problemas tanto ao nível de processos e operações, como de recursos, pelo que requereu um estudo mais aprofundado, com intuito de identificar os desperdícios causados por esses problemas e dessa forma selecionar as técnicas e ferramentas *Lean* mais adequadas à sua eliminação. Foi neste contexto que a presente dissertação de mestrado foi desenvolvida, tendo como objetivo melhorar a eficiência dos processos produtivos da unidade de injeção de plástico através da aplicação das metodologias *Lean* suportar a aplicação das metodologias *Lean*.

De forma a recolher todas as informações e dados necessários para a presente dissertação de mestrado foi realizado um estágio que permitiu acompanhar de perto todos os processos envolvidos nas áreas de produção da fábrica, sendo que o foco foi na unidade de injeção de plástico. Para além disso, foi também possível acompanhar o comportamento das melhorias das propostas, após as implementações, o que permitiu avaliar o desempenho real dessas melhorias nos vários processos e operações. Face a um processo de gestão da mudança, ao longo do estágio foram realizadas reuniões *Kaizen* com o intuito de discutir e acompanhar todas as melhorias implementadas, reunindo todos os responsáveis da área, adotando assim um comportamento de melhoria contínua em toda a empresa. O processo de gestão da mudança permitiu também garantir a adaptação e motivação dos colaboradores face às implementações impostas na sua área de trabalho, o que proporcionou estabilidade nos processos.

Através da análise do processo produtivo da unidade de injeção de plástico no chão de fábrica e da construção do VSM foi possível identificar os problemas que geravam desperdícios e consequentes ineficiências no processo. Deste modo, foram identificadas as oportunidades de melhoria e

apresentadas propostas que permitiram alcançar os objetivos. Através da ferramenta *Lean*, SMED e paralelamente às soluções desenvolvidas foi possível alcançar resultados bastante satisfatórios e expor à empresa a repercussão das implementações no processo produtivo da injeção de plástico. Com a ferramenta SMED foi possível obter melhorias bastante significativas no processo de *changeover* dos moldes dos componentes *Inner mask* e *Housing*, na máquina 300-10, desde da separação das atividades até agilização das atividades internas e externas, o que permitiu reduzir o tempo de *changeover* em 26%. Para além disso, a aplicação desta ferramenta proporcionou as premissas necessárias para avançar com a segunda proposta de melhoria, nomeadamente a melhoria do indicador de eficiência global, OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), onde foi possível alcançar uma melhoria de 4%. Concluindo as melhorias verificadas permitiram de um modo geral aumentar a capacidade de produção, melhorar a qualidade dos produtos, reduzir o desperdício, aumentar a flexibilidade da máquina de injeção, e conseqüentemente melhorar a capacidade de resposta ao cliente.

Por fim, no que diz respeito às dificuldades sentidas ao longo deste projeto, pode-se destacar a evidente aversão à mudança por parte responsáveis da empresa, que nem sempre valorizaram ou aceitaram determinadas sugestões de melhoria, o que impediu que estas tivessem a sua repercussão no presente estudo. Por outro lado, também não foi permitida a inclusão de alguns dados relativos à empresa que poderiam ter sustentado o presente estudo, o que gerou algumas limitações a nível das implementações, nomeadamente a avaliação do impacto financeiro das implementações no processo produtivo, teria sido um aspeto importante a considerar e acrescentaria valor ao presente estudo.

6.2 Propostas de trabalho futuro

Após análise do processo produtivo da unidade dos plástico foram identificados outros problemas que merecem ser estudados com o intuito de serem ajustados, nomeadamente, o *layout* das máquinas de injeção requer uma análise mais aprofundada com intuito de proceder à sua reconfiguração, o que impulsionava a resolução de outras ineficiências visíveis na área dos plásticos, tais como, melhoria das tarefas dos operadores de máquina e abastecedores e melhoria das rotas de transporte dos componentes entre as várias áreas. Outra das melhorias a ser desenvolvida num trabalho futuro seria a melhoria do lead time de 14 dias de armazenamento dos componentes entre a área da injeção de plástico e as restantes áreas, que apesar da produção desta área integrar o método de produção *just-in-time*, através de um sistema de *kanban* de sinalização, o lead time de armazenamento é muito longo, para tal seria necessário implementar uma estratégia no processo produtivo da área dos plásticos que permitisse acelerar a produção, pelo que aquisição de mais máquinas de injeção e respetiva análise de custos seriam uns dos aspetos a considerar. Esta aquisição permitia também aniquilar alguns processos de *changeover*, nomeadamente na máquina 300-10 abordada no presente estudo, pelo que com a aquisição de duas máquinas atribuídas a cada um dos componentes seria possível duplicar a produção dos componentes *Inner mask* e *Housing* do produto AA0.

Quanto às implementações do presente estudo, estas no futuro podem ser replicadas para outras máquinas de injeção que requerem troca de moldes e desta forma conseguir alcançar os mesmos benefícios. Esta replicação teria um impacto colossal em todo processo produtivo da injeção de plástico, permitindo uma redução do tempo de *changeover* nas máquinas, que resultaria num aumento da

produção dos componentes plásticos, diminuição dos componentes com defeito, bem como, globalmente um aumento significativo do indicador OEE no processo produtivo da unidade de injeção de plástico.

Capítulo 7 - Referências Bibliográficas

- AFIA, 2017. Indústria de Componentes Automóveis - AFIA. Available at:
http://www.afia.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=4717&Itemid=61&lang=pt_PT
[Accessed February 5, 2017].
- AICEP Portugal, 2016. Portugal Global. *Indústria automóvel e componentes*, p.66. Available at:
http://www.portugalglobal.pt/PT/PortugalNews/Documents/Revistas_PDFs/Portugalglobal_n87.pdf.
- Allahverdi, A. & Soroush, H.M., 2008. The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187, pp.978–984.
- Ang, A.T.H., Sivakumar, A., I. & Qi, C., 2009. Criteria selection and analysis for single machine dynamic on-line scheduling with multiple objectives and sequence-dependent setups. *Computers & Industrial Engineering*, 56, pp.1223–1231.
- Ar, R. & Al-Ashraf, M., 2012. Production Flow Analysis through Value Stream Mapping : A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41(Iris), pp.1727–1734.
- Azian, N. et al., 2013. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, pp.174–180.
- Bilalis, N. et al., 2002. Visual factory : Basic principles and the “zoning” approach. *International Journal of Production*, 40(15), pp.3575–3588.
- Black, J.R., 2008. *Lean production : implementing a world-class system* 1st ed., New York: Industrial Press, Inc.
- Carreira, B., 2005. *Lean Manufacturing that Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*, New York: American Management Association.
- Chen, J.C., Cheng, C. & Huang, P.B., 2013. Expert Systems with Applications Supply chain management with lean production and RFID application : A case study. *Expert Systems With Applications*, 40(9), pp.3389–3397. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.047>.
- Chen, J.C., Li, Y. & Shady, B.D., 2010. From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), pp.1069–1086.
- Chen, W.J., 2009. Scheduling with dependent setups and maintenance in a textile company. *Computers & Industrial Engineering*, 57, pp.867–873.
- Chiarini, A., 2013. *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Bologna: Springer.

- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M. & F, P.S., 2015. Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. *Procedia Manufacturing*, 2(February), pp.102–107.
- Chowdary, B. V. & George, D., 2012. Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company: A lean manufacturing approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(1), pp.56–75.
- Coimbra, E., 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*, New York: McGraw-Hill Educational.
- Coimbra, E.A., 2009. *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* 1st ed., Kaizen Institute.
- Conceição, S.V. et al., 2009. Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada. *Gestão & Produção*, 16, pp.357–369.
- Cordeiro, J., 2009. Componentes da gestão estratégica nas empresas do sector automóvel. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, pp.55–65.
- Cudney, E.A., Furterer, andra L. & Dietrich, D.M., 2014. *Lean Systems - Applications and Case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare*, New York: Taylor & Francis Group.
- Feld, W.M., 2001. *Lean Manufacturing - Tools, Techniques and How to Use Them*, London: St. Lucie Press.
- Féria, L.P., 1999. *A História do Sector Automóvel em Portugal (1895- 1995)*, Lisboa.
- Geraldo, Z., Vieira, L. & Balbinotti, G., 2015. Lean Manufacturing and ergonomic working conditions in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), pp.5947–5954.
- Glass, R., Seifermann, S. & Metternich, J., 2016. The Spread of Lean Production in the Assembly , Process and Machining Industry. *Procedia CIRP*, 55, pp.278–283.
- Goss, R. et al., 2010. Leveraging new SEMI standard to reduce waste and improve flow for semiconductor manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 26, pp.658–664.
- Van Goubergen, D. & Van Landeghem, D., 2002. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18, pp.205–214.
- Hines, P., Holweg, M. & Rich, N., 2004. Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), pp.994–1011.
- Holweg, M., 2007. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, pp.420–437.
- Imai, M., 1997. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* 2nd ed., New York: McGraw-Hill.

- Jasti, N.V.K. & Kodali, R., 2014. Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53, pp.1–19.
- Krafcik, J., 1988. Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30, pp.41–52.
- Kumar, B.S. & Abuthakeer, S.S., 2012. Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences*, 12, pp.1032–1037.
- Liker, J. & Meier, D., 2006. *The Toyota Way Fieldbook*, New York: McGraw-Hill.
- Liker, J.K., 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill.
- Mackelprang, A.W. & Nair, A., 2010. Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. *Journal of Operations Management*, 28(4), pp.283–302.
- Mann, D., 2005. *Creating a Lean Culture - Tools to Sustain Lean Conversions*, New York: Productivity Press.
- Marques, A.F., Alves, A.C. & Sousa, J.P., 2013. An approach for integrated design of flexible production systems. *Procedia CIRP*, 7, pp.586–591.
- McIntosh, R. et al., 1996. An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(9), pp.5–22.
- Melton, T., 2005. What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, (June), pp.662–673.
- Mileham, A.R. et al., 1999. Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(8), pp.785–796.
- Mohd, J. & Mojib, S., 2015. Production line analysis via value stream mapping : a lean manufacturing process of color industry. *Procedia Manufacturing*, 2(February), pp.6–10.
- Monden, Y., 2012. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* 4th ed., Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Monden, Y., 1983. *Toyota production system: Practical approach to production management*, Industrial Engineering and Management Press - Institute of Industrial Engineers.
- Murata, K. & Katayama, H., 2010. Development of Kaizen case-base for effective technology transfer – a case of visual management technology. , 48(16), pp.4901–4917.
- Nicholas, J. & Soni, A.V.I., 2006. *The Portal to Lean Production: Principles and Practices for Doing More with Less*, New York: Auerbach Publications - Taylor & Francis Group.

- Norhafizan Hibadullah, S. et al., 2014. Critical success factors of lean manufacturing practices for the Malaysian automotive manufacturers. *Int. J. Quality and Innovation J. Quality and Innovation*, 244(3), pp.256–271.
- Ohno, T., 1988. *Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production*, Portland, Oregon: Productivity Press.
- Ortiz, C.A., 2006. *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*, New York: Taylor & Francis Group.
- Parry, G.C. & Turner, C.E., 2017. Application of lean visual process management tools Application of lean visual process management tools. , 40(15), pp.3575–3588.
- Pinto, J.P., 2008. Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, pp.159–163.
- Pinto, J.P., 2014. *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* 6th ed., Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas, Lda.
- Productivity Press Development Team, 2002. *Standard work for the shopfloor*, New York: Productivity Press.
- Rother, M. & Shook, J., 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, Brookline: Lean Enterprise Institute.
- Santos, J., Wysk, R.A. & Torres, J.M., 2006. *Improving Production with Lean Thinking*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Shingo, S., 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, Cambridge: MA: Productivity Press.
- Shingo, S., 1989. *Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint Revised.*, Cambridge: Productivity Press.
- Sugimori, Y. et al., 1977. Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), pp.553–564.
- Sullivan, W.G., MacDonald, T.N. & Van Aken, E.M., 2002. Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18, pp.225–265.
- Wilson, L., 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*, New York: McGraw-Hill.
- Womack, J., Jones, D.T. & Roos, D., 1990. Focus on Books Changed the World. , May-June, pp.81–82.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., 1994. From lean production to the lean enterprise. *IEEE Engineering Management Review*, 24(4), pp.38–46.

Womack, J.P. & Jones, D.T., 2003. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster.

Womack, J.P., Jones, D.T. & Ross, D., 1990. *The Machine that Changed the World*, New York: Rawson Associates.

Zahraee, S.M. et al., 2014. Lean manufacturing implementation through value stream mapping: A case study. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 68(3), pp.119–124.

Anexos

Anexo I - Layout da área de injeção de plástico

Na Figura 23 é possível visualizar o *layout* da área de injeção de plástico, sendo que a amarelo são destacadas as máquinas de injeção que produzem os componentes do produto AA0.

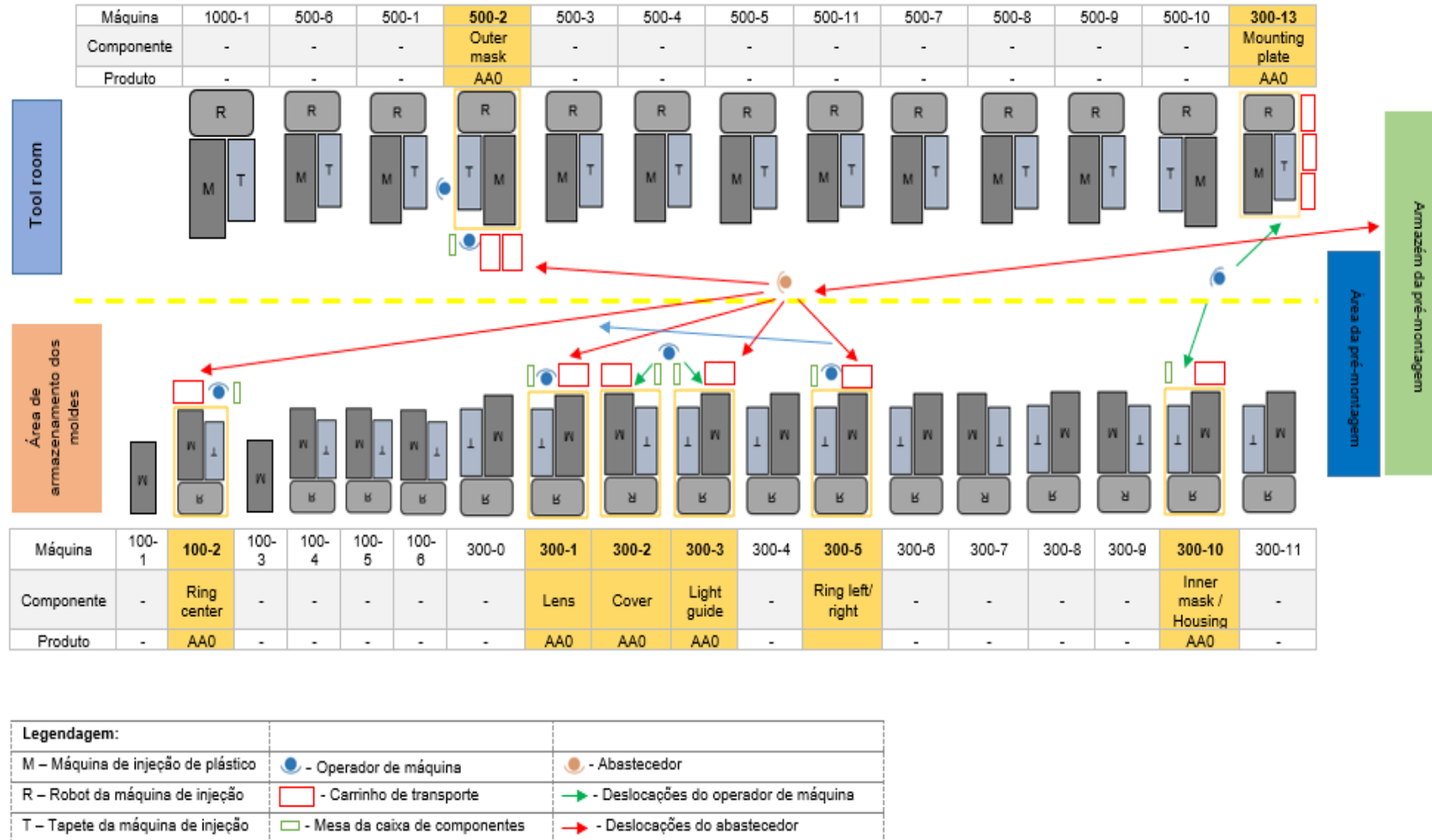


Figura 23 - *Layout* da área de injeção de plástico (Adaptado: Visteon Portuguesa, Ltd)

Anexo II - Exemplo VSM

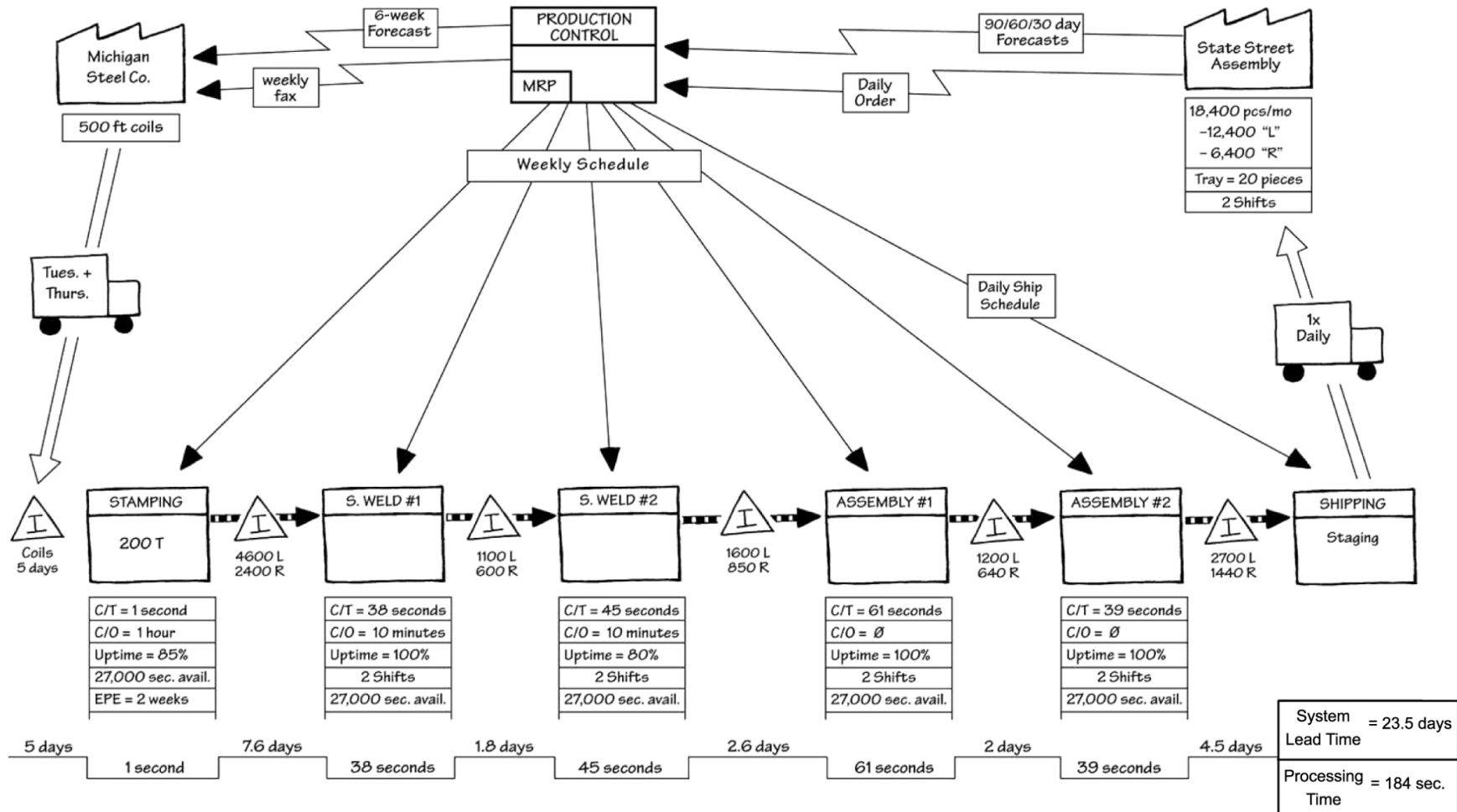


Figura 24 - Exemplo VSM (Fonte: Rother & Shook, 2003)

Anexo III - Símbolos VSM

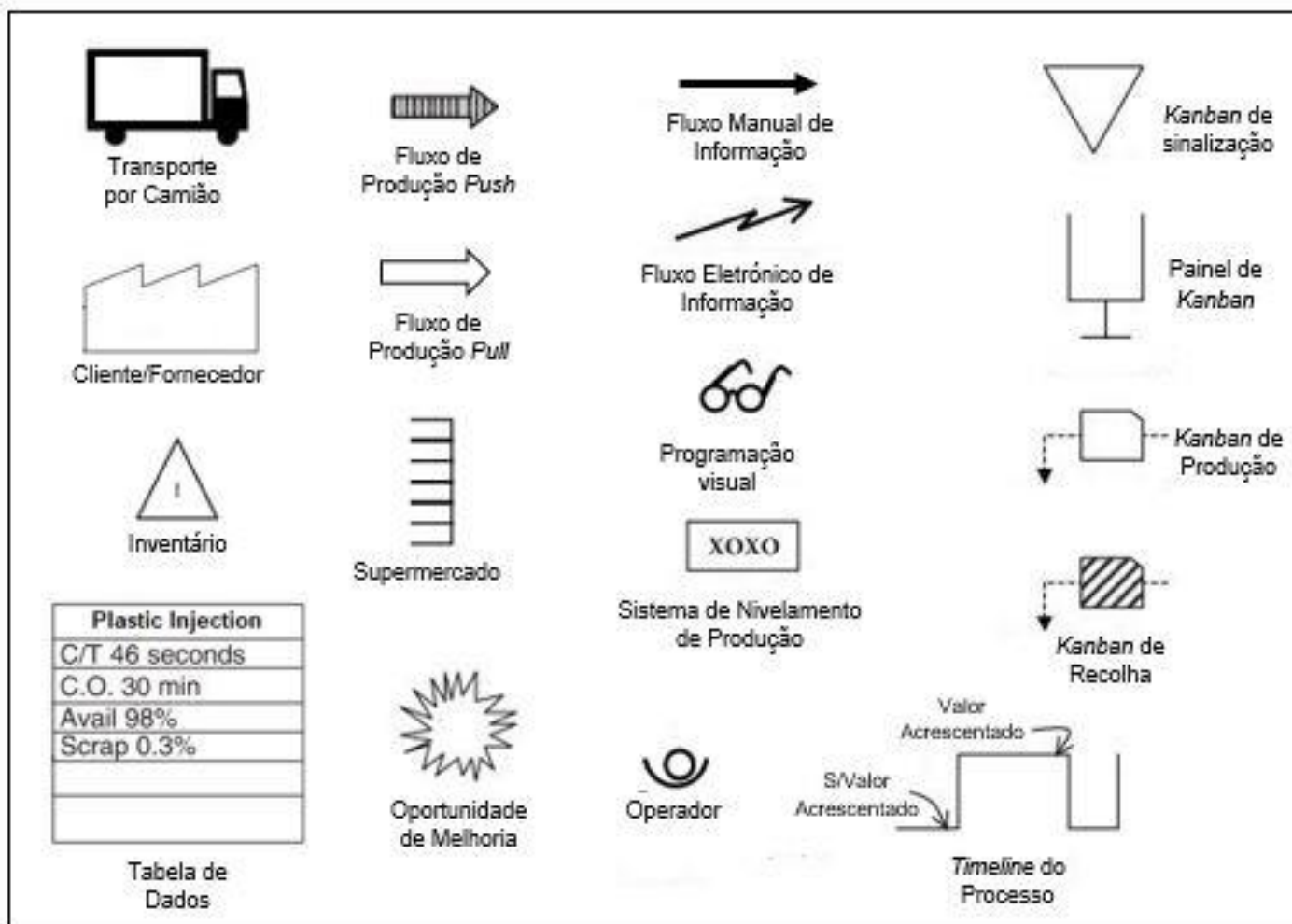


Figura 25 - Símbolos VSM (Fonte: Rother & Shook, 2003; Nicholas & Soni, 2006; Wilson, 2010; Pinto, 2014)

Anexo IV - Folhas de referência visual dos procedimentos de *changeover*

Na Figura 26 e Figura 27 são apresentadas as folhas de referência visual que auxiliaram o levantamento de todas as atividades inerentes ao processo de *changeover*.

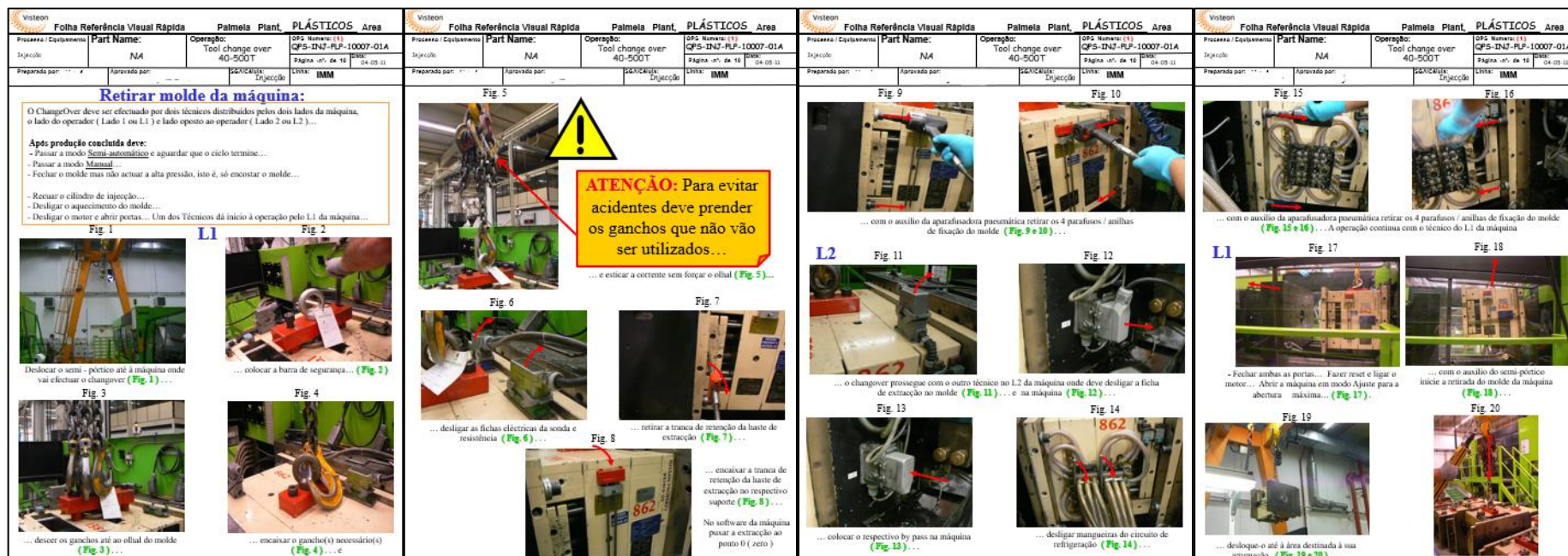


Figura 26 - Folhas de referência visual dos procedimentos de *changeover* (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)



























Visteon Folha Referência Visual Rápida Palmela Plant. PLÁSTICOS Area				Visteon Folha Referência Visual Rápida Palmela Plant. PLÁSTICOS Area				Visteon Folha Referência Visual Rápida Palmela Plant. PLÁSTICOS Area				Visteon Folha Referência Visual Rápida Palmela Plant. PLÁSTICOS Area			
Processo / Equipamento		Part Name:		Operação:		QPS Número (1)		Processo / Equipamento		Part Name:		Operação:		QPS Número (1)	
40-500T		NA		Tool change over 40-500T		QPS-INJ-PLP-10007-01A		40-500T		NA		Tool change over 40-500T		QPS-INJ-PLP-10007-01A	
Página nº. de 16		04-09-11		Página nº. de 16		04-09-11		Página nº. de 16		04-09-11		Página nº. de 16		04-09-11	
Preparado por:		Aprovado por:		Preparado por:		Aprovado por:		Preparado por:		Aprovado por:		Preparado por:		Aprovado por:	
		IMM				IMM				IMM				IMM	
<p>Após desmontagem do molde confirme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que não existe montagem de outro molde nos próximos dias (Ex: de Sexta até Domingo à noite), então deve efectuar 1 purga até limpar por completo o cilindro de material e proceder à sequência de operação para desligar a máquina... - Se é necessário colocar outro molde, então não deve desligar o aquecimento do cilindro e deve iniciar a colocação do novo molde... <p>Colocar molde da máquina:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduzir o programa correspondente ao molde a montar... - Confirmar que o prato móvel está recuado para a posição máxima (830 mm) - Desligar o motor e abrir portas... <p>Fig 21</p>  <p>Levar o semi -pórtico até à área onde está localizado o molde necessário, fixar os ganchos nos olhos do molde ... (Fig. 21)</p> <p>Fig 22</p>  <p>... desloque-o até à máquina (Fig. 22) ...</p> <p>ATENÇÃO: Para evitar acidentes deve prender os ganchos que não vão ser utilizados ...</p>				<p>Fig 23</p>  <p>... lado da extração (Fig. 23) ...</p> <p>Fig 24</p>  <p>... com o auxílio do semi - pórtico desça o molde (Fig. 24) ... deslocando-o ligeiramente para a direita até encostar primeiro o lado da injeção no prato fixa da máquina (Fig. 26) ...</p> <p>Fig 25</p>  <p>... lado da injeção (Fig. 25) ...</p> <p>Fig 26</p>  <p>... depois de completamente encostado, feche as portas da máquina, faça reset e ligue o motor (Fig. 27) ...</p> <p>Fig 27</p>  <p>... Confirme que a extração está recuada, encoste o prato móvel da máquina ao molde e active a alta pressão... Desligar o motor e abrir portas...</p>				<p>Fig 28</p>  <p>... com o auxílio da aparafusadora pneumática coloque os 4 parafusos de aperto do molde (Fig. 28 e 29) ...</p> <p>Fig 29</p>  <p>... com o auxílio da aparafusadora pneumática coloque os 4 parafusos de aperto do molde (Fig. 28 e 29) ...</p> <p>Fig 30</p>  <p>... Ligar fichas eléctricas da sonda e resistência (caso existam) (Fig. 30) ...</p> <p>Fig 31</p>  <p>... Ligar botão de aquecimento do molde (para moldes com bico quente) (Fig. 31) ... A operação prossegue com o técnico no L2 da máquina</p>				<p>L2</p> <p>Fig 32</p>  <p>... o técnico do L2 da máquina com o auxílio da aparafusadora pneumática coloca os 4 parafusos de aperto do molde (Fig. 32 e 33) ...</p> <p>Fig 33</p>  <p>... o técnico do L2 da máquina com o auxílio da aparafusadora pneumática coloca os 4 parafusos de aperto do molde (Fig. 32 e 33) ...</p> <p>Fig 34</p>  <p>... Ligar as mangueiras de refrigeração da injeção e extração (Fig. 34 e 35) ...</p> <p>Fig 35</p>  <p>... Ligar as mangueiras de refrigeração da injeção e extração (Fig. 34 e 35) ...</p> <p>Fig 36</p>  <p>... Ligar a ficha de extração no molde e na máquina (Fig. 36 e 37) ... A operação prossegue com o técnico no L1 da máquina</p> <p>Fig 37</p>  <p>... Ligar a ficha de extração no molde e na máquina (Fig. 36 e 37) ... A operação prossegue com o técnico no L1 da máquina</p>			
<p>L1</p> <p>Fig 38</p>  <p>... retirar o gancho / corrente de suspensão do molde (Fig. 38) ...</p> <p>Fig 39</p>  <p>... retirar a barra de segurança (Fig. 39) ... e reposicioná-la na zona de " descaço " (Fig. 40) ...</p> <p>Fig 40</p>  <p>... retirar a barra de segurança (Fig. 39) ... e reposicioná-la na zona de " descaço " (Fig. 40) ...</p> <p>Fig 41</p>  <p>... feche ambas as portas e ligue o motor (Fig. 41) ...</p> <p>Fig 42</p>  <p>... abrir o molde em modo AJUSTE (Fig. 42) ...</p> <p>Fig 43</p>  <p>... avançar a extração até à posição de avanço máxima (Fig. 43) ...</p> <p>Fig 44</p>  <p>... abrir a porta do lado do operador, retirar a trava de fixação do suporte (Fig. 44) ...</p> <p>Fig 45</p>  <p>... e insular a trava de fixação da haste de extração (Fig. 45) ...</p> <p>Fig 46</p>  <p>... fechar a porta e recuar a extração (Fig. 46) ...</p>				<p>Verifique as cotas de avanço e recuo da extração, efectuando vários movimentos, certificando-se que existe curso suficiente para extrair / cair as peças moldadas...</p> <p>NOTA: Como segurança e para certificação de que a protecção da extração está activada, deve-se avançar com o molde em AJUSTE aproximadamente 100 mm e tentar avançar com a extração. Caso seja possível o avanço da extração é porque a protecção do molde não está activada e o molde não deve trabalhar nestas condições. Corrigir até a máquina não permitir o avanço da extração fora da posição programada;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Certificar a cinemática dos movimentos da máquina em modo MANUAL ... - Verificar temperaturas do cilindro de injeção da máquina, temperatura do molde (caso exista) e temperatura do termorregulador; - Abrir porta do cilindro de injeção; - Retirar a tampa do injector do molde, caso exista molde com bico quente; - Fechar porta do cilindro de injeção; - Abrir a porta do lado do operador; - Retirar a tampa dos pontos de injeção dentro do molde, caso exista molde com bico quente; - Colocar desmoldante; - Fechar a porta; - Passar a modo SEMI-AUTOMÁTICO; - Iniciar o ciclo de injeção carregando no botão de arranque de ciclo (botão verde); - Efectuar algumas injeções com uma constante visualização da(s) peça(s) injectadas; - Passar a modo AUTOMÁTICO; - Colocar a contagem de produção a zero; 											

Figura 27 - Folhas de referência visual dos procedimentos de changeover (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)

Anexo V - Folhas de cálculo dos tempos de *changeover*

Na Tabela 19 está representada a folha de cálculo excel que permitiu realizar os cálculos inerentes ao processo de *changeover*.

Tabela 19 - Folhas de cálculo dos tempos de *changeover*

Nº da Atividade	Atividade	Duração da Atividade Inicial (hh:mm:ss)	Processo Changeover Inicial Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Processo Changeover após a separação das atividades			Processo Changeover após melhoria da plataforma			Processo Changeover após melhoria da pre-aquec.		
				Duração da Atividade (hh:mm:ss)	Tempo Acumulado (hh:mm:ss)	Diferença duração após separação	Duração da atividade	Tempo acumulado	Diferença duração após plataforma	Duração da atividade	Tempo acumulado	Diferença apos plataforma e pre aquec.
5	Preparação das ferramentas	00:00:50	00:00:50	00:00:50	Externas	Externas	00:00:50	-	00:00:00	00:00:50	-	
6	Deslocar pórtico até à máquina	00:03:00	00:03:50	00:03:00	Externas	Externas	00:03:00	-	00:00:00	00:03:00	-	
20	Deslocar pórtico até ao molde 105 e encaixar gancho no olhal	00:00:50	00:04:40	00:00:50	Externas	Externas	00:00:20	-	00:00:30	00:00:20	-	
21	Deslocar molde 105 até à máquina	00:03:15	00:07:55	00:03:15	Externas	Externas	00:00:50	-	00:02:25	00:00:50	-	
1	Programar a máquina em modo semi-automático	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Aguardar que o ciclo termine – Obtenção da última peça boa do molde 108	-	-	-	00:00:00	-	-	00:00:00	-	-	00:00:00	-
3	Fechar molde e recuar cilindro	00:00:50	00:08:45	00:00:50	00:00:50	00:00:00	00:00:50	00:00:50	00:00:00	00:00:50	00:00:50	00:00:00
4	Desligar o aquecimento do molde e motor	00:00:15	00:09:00	00:00:15	00:01:05	00:00:00	00:00:15	00:01:05	00:00:00	00:00:15	00:01:05	00:00:00
7	Colocar barra de segurança no molde	00:00:25	00:09:25	00:00:25	00:01:30	00:00:00	00:00:25	00:01:30	00:00:00	00:00:25	00:01:30	00:00:00
8	Descer gancho do pórtico até ao olhal do molde e encaixar gancho	00:00:25	00:09:50	00:00:25	00:01:55	00:00:00	00:00:25	00:01:55	00:00:00	00:00:25	00:01:55	00:00:00
9	Desligar fichas elétricas da sonda e resistência	00:00:20	00:10:10	00:00:20	00:02:15	00:00:00	00:00:20	00:02:15	00:00:00	00:00:20	00:02:15	00:00:00
10	Encaixar a tranca de retenção da haste de extração no suporte	00:00:25	00:10:35	00:00:25	00:02:40	00:00:00	00:00:25	00:02:40	00:00:00	00:00:25	00:02:40	00:00:00
11	No software da máquina puxar a extração ao ponto 0	00:02:30	00:13:05	00:02:30	00:05:10	00:00:00	00:02:30	00:05:10	00:00:00	00:02:30	00:05:10	00:00:00
12	Retirar parafusos e anilhas de fixação do molde	00:03:00	00:16:05	00:03:00	00:08:10	00:00:00	00:03:00	00:08:10	00:00:00	00:03:00	00:08:10	00:00:00
13	Desligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:00:30	00:16:35	00:00:30	00:08:40	00:00:00	00:00:30	00:08:40	00:00:00	00:00:30	00:08:40	00:00:00
14	Desligar manguerias do circuito de refrigeração	00:01:20	00:17:55	00:01:20	00:10:00	00:00:00	00:01:20	00:10:00	00:00:00	00:01:20	00:10:00	00:00:00
15	Fazer reset e ligar o motor da máquina	00:01:00	00:18:55	00:01:00	00:11:00	00:00:00	00:01:00	00:11:00	00:00:00	00:01:00	00:11:00	00:00:00
16	Abir a máquina em modo ajuste para abertura máxima	00:01:40	00:20:35	00:01:40	00:12:40	00:00:00	00:01:40	00:12:40	00:00:00	00:01:40	00:12:40	00:00:00
17	Retirar molde elevando o pórtico e arrumar o molde na respetiva área de armazenamento	00:03:40	00:24:15	00:03:40	00:16:20	00:00:00	00:01:40	00:14:20	00:02:00	00:01:40	00:14:20	00:02:00
18	Programar a máquina para o molde seguinte	00:02:30	00:26:45	00:02:30	00:18:50	00:00:00	00:02:30	00:16:50	00:00:00	00:02:30	00:16:50	00:00:00
19	Desligar o motor	00:00:30	00:27:15	00:00:30	00:19:20	00:00:00	00:00:30	00:17:20	00:00:00	00:00:30	00:17:20	00:00:00

Tabela 19 - Folhas de cálculo dos tempos de *changeover* (Continuação)

22	Com o auxílio do pórtico engatar e descer o molde 105 até encaixar no prato fixo da máquina	00:02:30	00:29:45	00:02:30	00:21:50	00:00:00	00:01:30	00:18:50	00:01:00	00:01:30	00:18:50	00:01:00
23	Fazer reset da máquina e ligar motor	00:01:00	00:30:45	00:01:00	00:22:50	00:00:00	00:01:00	00:19:50	00:00:00	00:01:00	00:19:50	00:00:00
24	Encostar o prato móvel da máquina ao molde	00:00:50	00:31:35	00:00:50	00:23:40	00:00:00	00:00:50	00:20:40	00:00:00	00:00:50	00:20:40	00:00:00
25	Desligar motor	00:00:30	00:32:05	00:00:30	00:24:10	00:00:00	00:00:30	00:21:10	00:00:00	00:00:30	00:21:10	00:00:00
26	Colocar os parafusos e anilhas de aperto do molde 105	00:03:30	00:35:35	00:03:30	00:27:40	00:00:00	00:03:30	00:24:40	00:00:00	00:03:30	00:24:40	00:00:00
27	Ligar as fichas elétricas da sonda e resistencia	00:00:30	00:36:05	00:00:30	00:28:10	00:00:00	00:00:30	00:25:10	00:00:00	00:00:30	00:25:10	00:00:00
28	Ligar aquecimento do molde	00:00:10	00:36:15	00:00:10	00:28:20	00:00:00	00:00:10	00:25:20	00:00:00	00:00:10	00:25:20	00:00:00
29	Ligar as mangueiras de refrigeração da injeção e extração	00:02:30	00:38:45	00:02:30	00:30:50	00:00:00	00:02:30	00:27:50	00:00:00	00:02:30	00:27:50	00:00:00
30	Ligar a ficha de extração no molde e na máquina	00:01:30	00:40:15	00:01:30	00:32:20	00:00:00	00:01:30	00:29:20	00:00:00	00:01:30	00:29:20	00:00:00
31	Retirar o gancho do molde e elevar portico	00:00:50	00:41:05	00:00:50	00:33:10	00:00:00	00:00:50	00:30:10	00:00:00	00:00:50	00:30:10	00:00:00
32	Retirar a barra de segurança e reposicioná-la na zona de descanso	00:00:50	00:41:55	00:00:50	00:34:00	00:00:00	00:00:50	00:31:00	00:00:00	00:00:50	00:31:00	00:00:00
33	Alterar presa do robot para a peça do molde 105	00:03:00	00:44:55	00:03:00	00:37:00	00:00:00	00:03:00	00:34:00	00:00:00	00:03:00	00:34:00	00:00:00
34	Ligar o motor da máquina e abrir o molde em modo ajuste	00:02:00	00:46:55	00:02:00	00:39:00	00:00:00	00:02:00	00:36:00	00:00:00	00:02:00	00:36:00	00:00:00
35	Retirar a tranca de fixação do suporte	00:00:40	00:47:35	00:00:40	00:39:40	00:00:00	00:00:40	00:36:40	00:00:00	00:00:40	00:36:40	00:00:00
36	Ligar a máquina em modo semi-automático (Molde em aquecimento)	00:00:30	00:48:05	00:00:30	00:40:10	00:00:00	00:00:30	00:37:10	00:00:00	00:00:30	00:37:10	00:00:00
37	Analisar e ajustar qualidade até obtenção da primeira peça boa do molde 105 - Ligar modo automático	00:20:45	01:08:50	00:20:45	01:00:55	00:00:00	00:20:45	00:57:55	00:00:00	00:14:00	00:51:10	00:06:45
Duração Total do Processo de Changeover		Total Inicial (antes da separação)	01:08:50	Total após separação internas e externas =	01:00:55	00:07:55	Total após palataforma =	00:57:55	00:03:00	Total após pre aquec. =	00:51:10	00:06:45
Total de tempo reduzido Acumulado			00:00:00			00:07:55			00:10:55			00:17:40

Anexo VI - Apresentação da implementação dos pré-aquecedores

Na Figura 28 está representado o modelo utilizado na apresentação da implementação dos pré-aquecedores aos gestores da empresa.



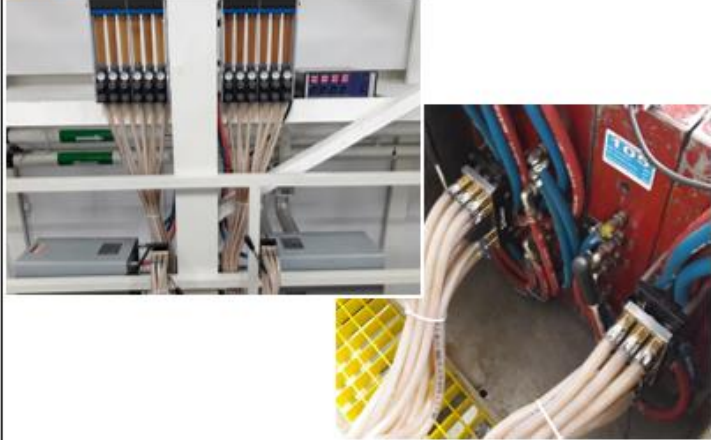
	Kaizen Título : PRE-HEATING FOR INJECTION MOLDS - Reduce mold changeover time	Nº : PIC#120730	Data : 2017-03-06
	Linha/Produto : INJECTION AREA	Team Líder : -	Membros : -
Antes: 	Depois: 		
Ações: <p>The heating of the molds was done in the machine and it was necessary to wait 20min. before starting production. In the storage area of the molds, it was installed two <u>thermoregulators</u>, one <u>hot runner temperature controller</u>, <u>water system installation</u> and the molds were identified with the preheating setup.</p>	Resultados Obtidos: <ul style="list-style-type: none"> • Changeover time improvement • Improve FTT / Setup parts • Scrap reduction 		

Figura 28 - Modelo de apresentação da implementação dos pré-aquecedores (Fonte: Visteon Portuguesa, Ltd)