

# **Melhoria de processos de troca de moldes num Processo de Moldagem por Injeção**

O caso da Neutroplast

**João Francisco Pacheco de Matos Fernandes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

**Júri**

Presidente: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia  
Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes  
Vogal: Prof. Maria Isabel Craveiro Pedro

**Junho 2018**

## **AGRADECIMENTOS**

Quero começar por agradecer à Neutroplast, e em especial à Engenheira Conceição, pela oportunidade de realizar a minha dissertação na empresa.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Amílcar Arantes, por todo o apoio e motivação dados ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe, ao Manel, ao meu pai, à minha irmã e ao Pedro, por tudo o que fizeram para que eu me pudesse desenvolver não só profissionalmente, mas também pessoalmente. Um especial agradecimento aos meus avós, que sei que ficariam orgulhosos de presenciar este momento.

Aos meus amigos e colegas de curso, sem esquecer os que tive o prazer de conhecer no curso de Engenharia Biológica, o meu muito obrigado por me terem ajudado nesta caminhada.

À Inês, pelo impacto que teve na minha vida. Obrigado por todo o apoio nos desafios que eu enfrentei e por ter sido uma constante força de motivação para terminar este trabalho. Obrigado por todo o amor e carinho demonstrado nesta caminhada.

## **ABSTRACT**

The Portuguese plastic packaging industry is part of an industry that dominates the global marketplace, forcing companies to seek alternative and efficient solutions to remain competitive.

This dissertation focuses on Neutroplast, the main producer of plastic packaging for the Pharmaceutical Industry in Portugal. With the increase in production derived from the company's internationalization, the need arose to increase the efficiency of the process. Thus, the main objective of this work is to find the main inefficiencies of the productive process and to suggest improvement proposals.

To reach the proposed objective, this dissertation begins by presenting the case study based on the company. Next, a review of the literature focuses on the "Lean Thinking" and the tools that can be useful to solve the case study. After this theoretical foundation, an analysis is made of the opportunities for improvement and the application of tools that can help to solve the problem is studied. Finally, the impact of the proposed improvements is studied.

After analyzing opportunities for improvement, it was concluded that the focus should be the mold replacement process and the SMED methodology was applied to reduce the time of these operations. It is estimated that the application of the proposed solutions results in a 71% decrease in operating time, resulting in an estimated saving of 2957 EUR per year.

This work allowed to gain an understanding of the productive process, opening space for the discussion of the processes and the development of new solutions.

**Keywords:** Lean Thinking; Value Stream Mapping; Single-Minute Exchange of Dies; Plastic Injection Moulding

## RESUMO

A indústria do embalamento de plástico portuguesa faz parte de uma indústria que domina o mercado global, obrigando as empresas a procurar soluções alternativas e eficientes de modo a manter a competitividade.

Esta dissertação centra-se na Neutroplast, a principal empresa produtora de embalagens de plástico para a Indústria Farmacêutica em Portugal. Com o aumento de produção derivado da internacionalização da empresa, surgiu a necessidade de aumentar a eficiência do processo. Assim, o principal objetivo deste trabalho é encontrar as principais ineficiências do processo produtivo e sugerir propostas de melhoria.

Para atingir o objetivo proposto, esta dissertação começa por apresentar o caso de estudo baseado na empresa. De seguida, é feita uma revisão de literatura que incide no “Pensamento *Lean*” e nas ferramentas que podem ser úteis para resolver o caso de estudo. Após esta fundamentação teórica, faz-se uma análise das oportunidades de melhoria e estuda-se a aplicação de ferramentas que possam ajudar a resolver o problema. Por fim, estuda-se o impacto das melhorias propostas.

Após desenvolvida a análise de oportunidades de melhoria, concluiu-se que o foco deveria ser o processo de substituição de moldes e aplicou-se a metodologia SMED para reduzir o tempo destas operações. Estima-se que a aplicação das soluções propostas resulte num decréscimo de 71% de tempo de operação, traduzindo-se numa poupança estimada de 2957 EUR por ano.

Este trabalho permitiu ganhar compreensão do processo produtivo, abrindo espaço para a discussão dos processos e desenvolvimento de novas soluções.

**Palavras-chave:** *Pensamento Lean; Value Stream Mapping; Single-Minute Exchange of Dies; Moldagem por Injeção de Plástico*

## INDICE

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização e motivação .....	1
1.2. Objetivos da dissertação.....	1
1.3. Metodologia da investigação .....	2
1.4. Estrutura da Dissertação.....	3
<b>2. CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Indústria das embalagens de plástico .....	5
2.2. Indústria das embalagens farmacêuticas em Portugal .....	6
2.3. Neutroplast – Indústria de Embalagens Plásticas S.A. ....	6
2.3.1. Produtos e mercados.....	7
2.3.2. Definição do problema.....	9
2.4. Conclusões do capítulo.....	10
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
3.1. Introdução .....	11
3.2. Pensamento <i>Lean</i> .....	11
3.2.1. Princípios <i>Lean</i> .....	12
3.2.2. Desperdícios .....	14
3.3. <i>Just-in-time</i> (JIT).....	15
3.3.1. Benefícios da implementação do JIT .....	15
3.3.2. Elementos da implementação do JIT .....	16
3.4. Ferramentas e Metodologias <i>Lean</i> .....	16
3.4.1. <i>Value Stream Mapping</i> .....	16
3.4.2. <i>Single-Minute Exchange of Dies</i> .....	20

<b>3.5. Casos de estudo</b> .....	<b>22</b>
3.5.1. Caso 1: Aplicação de SMED num processo de moldagem por injeção de plástico .....	22
3.5.2. Caso 2: Aplicação de <i>SMED</i> num processo de produção de componentes de plástico .....	23
3.5.3. Caso 3: Desenvolvimento de trabalho de pesquisa para reduzir desperdício na linha de produção.....	25
3.5.4. Caso 4: Exemplo de aplicação da metodologia SMED numa linha de maquinação CNC.....	25
<b>3.6. Conclusões do capítulo</b> .....	<b>28</b>
<b>4. ANÁLISE DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1. VSM – Estado Atual</b> .....	<b>31</b>
<b>4.2. Aplicação do SMED</b> .....	<b>33</b>
4.2.1. Etapa preliminar.....	33
4.2.2. Primeira Etapa .....	35
4.2.3. Segunda Etapa .....	40
4.2.4. Terceira Etapa .....	41
4.2.5. Processo após implementação do SMED.....	45
<b>4.3. Conclusões do capítulo</b> .....	<b>46</b>
<b>5. ANÁLISE DO IMPACTO</b> .....	<b>47</b>
<b>5.1. VSM – Estado Futuro</b> .....	<b>47</b>
<b>5.2. Tempo de operação</b> .....	<b>49</b>
<b>5.3. Distância percorrida pelos operadores</b> .....	<b>50</b>
<b>5.4. Análise da disponibilidade dos colaboradores</b> .....	<b>52</b>
<b>5.5. Estimativa do Impacto Financeiro</b> .....	<b>53</b>
<b>5.6. Conclusões do capítulo</b> .....	<b>54</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>55</b>
6.1. Trabalho Futuro .....	57
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>63</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia da Dissertação .....	2
Figura 2 - Distribuição das vendas de embalagens de plástico por material (fonte: All4pack (2015))... 5	5
Figura 3 - Presença da Neutroplast no Mundo (fonte: <a href="http://www.neutroplast.com">www.neutroplast.com</a> no dia 25 de maio de 2017) .....	8
Figura 4 - Processo de desenvolvimento de produtos .....	8
Figura 5 - Mapa de Estado Atual (fonte: Mastroianni e Abdelhamid (2003)) .....	18
Figura 6 – Comparação entre tempos atuais de <i>setup</i> e tempos esperados.....	28
Figura 7 – VSM - Estado Atual.....	31
Figura 8 - Tempo de substituição de molde.....	35
Figura 9 - <i>Check-list</i> de ações .....	39
Figura 10 - Stäubli RMP 49.04.....	42
Figura 11 - EAS manual multi coupler .....	42
Figura 12 - Stäubli QMC 122 .....	43
Figura 13 - VSM - Estado Futuro .....	47
Figura 14 - Comparação entre o tempo de operação nas diferentes etapas do método SMED .....	50
Figura 15 - Simbologia do VSM para o fluxo de informação e materiais .....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de análise visual de um processo de troca de moldes.....	9
Tabela 2 - Sete tipos de desperdícios .....	15
Tabela 3 - Metodologia <i>Value Stream Management</i> .....	17
Tabela 4 - Criação de VSM (fonte: Mastroianni e Abdelhamid (2003)) .....	18
Tabela 5 - Dados para análise no VSM (fonte: Rother e Shook (1999)) .....	19
Tabela 6 - Técnicas associadas à implementação do SMED .....	21
Tabela 7 - Resultados obtidos na aplicação do SMED a um processo de produção de componentes de plástico (fonte: Ribeiro et al (2011)) .....	24
Tabela 8 - Custos de implementação dos novos sistemas (adaptado de: Timasani et al (2011)) .....	27
Tabela 9 - Benefícios financeiros (adaptado de: Timasani et al (2011)) .....	27
Tabela 10 - Operações de troca de moldes da máquina DEMAG II no dia 10 de julho de 2017 .....	34
Tabela 11 - Classificação das operações do <i>setup</i> (Primeira Etapa).....	36
Tabela 12 - Tempo Acumulado por classificação das operações .....	37
Tabela 13 – Operações externas.....	37
Tabela 14 - Processo após aplicação da Primeira Etapa do SMED .....	40
Tabela 15 - Comparação entre modelos de multi-acopladores .....	42
Tabela 16 - Operações que poderão ter novas soluções tecnológicas.....	44
Tabela 17 - Operações com ferramentas diferentes após a Terceira Etapa.....	45
Tabela 18 - Tabela com o processo otimizado .....	46
Tabela 19 - Tempos e Variação nas várias etapas de aplicação do SMED .....	49
Tabela 20 - Redução de distância após aplicação do SMED em diversos casos de estudo .....	51
Tabela 21 - Estimativa de redução da distância percorrida.....	51

## **ACRÓNIMOS**

CNC – *Computer Numerical Control*

KPI – Indicador Chave de Desempenho, que mede o sucesso de um processo ou organização através de um nível de desempenho

TPS – Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System*)

VSM – *Value Stream Mapping*

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização e motivação

A Europa, e Portugal em particular, encontra-se atualmente numa situação económica e social delicada. Neste momento pós-crise, onde a recuperação económica é feita de forma lenta e cuidada, as empresas enfrentam o desafio constante de satisfazer os seus clientes através de produtos inovadores e competitivos, ao mesmo tempo que procuram possuir operações e processos eficientes. De facto, Goyal, Gibbs, e Heywood (2012) defendem a importância de as empresas adotarem estratégias que assegurem o seu sucesso e a sua sustentabilidade, criando processos que sejam consistentes e tenham operações flexíveis. Esta necessidade é transversal a todos os mercados industriais, e a indústria de embalagens não é exceção.

O mercado de embalamento é um mercado global e diverso, do qual se destaca um segmento - a indústria farmacêutica. Sendo uma indústria com regulação exigente de modo a garantir a qualidade dos produtos produzidos, é recorrente a pressão que existe para reduzir custos de produção mantendo a qualidade dos mesmos. Assim, o uso de técnicas e ferramentas que se podem utilizar para eliminar desperdícios são muito importantes, uma vez que permitem operações e processos mais otimizados.

É neste contexto que surge a presente dissertação. O objetivo central é analisar a linha de produção da empresa Neutroplast, situada no Sobral de Monte Agraço, que está com dificuldades em responder ao aumento de procura que tem tido. Para isso, da análise feita espera-se descobrir quais os principais pontos de ineficiência do processo e estudar a melhor forma de os melhorar.

Esta dissertação teve como objetivo analisar a linha de produção, perceber onde é que o processo é ineficiente e sugerir melhorias que melhorem a eficiência do sistema.

## 1.2. Objetivos da dissertação

O principal objetivo desta dissertação é, através da análise da linha de produção e do estudo do respetivo processo, encontrar as ineficiências e sugerir melhorias que resultem numa maior eficiência do sistema produtivo.

Em termos operacionais, a presente dissertação tem diversos objetivos, como por exemplo:

- Descrição e análise do caso de estudo;
- Selecionar metodologias e ferramentas *Lean* que se adequem aos propósitos da presente dissertação;

- Análise das oportunidades de melhoria no processo e propor soluções alternativas;
- Análise do impacto às soluções propostas para melhoria do processo;
- Apresentação das conclusões do trabalho realizado e das respetivas implicações.

### 1.3. Metodologia da investigação

A metodologia utilizada na abordagem ao problema descrito nesta dissertação inclui várias fases, conforme pode ser verificado na Figura 1.

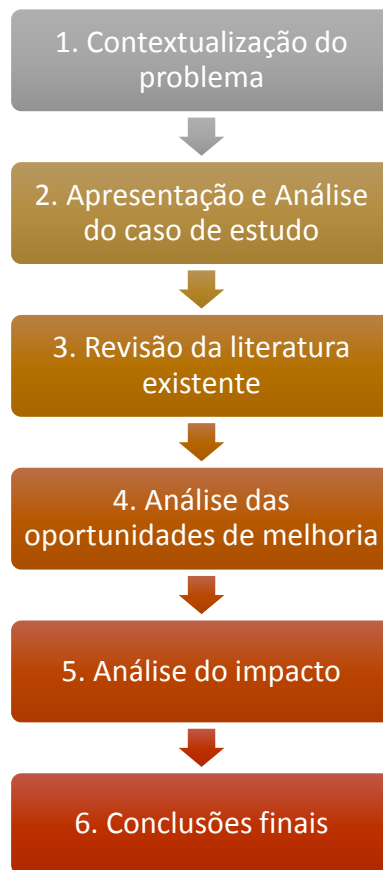


Figura 1 - Metodologia da Dissertação

A abordagem ao problema inicia-se com uma contextualização do mesmo. Nesta fase, caracteriza-se o problema e a empresa no qual se encontra inserido.

Numa segunda fase, faz-se uma revisão da literatura existente com o objetivo de adquirir os conhecimentos teóricos necessários à resolução do problema em estudo. Serão abordados tópicos de Pensamento *Lean*, *Just-In-Time*, Ferramentas e Metodologias *Lean* e ainda casos de estudo onde se analisa em mais detalhe a aplicação da ferramenta *SMED* e os resultados dos trabalhos desenvolvidos.

Numa terceira fase faz-se uma apresentação e caracterização do caso de estudo onde é descrita de forma detalhada a empresa sob análise e é feita uma análise do estado atual dos processos produtivos, com ênfase no processo de troca de moldes de uma máquina de injeção de plástico.

A quarta fase consiste na análise das oportunidades de melhoria. Para isso, e recorrendo a ferramentas estudadas na revisão de literatura, faz-se um mapeamento dos processos de produção da Neutroplast e, consoante o problema identificando, utiliza-se novamente ferramentas que ajudem a melhorar os alvos de melhoria.

A quinta fase consiste na análise do impacto das melhorias propostas. Para isso, faz-se novamente um mapeamento dos processos produtivos mas, desta vez, contemplando as melhorias sugeridas na fase anterior e analisa-se, sob diversas perspetivas, o impacto para as operações da empresa.

Por fim, na sexta e última etapa, são apresentadas as conclusões do caso de estudo e algumas abordagens que poderão conduzir a melhorias no processo produtivo que podem ser estudadas em trabalhos futuros.

#### **1.4. Estrutura da Dissertação**

A estrutura do presente trabalho é a seguinte:

Capítulo 1 – Introdução:

- Contextualização e motivação do problema;
- Descrição da metodologia adotada na abordagem ao problema;
- Definição dos objetivos da dissertação.

Capítulo 2 - Definição do Problema

- Contextualização da indústria produtora de embalagens plásticas, com ênfase nas embalagens farmacêuticas em Portugal;
- Introdução às operações desenvolvidas pela Neutroplast com foco nas suas operações atuais;
- Caracterização do problema em estudo.

Capítulo 3 - Revisão de literatura

- Revisão de literatura no âmbito do Pensamento *Lean* de modo a permitir o estudo necessário ao desenvolvimento da Dissertação;

- Apresentação e descrição de algumas ferramentas *Lean* que serão usadas na Dissertação, com foco na sua importância e benefícios obtidos através da sua implementação em processos de troca de moldes;
- Apresentação e revisão de casos de estudo já desenvolvidos para que sirvam de suporte ao desenvolvimento de uma metodologia de investigação para a Dissertação.

#### Capítulo 4 – Análise das oportunidades de melhoria

- Mapeamento do processo produtivo do estado atual;
- Aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping*.

#### Capítulo 5 – Análise do impacto das melhorias propostas

- Mapeamento do processo produtivo com a inclusão das melhorias sugeridas no capítulo anterior;
- Análise do impacto no tempo de operação;
- Análise do impacto na distância percorrida pelos trabalhadores;
- Análise do aumento de disponibilidade dos trabalhadores;
- Estimativa do Impacto Financeiro.

#### Capítulo 6 - Conclusões

- Apresentação das principais conclusões deste estudo;
- Apresentação de novas abordagens que poderão ser tidas em conta em trabalhos futuros.

## 2. CASO DE ESTUDO

### 2.1. Indústria das embalagens de plástico

A indústria das embalagens tem uma importância vital na economia mundial. De acordo com All4pack (2015), o mercado de embalagens é dividido em 5 principais categorias de materiais: plásticos, papel e cartão, vidro, metal e madeira. Na Figura 2 é possível verificar a evolução das percentagens entre 2015 e a previsão para 2020.

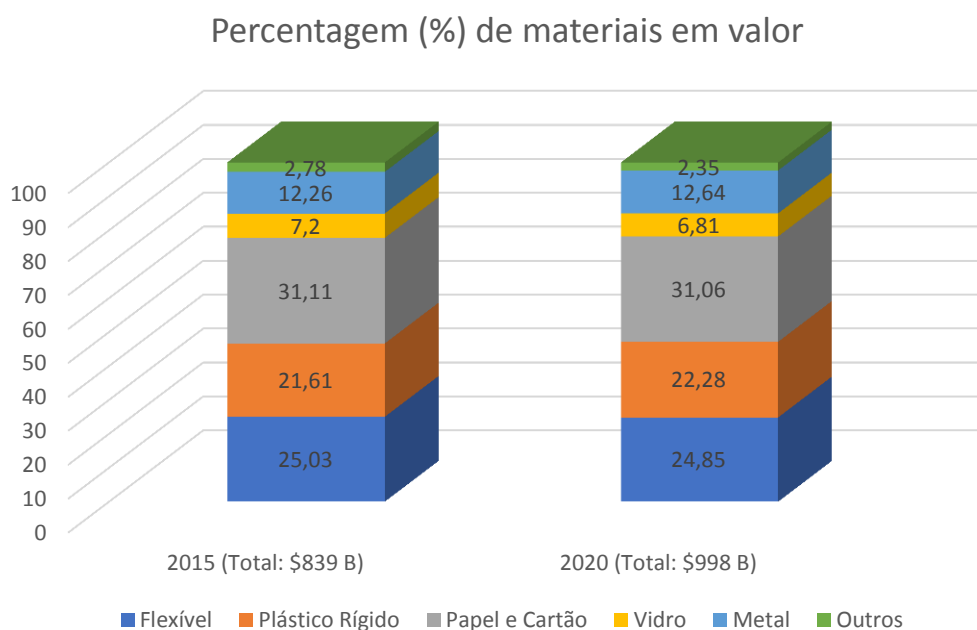


Figura 2 - Distribuição das vendas de embalagens de plástico por material (fonte: All4pack (2015))

É possível constatar que o plástico é o único material que tem uma variação positiva, provando que uma das tendências é o aumento da utilização deste material.

Conforme pode ser visto no relatório da All4pack (2015), a indústria das embalagens de plástico ascendeu a \$812 mil milhões em 2014, tendo o relatório apresentado a previsão de \$1,100 mil milhões para 2024.

Numa indústria desta dimensão, é natural que surjam estudos e previsões que indiquem o rumo que a indústria está a seguir. O *Packaging Machinery Manufacturers Institute* (2015) refere que existem três tendências que afetam esta indústria e que irão influenciar os modelos de negócio das empresas que atuam neste mercado:

- Maior consciencialização por parte dos consumidores para a saúde e o bem-estar;

- Crescimento do impacto que a reciclagem e a responsabilidade ambiental têm nas operações das empresas;
- Maior rendimento disponível e poder de compra.

É nestas condições que as empresas necessitam de afinar as suas operações de modo a atingir sustentabilidade e garantir que continuam a ser competitivas.

## **2.2. Indústria das embalagens farmacêuticas em Portugal**

A indústria europeia de plásticos contribui de forma significativa para o bem-estar dos cidadãos e facilita a eficiência de recursos e proteção do clima. De acordo com relatório da *Plasticseurope*, mais de 1.5 milhões de pessoas trabalham em 60.000 empresas para criar negócios que geram receitas superiores a 340 mil milhões EUR por ano.

O mercado das embalagens de plástico representa uma elevada quota do mercado total de plásticos. Segundo o relatório de *Plasticseurope*, representa quase 39% do mercado europeu de plásticos.

Em Portugal, dada a dimensão do país, o mercado representa um valor de 462 milhões EUR (aproximadamente 0,13% do total global). Uma das empresas de referência, e que tem as suas origens nos anos 80, é a Neutroplast.

A indústria farmacêutica sempre foi regulamentada para garantir a qualidade dos produtos. As políticas adotadas na área da saúde nos últimos anos forçaram a indústria farmacêutica a implementar medidas para reduzir o custo dos seus produtos. Um exemplo foi a escolha de soluções menos dispendiosas na embalagem de medicamentos. A Neutroplast, especialista em embalamento plástico, viu esta dificuldade como uma oportunidade de negócio e foi neste contexto que iniciou a sua atividade atual.

## **2.3. Neutroplast – Indústria de Embalagens Plásticas S.A.**

A Neutroplast é uma empresa que atua no mercado do embalamento de plástico, com principal foco na Indústria Farmacêutica. Com um volume de negócios superior a 5 milhões EUR dos quais 3 milhões EUR corresponde à exportação de produtos, a empresa assume-se como um dos principais *players* do mercado nacional. Após se ter afirmado em Portugal, a empresa procura marcar a sua posição no mercado internacional através da constante inovação e qualidade dos seus produtos.

A Neutroplast foi fundada em 1993, na localidade de Sintra, sob o nome de Neutroplas. Esta empresa surgiu como forma de aumentar a oferta imediata no mercado nacional de embalagem para a Indústria Farmacêutica, uma vez que a importação era insuficiente para fazer face à procura.

Com instalações que cumprem os requisitos impostos pela Indústria Farmacêutica e com equipamentos de produção tecnologicamente avançados, a empresa compete no mercado através de uma diferenciação dos seus produtos e serviços, apostando na inovação constante para criar produtos de qualidade.

Em 2001 a empresa passou a funcionar sob a designação atual, mudando o seu estatuto para Sociedade Anónima e alterando a sua razão social. Estava criada a Neutroplast – Indústria de Embalagens Plásticas S.A.

Em 2004 obteve a certificação CE em Portugal, correspondente a dispositivos médicos com função de medição. Esta certificação trouxe vantagem competitiva para a empresa que diversificou os seus produtos, criando um novo segmento de produtos que mantém até hoje com bastante sucesso.

Outro fator no qual a empresa se diferencia é o seu capital humano. Considerando-o um ativo estratégico na implementação dos processos de inovação, na mudança e na evolução constante, a empresa vê nos seus colaboradores um dos vetores fundamentais para se manter competitiva e sustentável.

Para conseguir inovar nos seus produtos e manter-se à frente da concorrência, a Neutroplast tem desenvolvido diversas parcerias com polos tecnológicos e universidades, de onde se destaca a sua parceria com o Health Cluster Portugal.

No futuro, a empresa ambiciona ser o líder de mercado em Portugal e ser uma das principais empresas no mercado europeu e no mercado Africano, com incidência nos *Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa*.

### **2.3.1. Produtos e mercados**

A Neutroplast produz produtos bastante diversificados. No seu portefólio existem 4 linhas de produtos:

- **Pills:** Embalagens para produtos da Indústria Farmacêutica;
- **Bottles:** Embalagens para Indústria Farmacêutica, Cosmética e produtos de tratamento de pele;
- **Droppers:** Embalagens com conta-gotas que fornecem a Indústria Farmacêutica e Cosmética;
- **Specific:** Embalagens mais personalizadas, consoante o pedido do cliente, e que têm as mais variadas formas.

Atendendo à dimensão do mercado Português, a Neutroplast viu na internacionalização das suas atividades uma oportunidade de expansão e de crescimento sustentado. Para além disso, considera ainda que os seus produtos têm de se afirmar a nível internacional de forma a aumentar os níveis de inovação e de competitividade que se exige às empresas mais eficientes. Atualmente tem presença em mais de 30 países espalhados pelo mundo, conforme se pode verificar na Figura 3.



Figura 3 - Presença da Neutroplast no Mundo (fonte: www.neutroplast.com no dia 25 de maio de 2017)

Atualmente a Neutroplast segue uma filosofia de produção ajustada à realidade do cliente, produzindo apenas o pedido. Isto faz com que tenha custos mais reduzidos uma vez que não existe armazenamento de matérias-primas e produtos acabados que não tenham um cliente final atribuído. O processo de entrega do produto ao cliente é composto por várias etapas, conforme pode ser verificado na Figura 4.

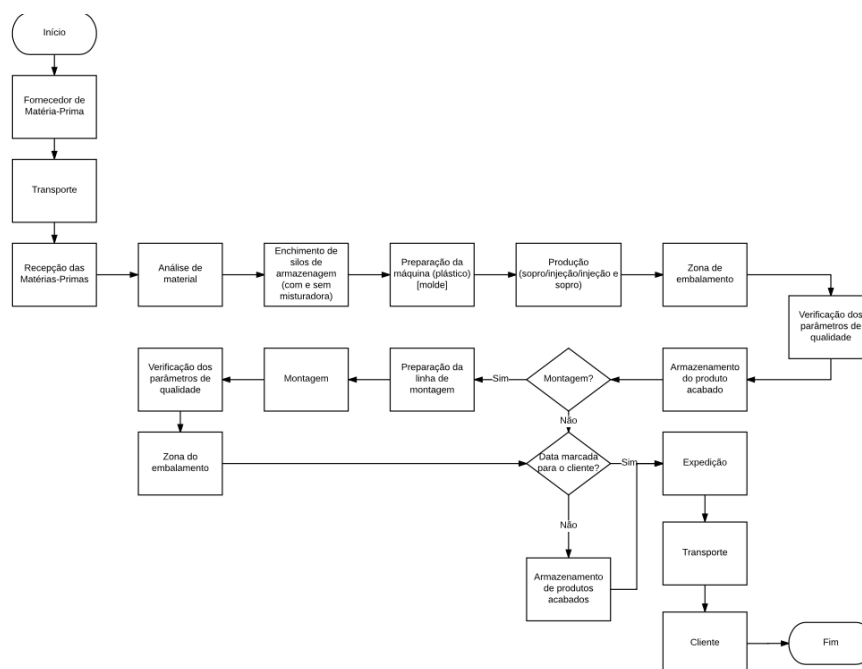


Figura 4 - Processo de desenvolvimento de produtos

Apesar de este fluxograma representar uma visão global de todo o processo desde a criação de um produto até à sua entrega ao cliente, só nos é relevante o processo de produção propriamente dito do produto. Assim, iremos focar-nos no fluxo desde a “Receção das Matérias-Primas” até à “Zona de embalagem”. Os processos não incluídos são processos que, apesar de necessários, não acrescentam valor para o cliente.

### 2.3.2. Definição do problema

A empresa identificou um problema na operação “Preparação da máquina (plástico) [molde]”, presente na Figura 4, uma vez que era uma operação que demorava muito tempo e estaria a influenciar os valores de produtividade desejados. Criou-se então a hipótese de que um dos principais pontos de estrangulamento do processo estaria no processo de troca de moldes.

De modo a testar a hipótese levantada, foi feita uma análise a este processo de modo a obter um diagnóstico. A análise foi efetuada através da observação direta do processo e foi feito um estudo dos tempos obtidos. Nesta análise houve ainda interação com o operador de modo a compreender o processo, o que permite um julgamento mais acertado sobre a sua importância para o processo global ou não.

#### Análise prévia

O estudo dos tempos foi feito através da observação de quatro procedimentos de troca de moldes. Houve o cuidado de utilizar os mesmos moldes, os mesmos operadores e proceder à mudança de moldes no mesmo turno, de modo a reduzir a incerteza associada. Após recolha dos resultados, foi calculada a média aritmética dos mesmos de modo a definir um valor base para análise. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de análise visual de um processo de troca de moldes

	Observação nº				Média
	1	2	3	4	
Tempo desde paragem da máquina até início do processo (min)	9	10	10	11	10
Tempo de operação (min)	125	128	123	121	124.3
Trabalhadores envolvidos na operação (número)	3	3	3	3	3

Esta análise visual, sem distinção entre as operações que compuseram o processo de troca de moldes, permitiu retirar algumas conclusões.

Em primeiro lugar, decorreram 10 minutos desde a paragem da máquina até ao início do processo. Esta paragem foi identificada como sendo o primeiro ponto sujeito a melhoria, uma vez que após análise é necessário verificar se este tempo de espera é verdadeiramente necessário ou não.

Em segundo lugar, o processo decorreu ao longo de 2 horas, incluindo uma operação de 30 minutos de Análise de Qualidade. Sem qualquer estudo prévio, mas de acordo com uma discussão com a empresa, chegou-se à conclusão que o tempo seria demasiado longo. Assim, haveria margem para uma análise aprofundada de modo a identificar pontos de melhoria no processo.

Finalmente, o facto de serem utilizados três trabalhadores levanta algumas questões: será que os três trabalhadores são necessários? Se sim, estarão a executar as tarefas de forma eficiente e coordenada? A análise visual do processo permitiu verificar que os colaboradores não estavam a trabalhar de forma eficiente.

Os resultados obtidos verificam que este é efetivamente um dos pontos de estrangulamento de todas as operações, estando apto a ser alvo de uma intervenção com vista à sua melhoria e ao incremento de eficiência neste processo.

#### **2.4. Conclusões do capítulo**

O presente capítulo faz uma exposição da empresa que é analisada nesta Dissertação. Com a obtenção de alguns dados da empresa Neutroplast e a análise do processo produtivo, foi possível concluir que o ponto onde a necessidade de melhoria é mais premente é o processo de troca de moldes entre processos. Foi feita uma análise visual que, conjugada com os dados obtidos, permitiu definir o âmbito do problema em estudo neste trabalho, cuja resolução será realizada neste trabalho.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Introdução

O objetivo deste trabalho é analisar as linhas de produção da Neutroplast e identificar pontos que possam ser alvo de melhoria. Para atingir este objetivo é fundamental entender alguns conceitos relacionados com a produção. Os paradigmas produtivos têm vindo a diversificar desde o final do século XVIII, por isso é importante falar no paradigma mais atual e que possa contribuir para o desenvolvimento da empresa. Assim, o trabalho desenvolvido nesta dissertação é baseado na produção *Lean*, considerado um dos paradigmas mais importantes nas últimas décadas de acordo com Holweg (2007).

A produção *Lean* foi definida por Taj (2008) e Eatock, Dixon e Young (2009) como sendo um conjunto de conceitos, princípios, métodos e ferramentas que funcionam com o objetivo de melhorar vários aspetos de um processo produtivo. A importância da produção *Lean* foi reforçada com Chowdary e George (2011), ao enaltecer a importância das práticas de produção *Lean* nas empresas através da redução de tempo de produção e do inventário de produtos intermédios (produtos acabados que ainda serão utilizados no processo de produção).

Assim, neste capítulo será feita uma revisão de literatura ao Pensamento *Lean*, à metodologia *Just-in-Time* e sua implementação e a algumas ferramentas *Lean*, como o *Value Stream Mapping (VSM)* e o *Single-Minute Exchange of Dies (SMED)*. Finalmente, serão analisados alguns casos de estudo com o objetivo de perceber como é que as implementações de metodologias *Lean* são feitas em ambiente produtivo e que benefícios e dificuldades esperar.

#### 3.2. Pensamento *Lean*

Desde o início do século XIX, quando ocorreu a Revolução Industrial, que há algumas linhas de pensamento que influenciaram as metodologias de produção. No Japão, durante a II Guerra Mundial, surgiu uma nova abordagem à produção que revolucionou o paradigma fabril. De acordo com Melton (2005), o “Pensamento *Lean*” surgiu em 1940 na empresa automóvel Toyota. Esta abordagem baseou-se no reconhecimento de que apenas uma fração do tempo total de criação de um produto acrescenta valor para o consumidor final. Esta corrente foi contrária ao paradigma da altura que se baseava na produção em massa desenvolvida por Henry Ford.

### 3.2.1. Princípios *Lean*

Responsáveis pela popularização do “Pensamento *Lean*”, Womack e Jones (1996) desenvolveram esta metodologia com base em cinco pilares. Estes conceitos são fundamentais para se perceber bem todas as particularidades associadas ao Pensamento *Lean*:

#### 1. Valor

O primeiro pilar do “Pensamento *Lean*” é o Valor. Este conceito nunca foi entendido e aplicado da mesma forma nas últimas décadas, sendo interpretado de forma diferente pelas várias indústrias. Após a 2ª Guerra Mundial, as empresas alemãs interpretaram o Valor como sendo obtido à custa de melhorias e criação de produtos mais complexos. Este Valor não era reconhecido pelos consumidores, por isso as empresas japonesas tentaram uma nova abordagem. Esta abordagem foi baseada no ponto do processo onde ocorria criação de Valor. Mais uma vez, os consumidores não reconheceram esta definição de Valor, o que levou a uma terceira definição que é a atual do “Pensamento *Lean*”:

O Valor é tudo aquilo que faz parte de forma direta do produto ou serviço, e é definido com base no que os consumidores específicos do produto procuram. Tudo o que não contribuir para atingir as expectativas do consumidor não acrescenta valor ao produto. É esta definição que é usada atualmente e que servirá de base para o desenvolvimento deste capítulo.

#### 2. Cadeia de valor

A cadeia de valor é definida por Rother e Shook (1999) como sendo o conjunto de ações que são necessárias para que um produto (ou conjunto de produtos da mesma família) flua pelos principais canais, desde a matéria-prima até ao cliente final.

Womack e Jones (1996) defendem que há três tarefas fundamentais que qualquer organização faz: Resolução de todo o tipo de problemas que decorrem desde a criação do conceito à sua produção (*problem-solving*); Gestão da troca de informações com o consumidor (*information-management*) e, por fim, transformação de matérias-primas em produtos acabados (*transformation task*). A definição destes três tipos de tarefas é relevante para enquadrar os tipos de ações que compõem uma cadeia de valor.

Womack e Jones (1996) e Monden (2015) defendem que é possível definir-se três tipos de ações numa cadeia de valor: (1) Sem valor acrescentado e desnecessárias, (2) Sem valor acrescentado, mas necessárias, (3) Com valor acrescentado e necessárias. Hines e Rich (1997) fazem uma descrição mais completa destas ações:

- **Sem valor acrescentado e desnecessárias:** são ações de puro desperdício que devem ser eliminadas o mais rapidamente possível. Alguns exemplos são os tempos de espera, o armazenamento de produtos intermédios e a repetição de operações na linha de produção.

- **Sem valor acrescentado mas necessárias:** estas ações podem não trazer valor acrescentado, sendo, portanto, desperdício, mas são necessárias para o desenvolvimento dos processos atuais. Alguns exemplos são: deslocação de operadores para obter as peças necessárias, desempacotamento das entregas dos fornecedores, transferência de ferramentas entre mãos do operador, entre outras. Para eliminar estas ações é necessário fazer alterações ao modo de funcionamento e fazer mudanças que reduzam o tempo despendido nestas operações.
- **Com valor acrescentado e necessárias:** estas ações são as que acrescentam valor ao produto final. São operações que envolvem a conversão de matérias-primas através do uso de mão-de-obra ou sub-montagem de peças que se irão converter no produto final.

É importante referir que na análise da cadeia de valor se deve ainda não só olhar para os processos dentro da empresa, mas também para os processos presentes na indústria. Uma vez que existem muitos desperdícios, pode ser possível melhorar as operações que envolvem outras entidades que não a empresa.

### 3. Fluxo

Após ser definido o valor e a cadeia de valor para um determinado produto ou serviço, Womack e Jones (1996) referem que é necessário fazer com que as ações que geram valor funcionem de tal forma que não exista desperdício entre o fim de uma e o início de outra. A esta dinâmica dá-se o nome de Fluxo.

Nesta fase existe uma redefinição do trabalho em todos os departamentos envolvidos no processo para que o fluxo possa ser definido pelos colaboradores. Assim, estes terão um contributo positivo na criação de valor, o que torna os processos mais eficientes. É nesta fase que se pretende atingir a fluidez dos processos.

### 4. Produção *Pull*

A Produção *Pull* é caracterizada por ser uma metodologia onde a produção corresponde apenas àquilo que é efetivamente encomendado pelo cliente. Esta forma de produção faz com que não seja necessário gastar recursos em previsões de vendas uma vez que se produz só aquilo que o consumidor necessita.

Este quarto pilar do “Pensamento *Lean*” é o principal objetivo da conjugação dos 3 anteriores: uma vez definido o fluxo de ações que geram valor numa determinada cadeia, consegue-se criar um mecanismo onde se atinja produção *Pull*.

### 5. Perfeição

O quinto e último pilar do “Pensamento *Lean*” é o que garante a sustentabilidade das operações de produção. A Perfeição tem de ser atingida a partir do ponto em que os restantes pilares começam a

funcionar corretamente e a interagir entre si como um ciclo. Este pilar baseia-se na perfeição deste sistema e na sua melhoria contínua com o objetivo de atingir novos níveis de eficiência.

As alterações que forem feitas ao longo da aplicação desta metodologia podem não ser conseguidas de imediato. No entanto, deverão ser antecipadas de modo a garantir a perfeição do novo sistema implementado. A partir do momento em que um determinado processo já está numa fase onde se procura atingir a perfeição diz-se que o sistema está a ficar *Lean*.

### 3.2.2. Desperdícios

Os desperdícios são todo o tipo de ações que não acrescentam valor na produção. Na sua obra, Liker (2004) defende que existem três tipos de desperdícios: *Muda*, *Muri* e *Mura*.

***Muda***: traduzido para “desperdício”, manifesta-se de diferentes formas: defeitos, sobreprodução, tempo de espera, transporte, inventários, movimentos e excesso de processamento.

***Mura***: traduzido para “irregularidade”, este desperdício pode ser encontrado em variações na procura, variação de tempos de ciclo ou até diferentes tempos de processamento por produto.

***Muri***: traduzido para “sobrecarga”, pode resultar da existência de *Muda* e *Mura* no processo. Esta sobrecarga pode ocorrer quando operadores ou máquinas trabalham para além do seu limite, aumentando a probabilidade de ocorrer absentismo ou colapso dos equipamentos.

Durante a evolução do Sistema de Produção da Toyota (TPS), Ohno (1988) descobriu que a capacidade de produção depende de duas variáveis, relacionando-se da seguinte forma:

$$\text{Capacidade de Produção} = \text{Trabalho} + \text{Desperdício}$$

Através de uma rápida análise percebe-se que a eficiência dos processos acontece quando se produz zero de desperdício e se tem uma percentagem de trabalho de 100%. Para aumentar a produtividade, Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdícios que podem ocorrer e que estão resumidos na Tabela 2. Ohno (1988) defende ainda que o primeiro objetivo de cada negócio deve ser o de eliminar o desperdício em todos os seus processos.

Tabela 2 - Sete tipos de desperdícios

<b>Tipo de desperdício</b>	<b>Descrição</b>
Excesso de produção	Criação de produtos em excesso sem um consumidor específico, provocando gastos de dinheiro, tempo e espaço
Tempo de espera	O tempo de espera das pessoas, dos equipamentos ou dos processos não acrescenta valor à produção
Transporte	O movimento de produtos de uma localização para outra não acrescenta valor para o consumidor
Excesso de processamento	Este desperdício ocorre quando há uma etapa do processamento que não acrescenta valor para o produto final
Inventário	O custo de armazenamento não só não acrescenta valor para o consumidor, mas também custa dinheiro
Movimento	O excesso de movimento de pessoas que trabalham nas instalações de fabrico leva a desperdícios que poderiam ser evitados
Defeitos na produção	A ocorrência de defeitos na produção faz com que se perca tempo e dinheiro a repetir a produção

### **3.3. *Just-in-time* (JIT)**

De acordo com Sugimori, Kusunoki, Cho e Uchikawa (1977), a produção *Just-in-time* (JIT) é um método no qual o tempo de produção desde o início do processo até ao final tem o menor valor possível. Isto faz com que os processos produzam tudo o que é necessário somente quando é requerido, tendo ainda somente a quantidade de inventário necessária para manter os processos a funcionar. Baykoç e Erol (1998) simplificam ainda mais a definição de JIT, referindo que tem um único objetivo que é o de produzir os itens pedidos nas quantidades exatas. Idealmente, o inventário em cada fase do processo contém apenas uma unidade de produto, que corresponde ao mínimo necessário para o processo decorrer de forma fluida. Na sua publicação, Claycomb, Germain e Droge (1999) referem que o objetivo primordial desta metodologia é o de eliminar qualquer desperdício existente na cadeia de valor.

#### **3.3.1. Benefícios da implementação do JIT**

Fullerton e McWatters (2001) desenvolveram um estudo onde analisaram os benefícios empíricos da implementação de JIT nos seus processos de produção. Os resultados mostraram que as empresas que adotaram práticas JIT beneficiaram de melhorias em todas as áreas sob análise: melhorias de qualidade, menor tempo de resposta aos clientes, flexibilidade laboral, simplificação contabilística, redução de inventários e lucros da empresa.

### **3.3.2. Elementos da implementação do JIT**

Transformar um processo produtivo num processo JIT requer que a empresa cumpra alguns requisitos. Mehra e Inman (1992) desenvolveram uma investigação cujo objetivo era identificar quais os elementos de JIT necessários para assegurar uma implementação eficaz. Os elementos foram agregados em 4 grupos: (1) Estratégia de produção JIT, (2) Estratégia de educação JIT, (3) Estratégia de venda JIT e (4) Compromisso dos gestores.

A estratégia de produção JIT é o grupo de elementos que influencia diretamente o processo de produção dos produtos. A estratégia de educação JIT é o grupo de elementos que assegura a comunicação e transferência de conhecimentos na temática. A estratégia de venda JIT é relativa aos processos de compra de matérias e matérias-primas e, por fim, o compromisso dos gestores é o conjunto de elementos que garante o compromisso dos gestores com a estratégia JIT.

Deste estudo, os autores chegaram à conclusão que os elementos mais importantes são os relativos à estratégia de produção, com a estratégia de venda a revelar menor importância. Isto demonstra que os gestores que pretendem implementar uma estratégia destas têm de direcionar os seus esforços para estas áreas.

## **3.4. Ferramentas e Metodologias *Lean***

### **3.4.1. *Value Stream Mapping***

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma importante ferramenta usada em *Lean* e que permite fazer um mapeamento dos processos e da sua cadeia de valor. Segundo Manos (2006), este instrumento possibilita à empresa planear, implementar e melhorar as suas operações de modo a aumentar a sua eficiência.

A cadeia de valor tem dois tipos de canais, os canais de informações e os canais de materiais. O principal objetivo do VSM é identificar todos os tipos de desperdício na cadeia de valor e promover ações de modo a eliminar estes mesmos desperdícios.

Tapping e Shuker (2003) desenvolveram uma metodologia de 8 passos para a criação de um VSM. Esta metodologia, que tem o nome de *Value Stream Management*, permite ajudar a criar e implementar planos que permitem eliminar o desperdício no fluxo de processos. O facto de estar assente no TPS confere-lhe a credibilidade suficiente para ser utilizado sem restrições.

A implementação deste processo tem 8 passos, que são descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Metodologia *Value Stream Management*

Passo	Nome	Descrição
1	Compromisso com <i>Lean</i>	É necessário associar um determinado projeto a um plano estratégico, assegurar que os recursos necessários para o sucesso da estratégia são alocados e garantir que os gestores de topo se mostram empenhados com a iniciativa e estão dispostos a designar uma pessoa como Gestora de Projeto.
2	Escolha de Cadeia de Valor	Perceber qual o produto que traz mais valor para a empresa, estudar a sua cadeia e preparar um plano para diminuir o desperdício nesta cadeia.
3	Aprender sobre <i>Lean</i>	Aprender sobre as ferramentas de <i>Lean</i> necessárias para implementar no projeto.
4	Mapeamento do Estado Atual	Fazer um mapeamento dos processos atuais de modo ganhar um conhecimento do fluxo de materiais e de informação.
5	Identificação dos KPI's mais relevantes	É necessário identificar quais os indicadores de performance mais relevantes para aferir a eficácia e a eficiência dos processos.
6	Mapeamento do Estado Futuro	Fazer um mapeamento dos processos desejados, de acordo com os <i>targets</i> definidos para os KPI's.
7	Criação de Planos <i>Kaizen</i> (processo de melhoria contínua)	Criar planos de <i>Kaizen</i> que irão permitir uma melhoria contínua nos processos.
8	Implementação de Planos <i>Kaizen</i>	Após a criação dos planos, implementá-los e avaliar os resultados obtidos. Após a implementação dos planos, caso seja necessário, deve fazer-se um reajuste no mesmo.

Mastroianni e Abdelhamid (2003) desenvolveram uma abordagem mais simplista e objetiva, que se foca na criação de conteúdos. Na Tabela 4 está a descrição dos seis passos necessários para a criação de um VSM.

Tabela 4 - Criação de VSM (fonte: Mastroianni e Abdelhamid (2003))

Passo	Nome	Descrição
1	Mapa do Estado Atual	O Mapa do Estado Atual é um documento que consiste no mapeamento dos fluxos que estão a decorrer atualmente.
2	Oportunidades para melhoria	Neste passo analisa-se o Mapa do Estado Atual, identificam-se as oportunidades para melhoria no processo e onde é que existe desperdício no sistema que possa ser eliminado.
3	Mapa do Estado Futuro	O Mapa de Estado Futuro é o mapa de fluxos que se pretende atingir após a otimização dos processos.
4	Plano de Trabalho para Estado Futuro	Neste passo define-se o plano de trabalho que é necessário cumprir para se concretizar o Mapa do Estado Futuro.
5	Definição de KPI's para análise de desempenho	São definidos KPI's que permitam perceber quando é que os objetivos são cumpridos.
6	Análise de custos	Por fim, é feita uma análise de custos comparando os Mapas de Estado Atual e Estado Futuro para se descobrir qual a diferença de valores.

Na Figura 5 está representado um Mapa de Estado Atual onde se identificam oportunidades de melhoria.

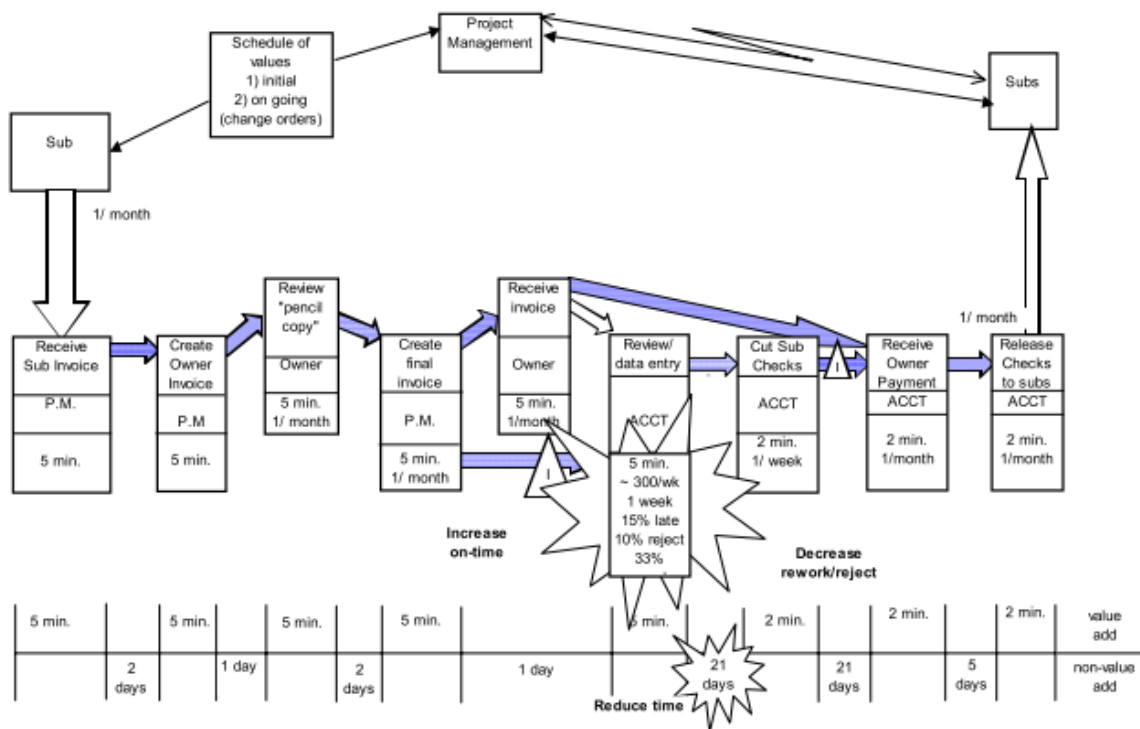


Figura 5 - Mapa de Estado Atual (fonte: Mastroianni e Abdelhamid (2003))

Enquanto esta última metodologia é mais centrada na criação de conteúdos, a técnica proposta por Tapping e Shucker (2003) revela-se mais teórica, e é útil para todos os elementos da organização

saberem como é que o processo se desenrola sem as especificidades técnicas inerentes. Desta forma, considera-se que as técnicas são complementares e que os passos de ambas devem ser tidos em conta aquando da implementação do pensamento *lean* em qualquer caso.

É importante ainda referir que Mastroianni e Abdelhamid (2003) defendem que o objetivo do VSM não é mostrar um valor exato para o valor acrescentado no processo, mas sim permitir encontrar oportunidades para reduzir e eliminar as operações que não acrescentam valor ao processo. O foco é, portanto, reduzir ou eliminar desperdícios onde há maior oportunidade.

O maior benefício da ferramenta, segundo Teichgräber e Bucourt (2012), deriva da sua criação e não da informação que transmite. Este benefício é resultado do processo de construção do Mapa de Estado Atual, durante o qual as ideias aparecem, os padrões modificam-se e as equipas chegam a consensos sobre quais as melhores maneiras de executar os processos. Isto é o mais importante uma vez que os consensos nas equipas reforçam a probabilidade de sucesso na implementação dos mesmos.

Uma vez que as metodologias de criação de um VSM requerem diversas análises quantitativas ao longo do processo, Rother e Shook (1999) apresentam na sua obra um conjunto de dados que deve ser utilizado na análise a cada processo. Uma breve descrição pode ser encontrada na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados para análise no VSM (fonte: Rother e Shook (1999))

<b>Dado</b>	<b>Descrição</b>
Tempo de Ciclo	Tempo que decorre entre o fim da produção de um componente e o início de produção do seguinte.
Tempo de <i>Changover</i>	Tempo que decorre entre o último produto bom do ciclo anterior e o primeiro produto do ciclo seguinte.
<i>Uptime</i>	Período no qual o equipamento, máquina ou sistema está funcional e pode realizar a sua função.
<i>Lead Time</i>	Tempo decorrido entre o início de um processo ou operação e o seu fim.
<i>Every Part Every</i>	Representa a frequência com que um produto ou peça pode ser produzida com o menor lote possível, sem exceder a capacidade disponível.
Tempo de trabalho	Tempo de trabalho disponível em cada turno.
Trabalho em Processo	Número de peças que estão no processo de produção.
Inventário	Quantidade de produto ou matéria-prima acumulada ao longo das diferentes etapas dos processos.
<i>Takt Time</i>	Ritmo de produção que é necessário atingir de modo a responder à procura dos clientes.
Número de operadores	Número de operadores necessários para desenvolver o processo.
Taxa de Sucata	Taxa de sucata da produção (valor expresso em percentagem).

A criação de VSM's requer a utilização de diversos símbolos e figuras. No Anexo 2 é possível consultar um conjunto destas figuras e os respetivos significados.

Concluindo, o *Value Stream Mapping* é uma ótima ferramenta que permite não só visualizar o estado atual da produção, mas também desenvolver novos pensamentos sobre a melhoria dos mesmos. Esta ilustração do mapa de processos serve de base para a filosofia de "Pensamento *Lean*" sendo, portanto, fundamental a sua utilização em qualquer processo de melhoria contínua.

### **3.4.2. *Single-Minute Exchange of Dies***

O *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED) é uma ferramenta de *Lean* desenvolvida por Shingo (1985) cujo principal objetivo é reduzir o tempo de *changeover* entre lotes de produção de diferentes produtos. O objetivo é que o tempo deste processo (*setup*) seja inferior a 10 minutos. No seu trabalho, Shingo (1985) distingue três etapas na metodologia de aplicação do SMED, para além de uma etapa preliminar ao processo.

A etapa preliminar consiste numa avaliação introdutória do processo, onde se consiga uma visão global do processo e das operações que o constituem. Nesta etapa, diversas técnicas são recomendadas para esta análise como a utilização de cronómetro, o estudo do método, entrevista com operadores ou até uso de filmagens dos processos. O objetivo é conseguir decompor o processo de *setup* em operações elementares de *setup*, que posteriormente são analisadas e alteradas.

Na primeira etapa, as operações que foram definidas anteriormente são caracterizadas e é feita uma classificação tendo em conta se a operação precisa de ser executada enquanto a máquina está em funcionamento ou não. Se a operação ser executada enquanto a máquina está a trabalhar, então é uma operação externa (*setup* externo). Caso contrário, se a operação só puder ocorrer enquanto a máquina estiver em funcionamento, é classificada como operação interna (*setup* interno).

Segundo Shingo (1985), esta etapa é de extrema importância, uma vez que num processo entre 30 e 50% do tempo é despendido em operações externas. Esta separação permite saber quais são as operações que podem ser removidas do processo que ocorre quando a máquina está parada.

A segunda etapa consiste na análise das operações internas para que possam ser convertidas em operações externas. Esta etapa consiste em dois passos: em primeiro lugar, deve ser feita novamente uma análise ao processo para perceber se há alguma operação que tenha sido mal classificada anteriormente. Após esta análise, é necessário perceber qual a melhor forma de converter as operações internas em externas. O objetivo desta fase é identificar as operações internas que serão convertidas.

Na terceira e última etapa, Shingo defende que é aqui que se dá a “melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo”. Isto traduz-se na implementação das melhorias sugeridas na etapa anterior e na análise cuidada de todas as operações do processo para perceber se há mais oportunidades de melhoria. Há um foco na redução de tempo principalmente nas operações internas. Uma vez que esta é uma ferramenta da melhoria contínua, e que quando é aplicada deve haver uma procura constante pela otimização das operações envolvidas, é nesta fase que se pretende atingir o objetivo fundamental do SMED – o *single minute* para o tempo de *setup*.

É importante referir que a segunda e a terceira etapas não precisam de ser feitas de forma sequencial. Aliás, até é possível realizá-las quase em simultâneo. Esta separação de operações ocorre pois o autor pretende destacar que é importante haver análise das operações (segunda etapa) e a implementação das melhorias sugeridas (terceira etapa).

As várias fases de aplicação do *SMED* podem ser implementadas recorrendo às mais diversas técnicas e ferramentas. Shingo (1985) e McIntosh (2001) sugerem algumas técnicas associadas a cada fase, que foram combinadas na Tabela 6 para uma análise mais fácil e intuitiva.

Tabela 6 - Técnicas associadas à implementação do SMED

<b>Etapa</b>	<b>Técnicas associadas</b>
Etapa Preliminar	Atividades de análise do processo
Primeira Etapa	Utilização de <i>check-list</i>
	Verificação das condições de funcionamento
	Melhoria no transporte dos moldes Definição das funções de cada operador
Segunda Etapa	Preparação antecipada das tarefas necessárias à operação
	Padronização e automação de tarefas Utilização de guias intermediárias
	Melhoria no <i>stock</i> e transporte das ferramentas e dos moldes Implementação de operações em paralelo
Terceira Etapa	Eliminação de ajustes
	Uso de fixadores funcionais
	Mecanização de processos
	Utilização de ferramentas diferentes

Num processo produtivo *Just-in-time*, caracterizado por uma grande flexibilidade de resposta às variações da procura por parte do cliente, a frequência de *setup* aumenta substancialmente devido à produção de pequenos lotes de produção. Assim, uma vez que o SMED permite a redução dos tempos de *setup*, é importante referir algumas vantagens que a aplicação desta ferramenta traz. Costa, Bragança, Sousa e Alves (2013a) descrevem algumas:

- Aumento da flexibilidade, o que permite responder rapidamente às necessidades dos clientes que estão em constante alteração;
- Produtividade, uma vez que a disponibilidade das máquinas aumenta derivado da redução do seu tempo de paragem;
- Minimização de custos, uma vez que existe redução de *stocks* e redução do tempo de paragem das máquinas.

Existem várias análises e casos de estudo na literatura que mostram a aplicação de SMED numa linha de produção.

Goubergen e Landeghem (2002) analisaram como é que o *design* dos equipamentos permite a melhoria dos tempos de *setup*. No seu estudo analisaram mais de 60 casos e concluíram que aproximadamente 90% dos tempos de *setup* poderiam ser melhorados.

Neumann e Ribeiro (2004) estudaram a importância do desenvolvimento de um programa de fornecedores que garantisse a entrega das matérias-primas no momento exato em que fosse necessário. Da sua análise resultou a conclusão de que este programa melhorou 50% no tempo de *setup* da empresa.

Sugai, McIntosh e Novaski (2007) concluíram que existem três tópicos muito importantes que devem ser analisados de modo a reduzir o *setup*: (1) a sequenciação dos lotes, (2) os períodos de aceleração (durante o *setup*) e de desaceleração (durante o pós-*setup*) e, por fim, (3) a importância de manter tempos de *setup* rigorosos e consistentes.

### **3.5. Casos de estudo**

A metodologia SMED tem sido estudada e aplicada por académicos e profissionais nos mais diversos contextos. Assim, é importante perceber todos os contextos no qual esta metodologia foi aplicada, bem como os benefícios e as dificuldades resultantes. Para isso, são apresentados quatro casos de estudo que demonstram precisamente de que forma é que o SMED foi aplicado e quais foram os resultados obtidos.

#### **3.5.1. Caso 1: Aplicação de SMED num processo de moldagem por injeção de plástico**

Kays e Kara (2007) fazem uma análise de um caso de estudo onde se ilustra a aplicação de SMED em máquinas de moldagem por injeção de plástico. De modo a desenvolver o seu trabalho, as equipas de mudança de moldes foram instruídas para recolher dados e realizar uma análise exaustiva ao processo completo. A análise dos dados levou a que os autores dividissem em 3 as áreas de atuação: Mecânica, Processos e Organizacional. As melhorias na área Mecânica incluíram

várias alterações de engenharia na máquina que simplificaram os processos físicos da tarefa de *setup*. A área de Processos permite investigar a eficiência dos processos utilizados para levar a cabo um *setup*. Por fim, a área Organizacional diz respeito ao modo como os recursos têm de estar organizados e alocados ao processo de *setup*.

Foram feitos testes de modo a perceber se a aplicação do SMED poderia ter trazido reduções significativas e, de facto, o principal objetivo foi cumprido através da redução de tempo de 365 para 73 minutos. Apesar de se ter atingido um resultado longe do desejável (menos de 10 minutos), esta redução foi impressionante, o que permitiu grandes reduções no *lead time* dos produtos nas máquinas e ainda um aumento substancial na capacidade da máquina e na sua utilização.

### **3.5.2. Caso 2: Aplicação de SMED num processo de produção de componentes de plástico**

Ribeiro et al (2011), num trabalho mais recente, descreveram a aplicação de SMED no processo de produção de componentes de plástico e metal requeridos para a montagem de vários tipos de disjuntores. Deste processo produtivo fazem parte três equipamentos, cada um com uma função diferente: máquina de punção (*punch-bending*), máquina perfuradora (*punch press*) e uma máquina de injeção de moldes (*injection moulding*).

Relativamente à metodologia, esta variou de máquina para máquina. Na máquina de punção, as operações internas e externas foram separadas e algumas, como a limpeza e transporte de ferramentas, passaram a ser realizados durante o funcionamento da máquina. Algumas operações internas foram convertidas em externas, nomeadamente as que envolviam unidades deslizantes, e que passaram a ser realizadas durante o funcionamento da máquina. Para finalizar, substituíram algumas componentes das máquinas, nomeadamente parafusos, que tornaram o processo de apertar/desapertar mais rápido e eliminaram a necessidade de algumas ferramentas. Por fim, pensou-se numa solução que envolvesse a utilização de placas de suporte a fim de acelerar o processo de troca de moldes e aumentar a eficiência do processo. No entanto, à data do artigo, a proposta ainda estava a ser analisada pelo departamento de Engenharia da empresa.

Na máquina perfuradora também ocorreu a identificação e separação entre operações internas e externas. Na altura, houve standardização dos moldes, eliminando a necessidade de se recorrer a ajustes. Foi ainda adicionado um sistema de *poka-yoke* (ferramenta de gestão que previne falhas humanas) para centrar o molde na máquina. Isto fez com que o processo de centrar decorresse de forma mais rápida, uma vez que antes era feito de forma manual. Por fim, foi implementada uma estratégia de operações paralelas que só foram possíveis por duas razões: em primeiro lugar as operações de troca de molde permitiam isso e, em segundo lugar, existia disponibilidade de recursos humanos para implementar esta estratégia.

Por fim, a máquina de injeção de moldes, à semelhança das anteriores, viu as suas operações serem diferenciadas, tendo-se procedido à preparação de todo o material necessário ao processo de *setup* durante o funcionamento do equipamento. Adicionalmente, duas operações internas foram convertidas em operações externas. Uma das operações envolvia parar a máquina e remover o único conector disponível para o ligar ao molde seguinte. A solução utilizada foi bastante simples e apenas se fabricou um novo conector que se ligava ao molde seguinte quando fosse necessário, sem fazer parar a máquina. A segunda conversão, que envolvia o pré-aquecimento do molde, era feita dentro da máquina de moldes e passou a ser feita fora dessa mesma máquina.

Houve ainda algumas alterações comuns às três máquinas, como a criação de *check-lists* e a criação de instruções para o processo de *changeover*.

Os resultados obtidos neste caso de estudo foram recolhidos e compilados, podendo ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados obtidos na aplicação do SMED a um processo de produção de componentes de plástico (fonte: Ribeiro et al (2011))

Máquina	Melhoria no tempo de <i>changeover</i> (%)	Melhoria no custo de <i>changeover</i> (%)	Poupanças de <i>changeover</i> (€)	Poupança na distância percorrida pelos operadores (%)
Máquina de punção	58,7	58,7	11 361,1	97,3
Máquina perfuradora	89,7	89,7	4 554,8	99,2
Máquina de injeção de moldes	83,1	83,1	4 024,2	96,7

Os resultados obtidos foram muito positivos. Em relação ao custo e tempo de *changeover*, foram atingidas reduções entre 58 e 90% enquanto a distância percorrida pelos operadores diminuiu entre 96 e 99%.

Uma das principais conclusões que se retirou desta experiência foi o facto de o envolvimento dos operadores ter sido crítico para o sucesso do estudo e da sua implementação. Para além disso, o seu *input* foi essencial para a criação de novas ideias que contribuiriam para o desenvolvimento de melhores soluções. É de realçar que, apesar dos resultados obtidos, o tempo de *changeover* para a máquina de *punch-bending* não foi o desejável (inferior a 10 minutos). No entanto, o projeto revelou o potencial da aplicação da ferramenta SMED na melhoria das eficiências dos processos industriais.

### **3.5.3. Caso 3: Desenvolvimento de trabalho de pesquisa para reduzir desperdício na linha de produção**

Rosnah e Othman (2012) desenvolveram um trabalho de pesquisa com o objetivo de planejar e aplicar diversas estratégias de modo a reduzir o desperdício na linha de produção. Para isso, desenvolveram o Mapa de Estado Atual e o Mapa de Estado Futuro para a operação de moldagem por injeção de plástico. Para além disso, identificaram desperdícios e oportunidade para um processo de melhoria contínua. No final adotaram, testaram e analisaram diversas ferramentas de *lean*, como o SMED.

De modo a estudar o efeito da aplicação do SMED neste processo, começaram por selecionar qual o grupo de máquinas que iria ser alvo de análise. Após uma análise prévia dos tempos de mudança de *setup*, optou-se pelas máquinas de 100 a 200 toneladas uma vez que eram as que demoravam mais tempo no processo de mudança de moldes.

O processo de implementação de SMED nestas máquinas foi feito em três fases: numa primeira fase foi feita a análise de cada operação individual e da operação global, de modo a calcular o tempo necessário para cada uma delas ocorrer. Nesta fase preliminar não foi feita a distinção entre operações internas e externas.

Numa segunda fase foi feita a distinção entre operações internas e externas e transferiu-se a maioria das internas para externas, com o objetivo de reduzir o tempo de mudança. Nesta fase usou-se ainda operações paralelas com o auxílio de um técnico extra.

Finalmente, na terceira e última fase, fez-se uma standardização das operações e das ferramentas necessárias para o processo.

Os resultados foram bastante promissores. O *setup* inicial (primeira fase) demorava 160 minutos a ser completo. Após a implementação da segunda fase o tempo de *setup* passou a 58 minutos. Finalmente, após a standardização das operações, o tempo de *setup* ficou nos 33 minutos. É interessante comparar estes resultados com outros obtidos na literatura. Enquanto Shingo (2000) reportou o máximo de 30% de redução na primeira fase, 75% na segunda fase e até 90% na última fase, Grewal (2008) atingiu uma redução de 81.5%. Os resultados obtidos por Rosnah e Othman (2012) foram, no geral, positivos, e a experiência comprovou que a ferramenta SMED providenciou uma plataforma que permite a troca rápida de moldes e produzir uma maior variedade de produtos na mesma máquina.

### **3.5.4. Caso 4: Exemplo de aplicação da metodologia SMED numa linha de maquinaria CNC**

Um caso interessante de se analisar é a aplicação da metodologia SMED numa linha de produção de sistemas com *Computer Numerical Control* (CNC) mas, antes de se passar à análise, far-se-á uma

breve descrição do que é um sistema CNC e de que forma é que difere em relação a um sistema convencional.

No seu artigo, onde explora a utilização de dados para determinar as características tecnológicas que as máquinas deverão ter no futuro, Ernst (1997) começou por referir que na década de 80 começou a surgir uma mudança na estrutura competitiva das empresas de produção através do desenvolvimento e implementação de sistemas tecnologicamente mais avançados, recorrendo à utilização de dados para prever e planear a produção de modo a fazer um plano estratégico o mais próximo possível da realidade.

O CNC é um método que permite automatizar máquinas e ferramentas produtivas através da utilização de *software* incorporado em microcomputadores instalados nesses objetos. É principalmente utilizado para a produção de peças de metal e plásticos, tornando as máquinas mais inteligentes. Tal como é referido em Xu (2006), isto vai permitir uma melhor recolha e compilação de melhores resultados, possibilitando melhor controlo da produção.

Os sistemas CNC têm diversas vantagens. Têm maior precisão, permitem o fabrico de produtos mais complexos e garantem mais “repetibilidade” em comparação com máquinas manuais. Outros benefícios incluem a maior acurácia, velocidade e flexibilidade de produção. Por outro lado, um sistema CNC é mais caro uma vez que necessita de maior manutenção do que outros métodos de produção e provoca nas empresas a necessidade de contratar técnicos especializados.

Após uma breve análise destes sistemas, e dado o seu crescendo de importância nos processos produtivos e a constante necessidade de as empresas otimizarem a sua produção e reduzir constantes, será que os sistemas CNC permitem redução do tempo de *setup* das máquinas?

Em Kumar (2013) é feita uma análise à implementação de SMED num sistema CNC. No seu trabalho, o autor começa por propor atingir melhorias de produtividade (unidade de *output* produzido por unidade de *input*) utilizando a ferramenta SMED para conseguir reduzir tempos de *setup*. Após ter definido os dois KPI que iria utilizar para medir o sucesso da operação (Tempo Perdido e Produtividade), conseguiu reduzir o Tempo Perdido de 113.75h em junho 2008 para 59.75 horas em maio de 2009, e a Produtividade aumentou de 17 peças em junho de 2008 para 44 peças em maio de 2009. A principal conclusão deste caso de estudo é que não só é possível aplicar o SMED em máquinas CNC como também é possível obter uma aplicação bem-sucedida.

A partir do momento em que se soube que seria possível implementar esta ferramenta nestes sistemas, desenvolveram-se estudos de modo a perceber o impacto que a tecnologia SMED tem em máquinas com o sistema CNC. Timasani, Mahesh e Doss (2011) desenvolveram um caso de estudo com o objetivo de melhorar a produtividade e aumentar a utilização da capacidade dos recursos numa linha de maquinaria CNC recorrendo à tecnologia SMED. O estudo surgiu devido à necessidade de melhorar a produtividade e aumentar o *mix* de produtos. Assim, foi desenvolvida uma metodologia que permitisse (1) Estudar o processo de *setup* da linha de maquinaria CNC existente, (2) Implementar a metodologia SMED e medir o seu impacto e, por fim, (3) Padronizar o

processo. É interessante perceber que foi criado um ambiente de simulação no qual era permitido testar as soluções obtidas antes da sua implementação real.

O resultado da aplicação desta metodologia foi materializado através de dois novos sistemas de mudança rápida de fixação: *Quick Change Fixture* (QCF) e *Quick Change Jaw* (QCJ). Estas foram as alterações que tiveram maior impacto no projeto, uma vez que se estimou uma redução de tempo superior a 75%. Estimou-se ainda que processos de reengenharia permitissem uma redução de 10% do tempo de *setup*, fazendo com que o projeto na sua totalidade consiga atingir reduções de 85% do tempo despendido em *setup*.

Foi efetuada ainda uma análise financeira ao impacto que estas soluções teriam, e que podem ser verificadas na Tabela 8. Uma vez que os valores referidos no caso de estudo estão em INR, para simplificação a análise financeira será feita em EUR, à taxa de câmbio 1 EUR = 81,04 INR.

Tabela 8 - Custos de implementação dos novos sistemas (adaptado de: Timasani et al (2011))

Descrição	Quantidade (nº) / Horas (h)	Custos Estimados (EUR)
Conjunto Palete	3	688.50
QCJ	3	118.46
Maquinação Adicional	7h	68.11
Montagem e Teste	12h	25.17
Total		901.41

Foi feita uma análise aos benefícios económicos decorrentes da aplicação da metodologia SMED para uma operação de 1 ano. Os resultados estão na Tabela 9.

Tabela 9 - Benefícios financeiros (adaptado de: Timasani et al (2011))

Descrição	Setup inicial	Novo setup	% Mudança	Poupança Anual (EUR)
Inatividade no <i>setup</i>	2,6	0,3	-88,61%	7103.90
<i>Setup Off-line</i>	3,1	1,05	-66,13%	927.94
Operadores de linha	2	3	+ 50,00%	-1184.60
Total				6859.58

Conforme poderá ser verificado, existe um custo de 901.41 EUR na implementação dos novos sistemas. Para além disso, existe ainda o custo de adicionar um operador de linha no valor de

1184.60 EUR anuais. No entanto, os ganhos da redução do tempo de inatividade no *setup* e no *setup off-line* suplantam estes valores. Conforme pode ser consultado na Tabela 9, a poupança anual ascende a aproximadamente 6860 EUR por ano.

É possível verificar a existência de um potencial na melhoria do tempo de *setup* através da Figura 6.

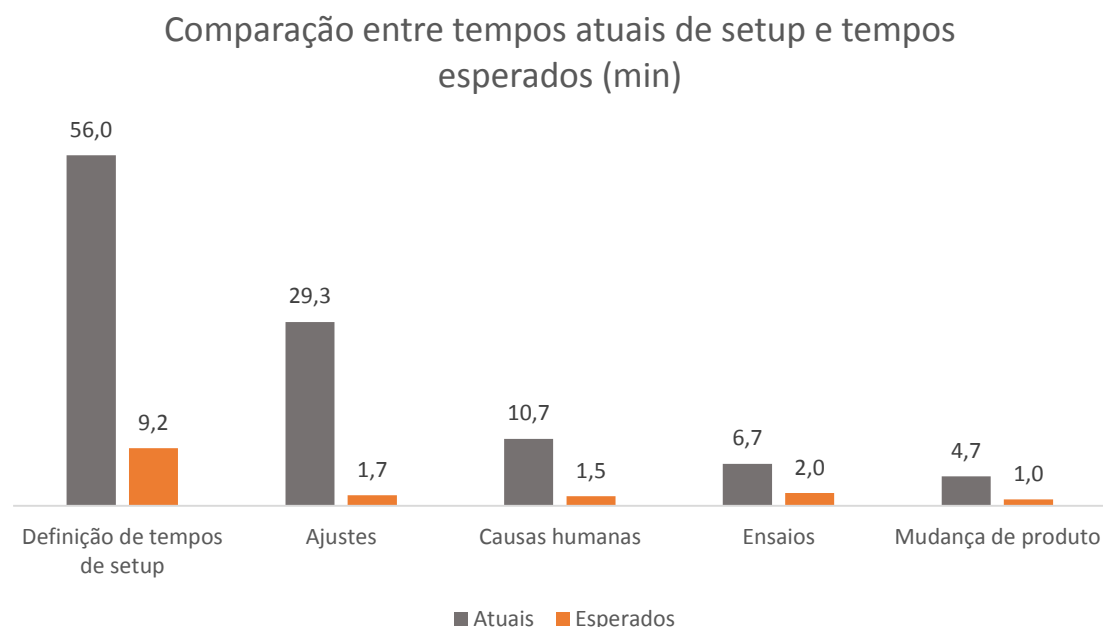


Figura 6 – Comparação entre tempos atuais de *setup* e tempos esperados

Uma vez demonstrados os benefícios associados à implementação do SMED em sistemas CNC, seria útil perceber quais os custos associados à alteração do parque produtivo de uma fábrica que suporte estes sistemas. No entanto, o autor não abordou esta vertente, focando-se nos benefícios trazidos pelo SMED.

### 3.6. Conclusões do capítulo

A revisão de literatura presente neste capítulo foca-se nas características do Pensamento *Lean*, no método *Just-In-Time* e em algumas metodologias e ferramentas *Lean*, como o *Value Stream Mapping* e o *Single Minute Exchange of Dies*. Por fim, foi feita uma análise de casos de estudo onde se realizaram experiências semelhantes às que serão realizadas na futura dissertação.

Uma vez que esta dissertação incide sobre o Pensamento *Lean*, foi importante aprofundar o estudo destes conceitos e da terminologia utilizada para melhorar a sua compreensão e aprender a utilizar as respetivas ferramentas *Lean*.

O método *Just-in-time* foi aprofundado porque a empresa Neutroplast utiliza este método de gestão na sua produção e, para se compreender melhor o caso em estudo, foi importante perceber as suas

diferentes componentes e compreender de que forma é que deverá ser feita a análise do caso de estudo, de modo a identificar os pontos alvo de melhoria e a melhor solução para os solucionar.

Foram ainda estudadas ferramentas *Lean* como o VSM e o SMED. Das várias ferramentas *Lean* existentes, estas são aquelas mais adequadas para a resolução do caso em estudo.

Por fim, foram analisados diversos casos de estudo que tinham como base um problema semelhante ao caso em investigação. Esta análise revelou-se muito importante no âmbito da presente dissertação, uma vez que permitiu tirar ilações que serão relevantes na implementação da metodologia presente nesta dissertação.

Foram diversas as conclusões que retiraram dos casos analisados. As mais relevantes são as seguintes:

- Conforme visto em Kays e Kara (2007), o facto de se ter atingido uma elevada redução (de 365 para 73 minutos) mas ainda longe do preconizado pela ferramenta (10 minutos), indica que o sucesso é relativo e não depende só de atingir o objetivo do *single-minute*.
- A importância do envolvimento dos operadores de produção é, por vezes, subestimada. Concluiu-se que é muito importante os operadores estarem envolvidos na aplicação da ferramenta SMED, uma vez que podem sugerir excelentes sugestões de melhoria, estando mais recetivos à implementações de novos modos de trabalho.
- Por fim, concluiu-se que nos sistemas com CNC é possível obter resultados muito bons com a aplicação de SMED, conseguindo-se reduções de desperdício muito elevadas em comparação com outros sistemas. No entanto, e uma vez que a Neutroplast já possui um conjunto de máquinas tradicionais e está numa situação de redução de custos e com margens já restringidas, não se justifica todos os gastos inerentes à aquisição e manutenção das novas máquinas. Assim, no caso atual, não se justifica estudar a aplicação do SMED em máquinas CNC.

(Esta página foi deixada intencionalmente em branco)

## 4. ANÁLISE DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Neste capítulo dá-se início ao estudo do processo descrito no Capítulo 2, referente ao caso de estudo abordado.

Em primeiro lugar, faz-se um mapeamento do processo de produção de modo a ser possível identificar quais as operações que estão a ser pouco eficientes. Depois, uma vez identificado o ponto de melhoria, recorre-se a algumas ferramentas *Lean* que possam ajudar a minimizar o problema.

Neste capítulo o objetivo é, após identificar as operações que precisam de ser melhoradas, desenvolver um plano de ação que possa ser implementado.

### 4.1. VSM – Estado Atual

Os processos são descritos através de um VSM que representa o estado atual das operações. Conforme visto na revisão de literatura, existem dois tipos de canais de comunicação: canais de informação e canais de materiais. A utilização destes diferentes tipos de canais origina diferentes fluxos. Assim, surgiram dois fluxos (fluxo de materiais e fluxo de informação) que serão alvo de descrição mais detalhada.

O atual processo produtivo foi desenhado e foi criado um VSM adaptado à situação real do processo, que pode ser consultado na Figura 7. Devido ao facto de não ter sido possível obter alguns dados, foram utilizados tempos médios ajustados que permitem obter uma visão mais precisa do estado das operações.

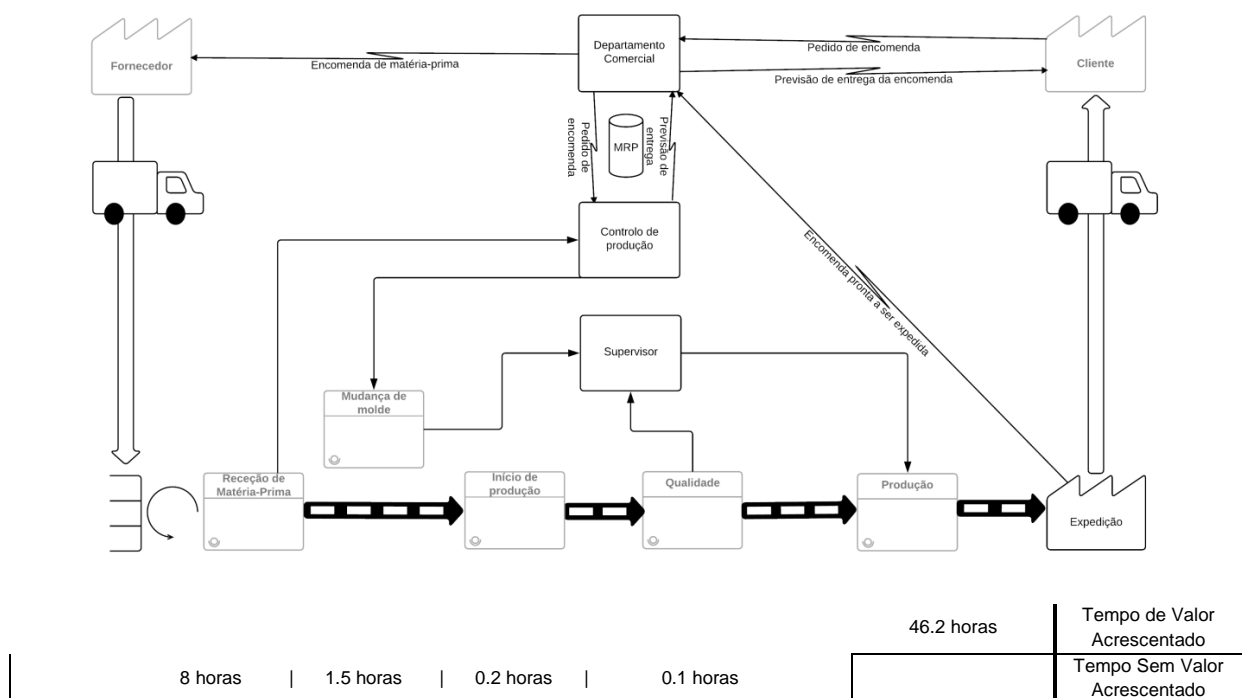


Figura 7 – VSM - Estado Atual

## **Fluxo de informação**

Quando um cliente deseja fazer uma encomenda, é enviado um pedido de encomenda para o departamento comercial. Este transmite o pedido de encomenda ao Controlo de Produção que, após analisar o seu MRP (Mapa de planeamento das operações de produção de acordo com os recursos disponíveis) lhe responde no mesmo canal de comunicação qual a previsão de entrega. O Departamento Comercial volta a contactar o cliente com a previsão de entrega da encomenda e, após confirmação de encomenda, encomenda ao fornecedor a matéria-prima necessária para satisfazer a encomenda. Todas as comunicações descritas até este momento foram feitas por via eletrónica, nomeadamente e-mail.

Quando a matéria-prima é recebida nas instalações da fábrica, o Controlo de Produção recebe esta informação e faz um planeamento da produção. Após ser feito o planeamento de produção, é ordenada a mudança de molde para se iniciar a produção do produto pedido. Estas informações são transmitidas em papel impresso.

Quando a mudança de molde estiver concluída, o Supervisor de produção é informado de forma verbal de que se irá dar início à produção de produtos para serem analisados pela Qualidade. Assim que os produtos estiverem de acordo com os parâmetros estabelecidos, a Qualidade transmite a informação ao Supervisor, ordenando para que se dê início à produção do produto final.

Por fim, assim que a encomenda estiver pronta a ser expedida, o Departamento Comercial recebe a informação por via eletrónica de que a mesma será enviada para o Cliente.

## **Fluxo de materiais**

O Fluxo de materiais tem início quando a matéria-prima é rececionada na fábrica e é armazenada para ser posteriormente utilizada.

Quando a mudança de molde ocorre, a matéria-prima é enviada para a área de produção para que se dê início à produção. Esta operação ainda não fabrica produtos que serão enviados ao Cliente, uma vez que ainda decorrem afinações de modo a atingir os parâmetros dimensionais requeridos pela Qualidade. Após a máquina estar a produzir produtos que, por avaliação do operador, estejam dentro dos parâmetros da Qualidade, são produzidos itens já com matéria-prima final que serão então enviados para avaliação do departamento de Qualidade.

Após aprovação do departamento de Qualidade, dá-se então início ao desenvolvimento de produtos finais que serão entregues ao Cliente.

Quando a produção é finalizada, estes produtos são enviados para a área de expedição onde são enviados para o Cliente.

## 4.2. Aplicação do SMED

Após análise do mapeamento do processo descrito em 4.1, conclui-se que o principal ponto alvo de melhoria é o processo que ocorre quando existe mudança de molde. Com base na literatura revista, a ferramenta mais eficaz para otimizar este processo é o SMED. Assim, neste capítulo propõe-se a aplicação do SMED na melhoria deste procedimento do qual resultará, desejavelmente, um processo mais fluido e com menor tempo de duração.

A implementação do método SMED no processo de mudança de molde tem como objetivo uma diminuição do tempo e potencia um aumento de produtividade. Considerando que o método SMED aplica-se tendo em conta a especificidade de cada caso de estudo e que o método é flexível, a metodologia aplicável neste trabalho, de acordo com o referido na revisão de literatura em 3.4.2, consiste em quatro etapas:

**Etapa preliminar:** nesta etapa faz-se o registo das operações que compõem o processo e servirá como base para a aplicação desta ferramenta de melhoria contínua. O tempo foi calculado com base nos cálculos realizados em 2.3.2 e o processo será decomposto nas suas operações elementares.

**Primeira etapa:** nesta etapa faz-se a separação entre operações internas e externas e o resultado é o processo separado por operação e a respetiva classificação (interna ou externa).

**Segunda etapa:** esta etapa corresponde à análise das operações internas para que possam ser convertidas em operações externas. Em primeiro lugar faz-se uma reavaliação ao processo para verificar se a classificação das operações está correta e, de seguida, analisa-se a melhor forma de converter as internas em externas. O resultado desta etapa é o processo com operações internas convertidas e otimizadas.

**Terceira etapa:** nesta etapa implementam-se as melhorias sugeridas na etapa anterior e otimizam-se as operações internas, de modo a definir-se um processo fluido e com menor tempo de operação que o processo inicial.

### 4.2.1. Etapa preliminar

Conforme referido anteriormente, esta etapa caracteriza-se por fazer uma avaliação introdutória do sistema que sirva de ponto de partida para a aplicação do SMED. Esta fase foi conseguida através da observação direta do processo de troca de moldes e da utilização de cronómetro para contagem de tempos. Para além disso, recorreu-se a filmagens para uma melhor observação e distinção entre as operações que compõem o processo. Os resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Operações de troca de moldes da máquina DEMAG II no dia 10 de julho de 2017

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Tempo (hh:mm:ss)	
		Operação	Acumulado
1	Paragem da máquina	-	0:00:00
2	Retirada dos tubos de refrigeração [molde antigo]	0:02:50	0:02:50
3	Colocação de gancho [molde antigo]	0:00:30	0:03:20
4	Recolha do carro de ferramentas	0:00:40	0:04:00
5	Retirada de garras que prendem o molde [molde antigo]	0:02:28	0:06:28
6	Abertura de mais espaço para molde [molde antigo]	0:00:50	0:07:18
7	Retirada do molde antigo [molde antigo]	0:01:55	0:09:13
8	Colocação do gancho no novo molde [molde novo]	0:00:22	0:09:35
9	Colocação do molde novo [molde novo]	0:02:40	0:12:15
10	Centro do molde [molde novo]	0:02:25	0:14:40
11	Ajuste de altura e comprimento do molde	0:07:59	0:22:39
12	Colocação de garras fixação [molde novo]	0:05:28	0:28:07
13	Remoção da barra de segurança [molde novo]	0:00:40	0:28:47
14	Afinação do fecho molde	0:02:18	0:31:05
15	Ligação e testes dos canais refrigeração	0:17:10	0:48:15
16	Extração do radial	0:06:14	0:54:29
17	Configuração dos parâmetros de produção	0:07:40	1:02:09
18	Ligação e testes dos canais aquecimento	0:07:01	1:09:10
19	Configuração dos parâmetros de produção	0:02:15	1:11:25
20	Arrumação da caixa de ferramentas	0:00:30	1:11:55
21	Produção (produto para qualidade)	0:17:00	1:28:55
22	Análise de Qualidade	0:05:00	1:33:55
23	Início de produção	-	1:33:55

Tempo total do processo: 1 hora, 33 minutos e 55 segundos

Para simplificação, o processo pode ser dividido em cinco fases de operação: Remoção do molde antigo, colocação do novo molde, configuração de parâmetros, testes e análise da qualidade. A divisão por fase de operação pode ser consultada na Figura 8.

Tempo de substituição de molde (mm:ss)

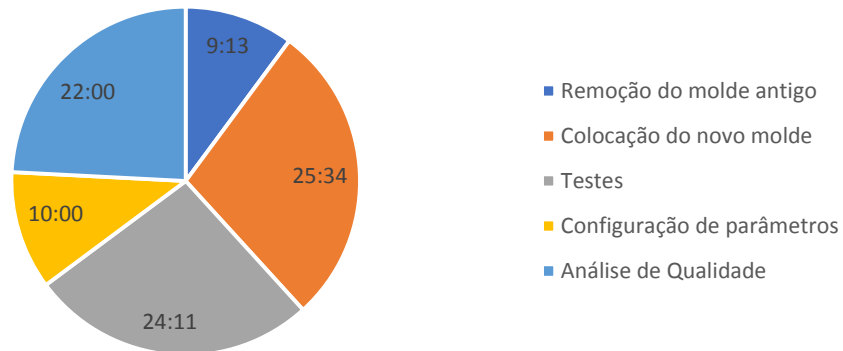


Figura 8 - Tempo de substituição de molde

Esta etapa está concluída e vai servir de base para a análise do processo que será alvo de aplicação da metodologia SMED.

#### 4.2.2. Primeira Etapa

Nesta primeira etapa é feita a distinção entre operações internas e externas, lembrando a sua definição estudada anteriormente. Como tal, as operações de *setup* presentes na Tabela 10 foram então classificados, estando o resultado presente na Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação das operações do *setup* (Primeira Etapa)

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Interno / Externo	Tempos (hh:mm:ss)	
			Operação	Acumulado
1	Paragem da máquina	Interno	-	0:00:00
2	Retirada dos tubos de refrigeração [molde antigo]	Interno	0:02:50	0:02:50
3	Colocação de gancho [molde antigo]	Externo	0:00:30	0:03:20
4	Recolha do carro de ferramentas	Externo	0:00:40	0:04:00
5	Retirada de garras que prendem o molde [molde antigo]	Interno	0:02:28	0:06:28
6	Abertura de mais espaço para molde [molde antigo]	Interno	0:00:50	0:07:18
7	Retirada do molde antigo [molde antigo]	Interno	0:01:55	0:09:13
8	Colocação do gancho no novo molde [molde novo]	Interno	0:00:22	0:09:35
9	Colocação do molde novo [molde novo]	Interno	0:02:40	0:12:15
10	Centro do molde [molde novo]	Interno	0:02:25	0:14:40
11	Ajuste de altura e comprimento do molde	Interno	0:07:59	0:22:39
12	Colocação de garras fixação [molde novo]	Interno	0:05:28	0:28:07
13	Remoção da barra de segurança [molde novo]	Interno	0:00:40	0:28:47
14	Afinação do fecho molde	Interno	0:02:18	0:31:05
15	Ligação e testes dos canais refrigeração	Interno	0:17:10	0:48:15
16	Extração do radial	Interno	0:06:14	0:54:29
17	Configuração dos parâmetros de produção	Externo	0:07:40	1:02:09
18	Ligação e testes dos canais aquecimento	Interno	0:07:01	1:09:10
19	Configuração dos parâmetros de produção	Externo	0:02:15	1:11:25
20	Arrumação da caixa de ferramentas	Externo	0:00:30	1:11:55
21	Produção (produto para qualidade)	Interno	0:17:00	1:28:55
22	Análise de Qualidade	Externo	0:05:00	1:33:55
23	Início de produção		-	1:33:55

Para perceber melhor qual o impacto que cada categoria de operações tem no processo, a Tabela 12 mostra o tempo acumulado e respetivo peso no tempo do processo.

Tabela 12 - Tempo Acumulado por classificação das operações

	Tempo Acumulado	% do Tempo do processo
Operações Internas	1:17:20	82%
Operações Externas	0:16:35	18%
Total	1:33:55	100%

Conforme pode ser verificado na Tabela 12, cerca de 18% do tempo de substituição de um molde é gasto em operações que poderiam ser feitas enquanto a máquina está em funcionamento. De acordo com Cakmakci (2008), esta fase tem como objetivo reduzir entre 30 e 50% do valor de *setup*. Isto significa que o valor esperado de % do tempo das operações externas deveria estar entre o intervalo mencionado. Ainda assim, apesar de o valor obtido não estar dentro destes parâmetros, a distinção entre operações externas e internas indicia que o foco deve ser a eliminação das operações externas, por forma a atingir-se o valor obtido na Tabela 12.

As operações que foram classificadas como externas estão presentes na Tabela 13.

Tabela 13 – Operações externas

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Tempo (hh:mm:ss)
3	Colocação de gancho [molde antigo]	0:00:30
4	Recolha do carro de ferramentas	0:00:40
17	Configuração dos parâmetros de produção	0:07:40
19	Configuração dos parâmetros de produção	0:02:15
20	Arrumação da caixa de ferramentas	0:00:30
22	Análise de Qualidade	0:05:00
	Total	0:16:35

Antes de se proceder à sugestão de melhorias do processo, é necessário fazer uma descrição das operações externas deste processo. Uma breve descrição é feita de seguida:

- (3) Colocação de gancho

Esta operação será feita antes da paragem da máquina, uma vez que é possível colocar o gancho de extração no molde antiga enquanto a produção está a decorrer.

- (4) Recolha do carro de ferramentas

A recolha do carro de ferramentas não precisa de ser feita enquanto a máquina está parada. Pode e deve ser feita antes de se parar a máquina.

- (17) Configuração dos parâmetros de produção

Uma vez que a máquina em utilização tem a capacidade de guardar parâmetros pré-definidos, não se justifica que cada vez que houver uma troca de molde os novos parâmetros estejam a ser inseridos manualmente. Assim, os parâmetros passarão a ser selecionados previamente à mudança de molde.

- (20) Arrumação da caixa de ferramentas

No processo atual, a caixa de ferramentas é arrumada durante a troca de molde. Uma vez que esta operação não acrescenta valor e pode ser feita enquanto ocorre o procedimento de troca de molde, a tarefa será eliminada e o procedimento realizado após a troca do molde.

- (22) Análise de qualidade

A análise de qualidade é um processo que deve ser sempre realizado em todos os processos produtivos. No entanto, quando se atinge padrões de qualidade regulares não é necessário ter a produção parada, pois a padronização do processo facilita o cumprimento dos padrões de qualidade necessários.


As operações “Produção para qualidade” e “Análise de Qualidade” deverão ser comprimidas em apenas uma, “Análise de Qualidade”, devendo ser realizada após se dar o início da produção.

### **Desenvolvimento da *check-list***

Ao analisar a Tabela 13, é possível verificar que se o operador soubesse de antemão que teria que realizar estas operações, então a máquina teria estado mais tempo em funcionamento. Assim, é útil desenvolver um documento onde esteja presente tudo o que um operador deve fazer antes e depois da mudança de molde.

Uma das ferramentas mais utilizadas na Primeira Etapa da aplicação do SMED é a *check-list*. A *check-list* é uma lista com as ações que o operador deve fazer antes e depois da troca do molde. Desta forma, ao cumprir a *check-list* o operador garante que todas as operações externas são realizadas enquanto a máquina está em funcionamento.

A *check-list* é uma ferramenta importante para garantir que todo o material necessário para o processo de substituição do molde está presente. Assim, criou-se uma *check-list* a utilizar (Figura 9) nesta situação.



**NEUTROPLAST**

**CHECK-LIST PARA A MUDANÇA DE MOLDE**

Data da operação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_      Máquina: \_\_\_\_\_

Operador: \_\_\_\_\_      Operação: \_\_\_\_\_

---

Lista para verificação **prévia** à mudança de molde:

- Certificar que a zona envolvente à máquina se encontra em condições para colocar todos os elementos necessários à mudança;
- Preparar a zona onde será colocado o molde a retirar da máquina, podendo ser em palete ou no carro de transporte;
- Transportar o molde a colocar para o mais junto possível da máquina;
- Verificar se as ferramentas, peças e equipamentos necessários à mudança se encontram junto à máquina;
- Colocar o gancho de remoção de molde no molde antigo;
- Verificar se os parâmetros de produção se encontram carregados na máquina de produção.

Lista para verificação **posterior** à mudança de molde:

- Arrumar ferramentas, equipamentos, acessórios e molde removido após a máquina iniciar produção;
- Limpar a zona junto ao local;
- Arquivar a documentação necessária à operação em local apropriado;
- Arquivar a *check-list* em local apropriado;
- Enviar amostra do produto para Análise de Qualidade.

Nota Importante: Nenhum equipamento ou acessório deverá ser utilizado se este apresentar uma anomalia.

Observações:

Verifiquei que todos os procedimentos se encontravam de acordo com o definido.

Assinatura: \_\_\_\_\_

Figura 9 - *Check-list* de ações

No fim de cada processo de mudança de molde, o operador deve entregar junto do seu responsável o documento assinado e com todas as ações executadas. Assim, garante-se que o processo foi feito da forma devida e as operações externas foram realizadas com a máquina em funcionamento.

Após a aplicação das soluções preconizadas na Primeira Etapa, obtém-se a um procedimento atualizado que apenas contempla operações internas. O tempo atual poderá ser consultado na Tabela 14, mas observa-se que já é 82% do valor inicial.

Tabela 14 - Processo após aplicação da Primeira Etapa do SMED

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Tempos (hh:mm:ss)	
		Operação	Acumulado
-	Colocação do gancho [molde antigo]	0:00:30	-
-	Recolha do carro de ferramentas	0:00:40	-
-	Configuração dos parâmetros de produção	0:09:55	-
1	Paragem da máquina	-	0:00:00
2	Retirada dos tubos de refrigeração [molde antigo]	0:02:50	0:02:50
3	Retirada de garras que prendem o molde [molde antigo]	0:02:28	0:05:18
4	Abertura de mais espaço para molde [molde antigo]	0:00:50	0:06:08
5	Retirada do molde antigo [molde antigo]	0:01:55	0:08:03
6	Colocação do gancho no novo molde [molde novo]	0:00:22	0:08:25
7	Colocação do molde novo [molde novo]	0:02:40	0:11:05
8	Centro do molde [molde novo]	0:02:25	0:13:30
9	Ajuste de altura e comprimento do molde	0:07:59	0:21:29
10	Colocação de garras fixação [molde novo]	0:05:28	0:26:57
11	Remoção da barra de segurança [molde novo]	0:00:40	0:27:37
12	Afinação do fecho molde	0:02:18	0:29:55
13	Ligação e testes dos canais refrigeração	0:17:10	0:47:05
14	Extração do radial	0:06:14	0:53:19
15	Ligação e testes dos canais aquecimento	0:07:01	1:00:20
16	Produção (produto para qualidade)	0:17:00	1:17:20
17	Início de produção	-	1:17:20
-	Arrumação da caixa de ferramentas	0:00:30	-
-	Análise de qualidade	0:05:00	-

### 4.2.3. Segunda Etapa

Nesta etapa dá-se à conversão de operações internas em externas. Como nenhuma operação interna pode ser convertida, prossegue-se para o passo seguinte da Segunda Etapa.

Para além da conversão de operações, dá-se a reavaliação da sua classificação. Após reunião com a equipa da Neutroplast, a propósito da implementação da Segunda Etapa, chegou-se à conclusão de que não seria necessário proceder à reavaliação da classificação das operações.

Como nesta etapa não há ações a realizar, prossegue-se para a terceira e última etapa.

#### **4.2.4. Terceira Etapa**

Nesta etapa final, o objetivo é otimizar as operações internas, uma vez que as externas já foram melhoradas na Primeira Etapa. O objetivo é reduzir ao máximo o seu tempo de execução. Para atingir esse objetivo, recorre-se a uma das técnicas apresentadas em 3.4.2, a “Utilização de ferramentas diferentes”.

##### **4.2.4.1. Utilização de ferramentas diferentes**

A utilização de ferramentas diferentes é crucial para o sucesso na aplicação do SMED a qualquer linha produtiva. Apesar de haver um investimento inicial que pode ser elevado, em termos de redução de *setup* está comprovado (e pode ser consultado na revisão de literatura) que é muito vantajoso.

Identificaram-se algumas operações que podem ser melhoradas com duas ferramentas diferentes: os multi-acopladores e o sistema de fixação magnético. De seguida faz-se uma breve descrição de cada uma destas ferramentas e depois é mostrado como é que essas ferramentas vão integrar o atual sistema.

##### **1) Multi-acopladores**

Os multi-acopladores são sistemas que permitem a redução do tempo de ligação dos tubos de refrigeração e de aquecimento entre a máquina de produção e o molde. Esta opção surge devido ao facto de como se pode verificar pela Tabela 10 estas operações terem um tempo de execução elevada.

Esta ferramenta tem diversas vantagens: por um lado, permite a diminuição do tempo das ligações dos tubos ao molde, por outro lado garante uma maior segurança no controlo do caudal. Como principais desvantagens temos a necessidade de um acoplador por molde e a sua difícil implementação, uma vez que se tem de realizar alterações ao molde. Isto significa que todas as ligações têm que ser modificadas e transferidas para uma zona única do molde.

Estes sistemas são constituídos por duas componentes: um dos componentes é ligado ao molde e o outro fica permanentemente ligado às manguerias. A sua ligação pode ser feita de forma automática ou de forma manual. Assim, os multi-acopladores distinguem-se entre si pela forma de engate ao molde, pelo número de circuitos e por eventuais propriedades mais específicas. Estes serão os critérios de decisão na comparação entre diferentes produtos.

Após uma pesquisa de mercado, foram escolhidos dois fabricantes de ferramentas com base na sua reputação e se possuem ou não representação em Portugal, útil em caso de eventual assistência

técnica. As empresas escolhidas são a **Stäubli** e a **EAS** e as soluções analisadas fazem parte do portfólio destas duas empresas.

Foram escolhidos dois modelos que assentam no pretendido: **Stäubli RMP 49.04** e **EAS manual multi coupler**. A comparação entre os dois produtos pode ser consultada na Tabela 15.

Tabela 15 - Comparação entre modelos de multi-acopladores



	<b>Stäubli RMP 49.04</b>	<b>EAS manual multi coupler</b>
Fabricante	Stäubli	EAS
Engate	Manual	Manual
Circuitos	2	2
Imagem		

Figura 10 - Stäubli RMP 49.04

Figura 11 - EAS manual multi coupler

Em Stäubli (2017) encontra-se mais informação sobre o modelo Stäubli RMP 49.04 e em EAS (2007) encontra-se a documentação referente à EAS manual multi coupler.

Prevê-se que a utilização destes acopladores permita uma elevada redução de tempo de operação do processo, e isso é confirmado em EAS (2007) onde é referido que esta substituição é feita em aproximadamente 3 minutos. Relativamente ao equipamento da Stäubli não existe qualquer informação a este respeito.

## 2) Sistema de fixação magnético

O Sistema de fixação magnético tem por objetivo tornar as operações referentes às fases de colocação e remoção de molde mais rápidas, eliminando a necessidade de fazer ajustes aos fixadores e facilitando as operações de posicionamento do molde na máquina. Recorrendo novamente a uma das empresas apresentadas anteriormente, a Stäubli, encontra-se no seu catálogo de produtos um produto desenvolvido que se baseia na força de atração por ação de polos

magnéticos. Este método faz com que a alocação do molde à máquina seja feita de forma rápida e precisa. Uma vez que a EAS não oferece uma solução semelhante, é proposto o sistema Stäubli QMC 122 que será descrito de seguida.

### **Stäubli QMC 122**

Este sistema tem uma memória que permite guardar os parâmetros de cada molde para que, quando o molde for inserido na máquina, o sistema seja acionado e o molde fique fixo. Para além da função de posicionamento do molde na máquina, o sistema monitoriza continuamente o funcionamento do molde durante o processo de injeção. Na Figura 12 encontra-se uma representação do sistema em questão.

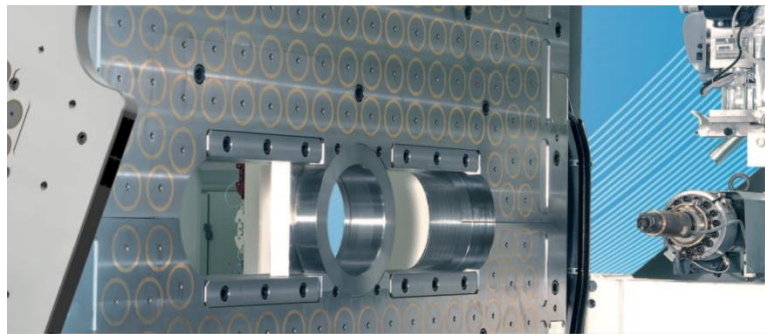


Figura 12 - Stäubli QMC 122

Este sistema é bastante simples de instalar: basta colocar duas placas, uma na máquina e outra no próprio molde. Não é necessária qualquer alteração estrutural a nenhum dos componentes, sendo que a única desvantagem deste sistema é o facto de na zona de contacto entre o molde e o sistema de fixação a temperatura estar limitada a 100°C. O *software* permite ainda guardar nas definições do sistema a quantidade de força necessária para cada molde. É uma boa solução para máquinas entre os 80 e 4000 toneladas, intervalo no qual se encontra o conjunto produtivo da Neutroplast.

Esta solução permite melhorar o tempo gasto a posicionar o molde. Apesar de não haver dados referentes à redução de tempo utilizando esta ferramenta de forma utilizada, após partilha de impressões com operários da Neutroplast estima-se que esta operação seja concluída em 2:30 minutos.

#### **4.2.4.2. Aplicação das ferramentas ao processo de produção**

Após a apresentação de algumas ferramentas que poderão ser úteis para reduzir o tempo do processo de mudança de molde, nesta terceira e última etapa analisam-se quais as operações que poderão ser otimizadas através destas ferramentas.

Uma vez que existem duas ferramentas, analisam-se as operações impactadas por cada uma das delas.

Relativamente aos multi-acopladores, conforme visto anteriormente esta ferramenta permite tornar mais ágil o processo de colocação e retirada dos tubos de refrigeração e de aquecimento do molde. No que diz respeito ao sistema de fixação magnético, este irá atuar sobre as operações de centro e ajuste de altura do molde.

Assim, é possível identificar quais as soluções tecnológicas que irão afetar cada operação e qual o seu impacto no tempo despendido a executá-la. A Tabela 16 identifica operações onde podem ser implementadas soluções tecnológicas e qual o equipamento a utilizar.

Tabela 16 - Operações que poderão ter novas soluções tecnológicas

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Solução tecnológica	Tempo (hh:mm:ss)	
			Antigo	Novo
2	Retirada dos tubos de refrigeração [molde antigo]	Multi-acopladores	0:02:50	0:00:30
8	Centro do molde [molde novo]	Sistema fixação	0:02:25	0:00:30
9	Ajuste de altura e comprimento do molde	Sistema fixação	0:07:59	0:02:00
13	Ligação e testes dos canais refrigeração	Multi-acopladores	0:17:10	0:02:00
15	Ligação e testes dos canais aquecimento	Multi-acopladores	0:07:01	0:02:00

O sistema de fixação magnético tem um impacto muito positivo no tempo de operação, ao permitir que duas operações passem de uma duração total de 10:26 minutos para 02:30 minutos (correspondente a uma redução de 76%). Para além disso, permite que o processo seja simplificado e estas duas operações sejam convertidas em apenas uma, o “Ajuste da posição do molde”. Esta aglutinação permite que o processo se torne mais claro e leva a uma melhor compreensão do mesmo.

Relativamente ao sistema de multi-acopladores, conforme referido anteriormente as operações impactadas são as relacionadas com os tubos de aquecimento e de refrigeração. Aqui ainda reside a dúvida de qual dos sistemas utilizar, uma vez que não existe informação oficial do impacto do sistema da Stäubli. Assim, uma vez que os equipamentos são semelhantes e competem diretamente um com o outro no mercado, não é descabido afirmar-se que o equipamento da Stäubli permite o mesmo tempo de operação que o equipamento da EAS. Posto isto, independentemente da escolha de equipamento, as operações enunciadas anteriormente relacionadas com os tubos de refrigeração terão a duração de 2:30 minutos, em vez dos atuais 27:01 minutos. É importante destacar que esta redução é de aproximadamente 90%.

Como se pode verificar, a operação “Ligação e testes dos canais de aquecimento” fica anulada uma vez que, com a solução dos multi-acopladores, os canais de aquecimento são ligados e testados ao mesmo tempo que os canais de refrigeração. Assim, suprime-se essa operação e converte-se a operação “Ligação e testes dos canais de refrigeração” em “Ligação e testes dos canais de refrigeração e aquecimento”. A Tabela 17 mostra as operações após a sua renomeação.

Tabela 17 - Operações com ferramentas diferentes após a Terceira Etapa

Operação do <i>setup</i>	Solução tecnológica	Tempo (hh:mm:ss)	
		Antigo	Novo
Retirada dos tubos de refrigeração [molde antigo]	Multi-acopladores	0:02:50	0:00:30
Ajuste da posição do molde [molde novo]	Sistema fixação	0:10:26	0:02:30
Ligação e testes dos canais de refrigeração e aquecimento	Multi-acopladores	0:24:11	0:02:00

É importante verificar que esta introdução de novas ferramentas tem um impacto muito significativo na redução do tempo de operação. Antes da introdução desta nova solução, as operações tinham um total de 37:25 minutos, enquanto com as novas ferramentas estas totalizam apenas 5:00 minutos. Temos, assim, uma redução de 87% no tempo despendido nestas operações. Como será visto mais à frente, esta redução de 32:25 minutos no tempo de operação terá um impacto significativo.

#### 4.2.5. Processo após implementação do SMED

O resultado da implementação do SMED é um processo mais fluido e com menor tempo de execução enquanto a máquina está parada. O processo melhorado pode ser consultado na Tabela 18.

Tabela 18 - Tabela com o processo otimizado

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Tempo (hh:mm:ss)	
		Operação	Acumulado
-	Colocação do gancho [molde antigo]	0:00:30	-
-	Recolha do carro de ferramentas	0:00:40	-
-	Configuração dos parâmetros de produção	0:09:55	-
1	Paragem da máquina	-	0:00:00
2	Retirada de garras que prendem o molde [molde antigo]	0:02:28	0:02:28
3	Abertura de mais espaço para molde [molde antigo]	0:00:50	0:03:18
4	Retirada do molde antigo [molde antigo]	0:01:55	0:05:13
5	Colocação do gancho no novo molde [molde novo]	0:00:22	0:05:35
6	Colocação do molde novo [molde novo]	0:02:40	0:08:15
7	Ajuste da posição do molde [molde novo]	0:00:30	0:08:45
9	Colocação de garras fixação [molde novo]	0:05:28	0:14:13
10	Remoção da barra de segurança [molde novo]	0:00:40	0:14:53
11	Afinação do fecho molde	0:02:18	0:17:11
12	Ligação e testes dos canais de refrigeração e de aquecimento	0:02:00	0:19:11
13	Extração do radial	0:06:14	0:25:25
14	Configuração dos parâmetros de produção	0:01:30	0:26:55
15	Início de produção	-	0:26:55
-	Arrumação da caixa de ferramentas	0:00:30	-
-	Análise de qualidade	0:05:00	-

Apresentado o processo melhorado na sequência da aplicação da metodologia SMED, é importante agora analisar o impacto destas melhorias no processo de produção. Assim, no próximo capítulo faz-se um estudo dos impactos da aplicação desta ferramenta *Lean*.

### 4.3. Conclusões do capítulo

Neste capítulo identificou-se a principal oportunidade de melhoria do processo. Para isso foi feito um mapeamento do processo no seu estado atual (VSM – Estado Atual), e chegou-se à conclusão de que o principal alvo seria o processo de mudança de moldes.

Para melhorar o processo identificado, utilizou-se a ferramenta *Lean* mais apropriada: o SMED. Da aplicação das três etapas que compõem esta metodologia, resultou um processo com menos operações e uma duração de apenas 26:55 minutos.

## 5. ANÁLISE DO IMPACTO

Após desenvolvido um plano ação, que culminou com a proposta de um processo otimizado e com a separação clara entre operações internas e externas, neste capítulo faz-se uma análise ao impacto que as melhorias propostas têm no processo.

O capítulo começa com a proposta de um VSM do Estado Futuro, uma vez implementadas as soluções propostas. Este mapa terá como vantagens visualizar um processo melhorado e identificar quais poderão ser os próximos alvos de melhoria. De seguida, é feita uma análise ao impacto através de várias perspetivas: do tempo de operação, da distância percorrida pelos operadores, do aumento da disponibilidade dos operadores e do impacto financeiro.

O objetivo deste capítulo é justificar a importância da implementação das propostas de melhoria, fornecendo um suporte quantitativo do impacto das ações a desenvolver.

### 5.1. VSM – Estado Futuro

O primeiro vetor de análise do impacto das soluções propostas é feito através do VSM do Estado Futuro expectável com as alterações sugeridas anteriormente. Como feito anteriormente, serão analisados dois fluxos: fluxo de informação e fluxo de materiais. O VSM – Estado Futuro pode ser encontrado na Figura 13.

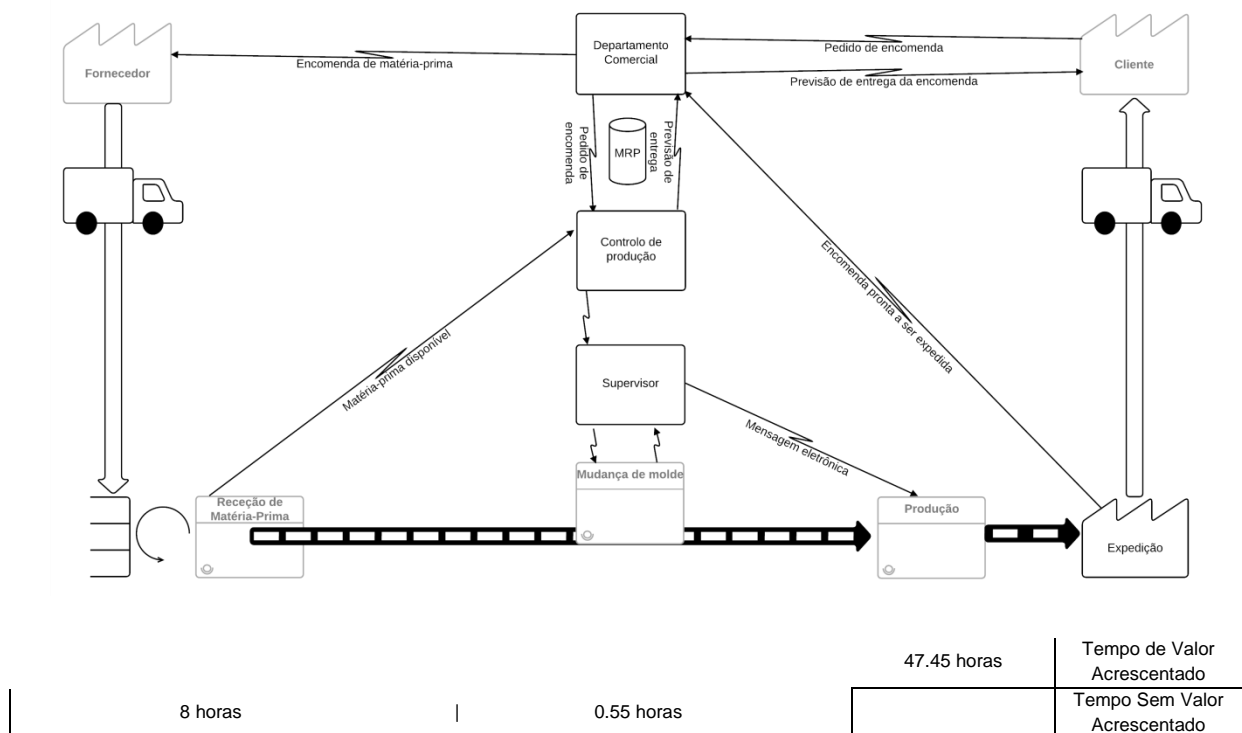


Figura 13 - VSM - Estado Futuro

## **Fluxo de Informação**

À semelhança do Mapa de Estado Atual, o fluxo de informação começa com o pedido de encomenda do Cliente ao Departamento Comercial, que contacta o Controlo de Produção para aferir qual a previsão de entrega da encomenda. Após a confirmação desta informação, o Departamento Comercial contacta o Cliente que, se aceitar o prazo determinado, procede à confirmação da encomenda. Nesta previsão de Estado Futuro, à semelhança do que já acontece atualmente, as comunicações serão trocadas por *e-mail*.

O Fluxo de informação prossegue aquando a receção da matéria-prima. Quando esta operação acontece, o controlo de produção deverá ser informado da chegada da matéria-prima. Esta troca de informação deve ser feita por e-mail uma vez que agiliza a comunicação.

Assim que o Controlo de Produção considerar que é altura de produzir o produto pretendido, informa o supervisor (por *e-mail*) do plano de produção para que este possa informar a equipa de mudança de molde. Esta informação é enviada por *e-mail* uma vez que são várias as informações que têm de constar no documento de mudança de molde.

Assim que a mudança de molde estiver concluída, neste processo a equipa avisa o Supervisor do término do processo e dá-se então início à Produção. Uma vez que os parâmetros já estão otimizados, suprimiram-se as operações “Início da Produção” e “Qualidade” uma vez que os produtos já estarão dentro dos padrões necessários. Não obstante, o Departamento da Qualidade continuará a analisar a qualidade da produção, mas sem haver paragem da linha produtiva.

Quando os produtos estiverem na Expedição prontos a serem enviados ao Cliente, o Departamento Comercial será informado via *e-mail* de que a encomenda está pronta e será então enviada.

## **Fluxo de Materiais**

O Fluxo de Materiais tem início igual ao VSM do Estado Atual; a fábrica recebe a matéria-prima e armazena num supermercado para posterior utilização.

Quando se dá a mudança de molde, a matéria-prima é enviada diretamente para produção. Ao contrário do que acontece no Estado Atual, no Estado Futuro prevê-se que não se utilize matéria-prima para iniciar a produção (enquanto se fazem ajustes aos parâmetros). Da mesma forma não se preconiza a utilização de matéria-prima para fabricar produtos que não são finais, mas são analisados pelo Departamento de Qualidade.

Quando a produção estiver terminada, os produtos finais são enviados para a área de expedição e a partir daí são enviados para o Cliente.

Nesta previsão de Estado Futuro, o Fluxo de Materiais é significativamente mais simples, cumprindo com o objetivo de se tornar a produção mais eficiente e com menor desperdício.

## 5.2. Tempo de operação

Após se perceber qual o impacto da aplicação do SMED no processo global de produção da Neutroplast, é importante fazer uma análise ao tempo da operação de mudança de molde e resumir, de forma simplificada, quais os ganhos que se conseguem após cada etapa da metodologia SMED.

Na Tabela 19 é feita uma análise aos tempos de operação das várias etapas de aplicação do SMED.

Tabela 19 - Tempos e Variação nas várias etapas de aplicação do SMED

	<b>Etapa Preliminar</b>	<b>Primeira Etapa</b>	<b>Segunda Etapa</b>	<b>Terceira Etapa</b>
Tempo (hh:mm:ss)	01:33:55	01:17:20	01:17:20	0:26:55
Variação	-	-19%	-19%	-71%

Como pode ser observado, existe uma maior redução no fim da Terceira Etapa. É importante lembrar que a Primeira Etapa correspondeu à eliminação das operações externas e a Segunda Etapa à conversão das operações internas em externas, o que não aconteceu. Na Terceira Etapa procedeu-se então à otimização e melhoria das operações internas. O facto de a redução entre a Primeira Etapa e a Terceira Etapa ter sido muito elevada (>52%) é interessante de ser analisada. Esta análise permite retirar duas conclusões:

Em primeiro lugar, antes da elaboração deste estudo, tinha-se a impressão de que o principal responsável pelo elevado tempo de operação seria a falta de eficiência de trabalho por parte dos operadores. No entanto, o indicador obtido não revela isso, uma vez que grande parte da redução corresponde à melhoria das operações internas e não à eliminação das externas.

Em segundo lugar, como foi visto anteriormente, a Terceira Etapa consistiu na aplicação de diversas técnicas e novas ferramentas que irão reduzir substancialmente o tempo de operação. O indicador da redução de tempo obtido na Terceira Etapa é um indicador muito importante pois permite à Direção da Neutroplast analisar a importância da melhoria das suas máquinas e justificar mais facilmente a aquisição de novo material.

A análise gráfica presente na Figura 14 demonstra melhor a diferença que existe entre o tempo de operação das 3 etapas.

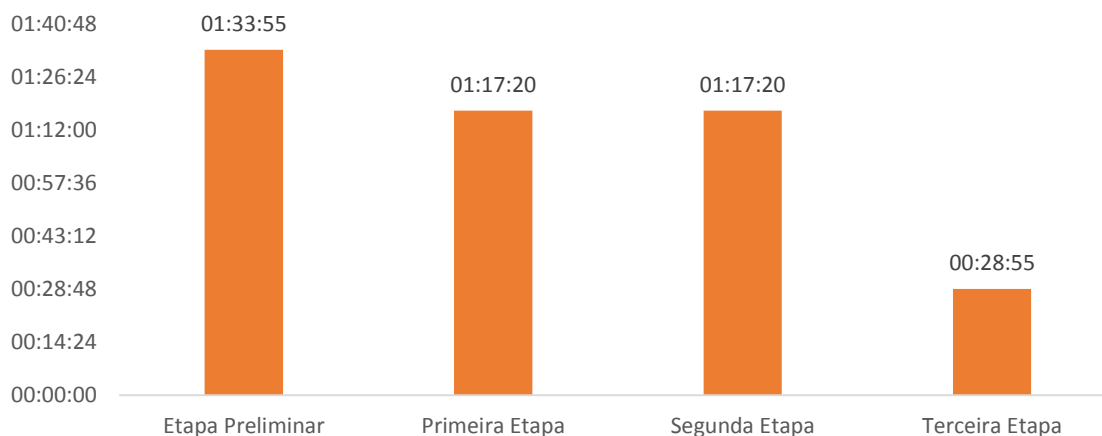


Figura 14 - Comparação entre o tempo de operação nas diferentes etapas do método SMED

Assim, conclui-se que a aplicação do SMED a este processo de mudança de moldes pode reduzir em 71% o tempo de operação. Esta redução traduz-se em maior aproveitamento das máquinas industriais, maior aproveitamento dos recursos humanos e ainda um aumento da capacidade de produção.

### 5.3. Distância percorrida pelos operadores

Outro ponto de análise é a distância percorrida pelos operadores. Uma vez que quanto menor a distância percorrida, menor o tempo despendido em operações que não acrescentam valor ao processo. Assim, é importante fazer uma análise que compare a distância percorrida pelos operadores antes e depois da aplicação da metodologia SMED.

Para o caso de estudo atual apenas foi calculada a distância percorrida no processo inicial. Para o cálculo da estimativa de poupança, serão feitas simulações com base em parâmetros que as tornem fidedignas. Para o cálculo da simulação, assume-se que a distância percorrida na Etapa Preliminar é de 737 passos.

Na literatura é possível consultar vários casos de estudo que relatam a distância que foi possível reduzir após aplicação da metodologia SMED. Os resultados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Redução de distância após aplicação do SMED em diversos casos de estudo

Referência	Redução da distância (%)	Redução de distância (m)
Costa et al (2013b)	45 a 78%	-
Rosnah e Othman (2012)	55%	Distância inicial: 45 Distância final: 20
Conejo, Carlos (2011)	>50%	-
Naukowe, Cierniak-emerych e Dziuba (2017)	58%	-
Costa et al (2013a)	99%	-
Ribeiro et al (2011)	96.67%	Distância inicial: 300 Distância final: 10

Com a existência de resultados tão díspares, é importante analisar quais é que serão utilizados para a análise a este caso de estudo.

Existem dois valores perto de 100%. Uma vez que este valor de redução é muito difícil de atingir sem ser através do recurso a vários processos de SMED e um estudo exaustivo e contínuo dos processos que compõem estes a troca de moldes, estes valores não serão considerados para o presente caso.

Os restantes valores estão compreendidos entre 45 e 78% e a maioria dos resultados obtidos situam-se na faixa dos 45 aos 60%. Como tal, será feito um estudo à comparação da obtenção de uma redução de 45% e 60% na distância percorrido pelos colaboradores. Este estudo permite estimar com maior qual seria a redução neste parâmetro caso o atual procedimento de SMED fosse implementado. O resultado desta análise está presente na Tabela 21.

Tabela 21 - Estimativa de redução da distância percorrida

	Passos (nº) Valor real	Tempo (minutos) Valor estimado	Distância (m) Valor estimado
Valores antes da implementação do SMED	737	5.62	562
Valor assumindo com uma estimativa de redução de 45% da distância percorrida	-	3.09	309
Valor assumindo com uma estimativa de redução de 60% da distância percorrida	-	2.25	225

Para os cálculos estimados de tempo e de distância, uma vez que mediação foi feita em "passos", os valores da Tabela 21 têm por base o pressuposto de que a velocidade média de andamento é 6 km por hora e que 1 passo é igual a 0.762 metros.

Desta análise conclui-se que se consegue uma redução de aproximadamente 3 minutos em cada processo de troca de moldes.

#### **5.4. Análise da disponibilidade dos colaboradores**

O cálculo da redução de distância percorrida pelos operadores é importante, mas é igualmente importante perceber de que forma é que a aplicação desta metodologia reduz o tempo despendido pelos trabalhadores neste processo. Por outras palavras, perceber qual o aumento da disponibilidade que ganham e que lhes permite desenvolver outras operações.

Outro fator que pode ser analisado como forma de medir o impacto da aplicação do SMED a este processo de mudança de moldes é a disponibilidade dos colaboradores.

Com a redução de tempo despendido no processo de mudança de moldes, os operadores poderão utilizar o tempo “ganho” noutras tarefas de valor acrescentado.

Assim, considerando que no processo de mudança de moldes participam 3 colaboradores e que se realizam em média 3 mudanças de molde por semana, de diferentes produtos, é correto assumir 12 mudanças de molde por mês.

Antes da aplicação do SMED, este processo tinha a duração de 1:33:55h, o que corresponde a aproximadamente 94 minutos.

Com base nestes pressupostos, e considerando que no final da aplicação da terceira etapa do método SMED o processo tem a duração aproximada de 27 minutos, constata-se que poderá existir uma redução de 67 minutos por processo.

Assim sendo, e considerando que existem 12 mudanças de molde por mês, projeta-se a poupança de 804 minutos (13.4 h) por colaborador, traduzindo-se numa redução de 2412 minutos (40.2 h) por mês neste único processo.

O valor é relevante uma vez que ao fim do mês, 7.6% do tempo disponível do colaborador é gasto em tarefas que não acrescentam valor ao produto final, conforme ficou demonstrado ao longo da análise deste caso de estudo.

A ocorrência de 12 mudanças de molde por mês é variável e depende do planeamento de produção de determinado mês, mas assumindo este valor como sendo um valor médio e considerando que a fábrica não tem produção no mês de agosto, estima-se que a aplicação deste método resulte em poupanças superiores a 442 horas por ano.

## 5.5. Estimativa do Impacto Financeiro

O impacto financeiro decorrente do aumento de disponibilidade é um exercício interessante de se fazer. No entanto, por falta da disponibilidade do custo por hora de cada trabalhador, é necessário assumir alguns pressupostos para o cálculo deste valor. Desde já se assume que a poupança será referente ao aumento de disponibilidade em 442 horas por ano, conforme calculado em 5.4.

Para se calcular o custo horário de cada trabalhador divide-se o cálculo deste valor em três parcelas: vencimento base, encargos fixos e encargos variáveis. Procede-se então ao cálculo de cada uma das parcelas:

- Vencimento base

Na ausência de dados oficiais do Vencimento Base dos trabalhadores da Neutroplast, é preferível fazer uma estimativa inferior ao valor real. Assim, assume-se que os operadores recebem o salário mínimo nacional, que no presente ano de 2018 se situa nos 580 EUR mensais. Uma vez que por lei um funcionário recebe 14 vencimentos por ano, o seu custo anual é de 8120 EUR.

Relativamente ao número de horas que trabalha, parte-se do pressuposto que um ano tem 52 semanas, com 5 dias de trabalho semanais e 8.5 horas diárias (uma vez que trabalho é feito em regime de turnos). Assim, o número de horas de trabalho anuais é igual a 2210.

Às 2210 horas de trabalho é necessário deduzir férias e feriados:

- Férias: 22 dias x 8.5 horas = 187 horas

- Formação profissional (obrigatório por lei) = 35 horas

- Feriados: 13 feriados x 8.5 horas + 1 (véspera de Natal que é concedido pela Neutroplast) x 8.5 horas = 119 horas

Assim, o número total de horas trabalhadas é igual a 1869 e o custo de cada trabalhador, por hora, 4.34 EUR.

- Encargos fixos

Nesta parcela são considerados três encargos fixos: Segurança Social, Seguro de Trabalho e Subsídio de Alimentação.

Em maio de 2018 a taxa de contribuição para a Segurança Social situa-se nos 23.75%. Assumindo o valor horário calculado anteriormente, este encargo fixo tem o valor de 1.03 EUR por hora.

O valor a pagar pelo seguro dos trabalhadores é variável. Como referência, e lembrando que está a ser feita uma minoração, assumir-se-á um valor de 1% como valor médio do seguro, que contabiliza 0.04 EUR por hora para o custo do trabalhador.

Por fim, o subsídio de alimentação mínimo definido por lei é, em maio de 2018, 4.77EUR por dia. Uma vez que cada dia de trabalho tem 8.5 horas, então a contribuição do subsídio de alimentação é de 0.56 EUR por hora.

Somando as três variáveis que compõem a parcela dos encargos fixos obtém-se o valor de 1.63 EUR por hora.

- Encargos variáveis

- Higiene e Segurança no trabalho: de acordo com a Neutroplast, é gasto aproximadamente 1000 EUR anualmente para garantir o cumprimento da lei neste capítulo. Assim sendo, a contribuição deste valor é de 0.53 EUR por hora.

- Formação profissional: de acordo com a empresa, para garantir que cumpre a obrigatoriedade de fornecer 35 horas anuais de formação profissional, a empresa contrata serviços no valor de 350 EUR (assumindo um custo de 10 EUR por hora). Assim, a contribuição é igual a 0.19 EUR por hora.

O somatório dos encargos variáveis é 0.72 EUR por hora.

Analisadas as três parcelas que compõem o valor do custo de cada trabalhador, por hora de trabalho, obtém-se o valor de 6.69 EUR.

Por fim, uma vez que já se obteve o aumento de disponibilidade de cada colaborador em 5.4, calcula-se o impacto financeiro do aumento da disponibilidade dos trabalhadores. Assim,

$$\text{Impacto Financeiro} = 6.69 \text{ EUR} \times 442 = 2957 \text{ EUR}$$

## 5.6. Conclusões do capítulo

Neste capítulo procedeu-se à análise do impacto das melhorias propostas no Capítulo 4. Esta análise foi feita em dois momentos: em primeiro lugar, faz-se uma proposta de mapeamento de processos que engloba as operações que foram alvo de melhoria (VSM – Estado Futuro); depois, foi quantificado o impacto segundo várias perspetivas: tempo de operação, distância percorrida pelos operadores, aumento da disponibilidade dos operadores e impacto financeiro.

O objetivo deste capítulo foi conseguido, uma vez que se fez uma proposta de mapeamento do processo que é mais ágil e mais eficiente. Para além disso, conseguiu-se quantificar o impacto das ações preconizadas sob várias perspetivas.

## 6. CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo analisar a linha de produção, perceber onde é que o processo é ineficiente e sugerir melhorias que melhorem a eficiência do sistema. Para isso, utilizou-se como base um caso de estudo no qual se faz uma descrição sucinta dos problemas encontrados no processo e é proposta uma base para análise.

O trabalho desenvolvido começou com uma revisão da literatura que pudesse ser relevante para o desenvolvimento do caso de estudo. Foi recolhida informação sobre o “Pensamento *Lean*”, o conceito de produção *Just-in-Time* e algumas Ferramentas *Lean* como o VSM e o SMED. Foram analisados ainda vários casos de estudo que tiveram problemas semelhantes, onde foram solucionados problemas semelhantes ao caso de estudo. Desta análise retirou-se três conclusões:

- Caso o tempo de operação após aplicação do SMED não seja inferior a 10 minutos, isso não significa que a metodologia não tenha sido aplicada com sucesso. Conforme estudado em Kays e Kara (2007), o mais importante é obter uma redução significativa. A otimização é feita em iterações posteriores da metodologia;
- Uma das maiores dificuldades é o envolvimento dos operadores na adoção de novos procedimentos. Este envolvimento é fundamental para o sucesso da implementação da metodologia, sendo este um desafio que os gestores das fábricas têm de superar se procuram melhorar a eficiência das suas operações;
- A utilização de sistemas com CNC traz grandes vantagens e elevadas poupanças financeiras, conforme visto no caso de estudo analisado por Timasani et al (2011). No entanto, os custos financeiros inerentes à substituição do atual parque produtivo são muito elevados. Para se adotar este novo tipo de sistemas, é necessário fazer um planeamento faseado e que mitigue o impacto financeiro inicial que o sistema terá.

Feita a revisão da literatura, desenvolveu-se um mapeamento dos processos e criou-se um VSM do Estado Atual. Após este mapeamento, confirmou-se que é na mudança de molde que se situa o principal alvo de melhoria. Como tal, decidiu-se aplicar a metodologia SMED tal como estudado anteriormente na revisão de literatura.

A aplicação do SMED começou com uma Etapa Preliminar, onde se fez um levantamento de todos os elementos deste processo de mudança de moldes. De seguida fez-se a separação entre operações internas e externas, com o objetivo de perceber quanto tempo do processo era gasto em operações que estavam a ser feitas enquanto a máquina estava desnecessariamente em funcionamento. Assim, a Primeira Etapa de aplicação do SMED mostrou que 18% do tempo estava a ser gasto desnecessariamente.

A etapa seguinte tem dois principais objetivos: analisar as operações internas para estudar se seria viável convertê-las em externas e ainda reavaliar se a sua classificação estava correta. Como não

havia operações internas passíveis de ser convertidas e a classificação foi bem-feita inicialmente, deu-se por concluída esta etapa e iniciou-se a terceira e última fase de aplicação do SMED.

Nesta última etapa procedeu-se à otimização das operações internas do processo, procedeu-se à utilização de ferramentas diferentes. Após análise, há duas ferramentas que podem contribuir para a otimização do tempo de algumas operações: os multi-acopladores, que facilitam a ligação dos tubos de refrigeração e de aquecimento ao molde, e o sistema de fixação magnético, que permite de forma fácil ajustar o posicionamento do molde aquando a sua substituição.

Como resultado da aplicação do SMED, obteve-se um processo com a duração de 28:55 minutos. Feita a análise das oportunidades de melhoria, procedeu-se à análise do impacto desta melhoria na empresa:

- Da comparação entre os VSM – Estado Atual e Estado Futuro (proposta deste trabalho) do processo de produção da Neutroplast, concluiu-se que a alteração do processo de mudança de molde permite uma redução de 2.2% no tempo de produção. Adicionalmente, o VSM do Estado Futuro deu informações importantes sobre o futuro do processo, antevendo que o principal ponto de melhoramento, após implementação das sugestões de melhoria, é o tempo que decorre entre o momento em que a matéria-prima é recebida e quando esta começa a ser utilizada.
- Em relação à análise ao impacto no tempo de operação, foi feita uma comparação com a situação inicial. Assim, a implementação das sugestões presentes neste trabalho leva a um processo com a duração aproximada de 28:55 minutos, o que corresponde a uma redução de 71% em relação ao valor inicialmente determinado.
- Na distância percorrida pelos operadores, verificou-se que no cenário atual percorrem aproximadamente 737 passos, o equivalente a 562 metros. Após esta sugestão de melhoria, estima-se que a distância seja reduzida para um valor entre os 225 e os 309 metros.
- As várias soluções propostas também têm um impacto na disponibilidade dos trabalhadores. Estima-se que mensalmente cada colaborador desperdice 7.6% do seu tempo disponível em operações que são feitas quando a produção está parada desnecessariamente. Isto traduz-se em 13.4 horas por cada colaborador, o que se traduz numa poupança estimada superior a 442 horas tendo em conta os três operadores envolvidos no processo. Este é um dado muito importante e que pode ter um enorme impacto nas operações da fábrica, uma vez que se o tempo despendido nestas operações for menor há maior disponibilidade para a concretização de outras tarefas.
- Por fim, foi feita uma análise ao impacto financeiro tendo em conta o aumento de disponibilidade dos trabalhadores decorrente das análises feitas anteriormente. Partindo de alguns pressupostos financeiros e após um levantamento dos custos que a empresa tem com cada trabalhador, foi possível estimar uma poupança de 2957 EUR por ano. É

importante poder quantificar em termos financeiros o impacto da solução de melhoria uma que caso a Direção da empresa queira implementar as alterações sugeridas já tem alguns dados financeiros que lhe permite quando é que terá o retorno do investimento.

A análise realizada ao longo deste estudo forneceu à empresa mais uma ferramenta que lhe permitirá, caso assim o deseje, fazer uma aposta na melhoria dos seus processos.

## 6.1. Trabalho Futuro

Como pode ser constatado ao longo deste estudo, a aplicação da metodologia SMED ao processo produtivo da Neutroplast requer não só alterações processuais mas também pressupõe a adoção de novos comportamentos por parte dos colaboradores.

Por este ser o primeiro estudo aprofundado do processo produtivo da Neutroplast, e dado o enorme desafio que a empresa e a indústria têm pela frente, este trabalho deve servir como ponto de partida para outros estudos e análises. Destacam-se três estudos que poderão surgir a partir deste trabalho:

- Implementar e comparar os resultados obtidos experimentalmente

O processo e as alterações sugeridas neste trabalho são teóricos e foram baseados não só em diversos casos de estudo existente na literatura, mas também na experiência adquirida ao longo do estágio realizado. Assim, sugere-se a implementação das alterações sugeridas e a comparação entre os resultados obtidos experimentalmente e os que são esperados obter através deste estudo. Este trabalho traria duas principais vantagens: por um lado, a obtenção dos benefícios inerentes à melhoria das suas operações e, por outro, permitiria o aumento do conhecimento do processo produtivo da Neutroplast, o que poderia levar ao desenvolvimento de diferentes soluções que aumentariam a eficiência do processo produtivo. Relembrar que a metodologia SMED é uma metodologia *Lean* e na sua base está a melhoria contínua.

- Estudar a implementação de máquinas CNC

Foi analisado através dum caso de estudo as melhorias decorrentes da aplicação da metodologia SMED a um sistema produtivo composto por máquinas CNC. Chegou-se igualmente à conclusão que, apesar dos benefícios financeiros que esta solução apresenta, para a realidade atual essa não é uma opção viável para a Neutroplast. No entanto, sugere-se que seja feito um estudo aprofundado da viabilidade económico-financeira desta solução, com a respetiva relação custo-benefício, de modo a que a Direção da empresa possa estudar a implementação destas máquinas a médio-longo prazo.

- Estudo do impacto do fator humano nas operações

Deste estudo conclui-se ainda que na maioria dos casos de estudo presentes na literatura não é tido em conta a eficiência dos colaboradores. O fator humano, ou seja, a capacidade de os trabalhadores executarem as suas tarefas de acordo com o planeado, varia diariamente e de colaborador para

colaborador. Para além disso, pode ainda depender das condições biológicas de cada colaborador. Várias análises foram feitas a relativamente a este assunto, podendo consultar-se McIntosh, Culley, Gest, Mileham e Owen (1996) e Goubergen (2002) para mais informações.

Assim, sugere-se que seja feita um estudo à capacidade de os colaboradores executarem as tarefas. Este estudo teria como principal resultado um fator de eficiência que deveria ser incluído no cálculo dos tempos previstos para cada tarefa e na definição das tarefas a executar. Este estudo não deveria ser exclusivo da Neutroplast; no entanto, para seu próprio benefício, sugere-se esta análise aquando a implementação do SMED para avaliar os resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

All4pack (2015). Packaging: Market and Challenges in 2016. Retirado de <https://www.all4pack.com/content/location/136757.pdf> no dia 19 de maio de 2017 às 10 horas e 21 minutos.

Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 66(2), 461-469. doi:10.1016/j.cie.2013.07.011

Baykoç, Ö F., & Erol, S. (1998). Simulation modelling and analysis of a JIT production system. *International Journal of Production Economics*, 55(2), 203-212. doi:10.1016/s0925-5273(98)00061-9

Cakmakci, M. (2008). Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 168-179. doi:10.1007/s00170-008-1434-4

Chowdary, B. V., & George, D. (2011). Improvement of manufacturing operations at a pharmaceutical company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(1), 56-75. doi:10.1108/17410381211196285

Claycomb, C., Germain, R., & Dröge, C. (1999). Total system JIT outcomes: Inventory, organization and financial effects. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 29(10), 612-630. doi:10.1108/09600039910299940

Conejo, Carlos (2011). Single Minute Exchange of Dies: Set Up Reduction, Change-over Reduction Leads to \$13 million in Potential New Revenue. Retirado de <http://www.theacagroup.com/single-minute-exchange-of-dies/> no dia 31 de janeiro de 2017 às 15 horas e 35 minutos.

Costa, E., Bragança, S., Sousa, R., & Alves, A. (2013a). Benefits from a SMED Application in a Punching Machine. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 7(5), 379–385.

Costa, E., Sousa, R., Bragança, S. & Alves, A. (2013b). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. In *Proceedings of 4<sup>th</sup> International Conference on Integrity, Reliability and Failure (IRF 2013)*. Funchal, Portugal.

EAS (2007). Quick mould change, pp. 26-29, retirado de [http://www.ekoform.fi/\\_downloads/\\_eas/QMC.pdf](http://www.ekoform.fi/_downloads/_eas/QMC.pdf) no dia 10 de abril às 17 horas e 50 minutos.

Eatock, J., Dixon, D., & Young, T. (2009). An exploratory survey of current practice in the medical device industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(2), 218-234. doi:10.1108/17410380910929637

- Ernst, H. (1997). The Use of Patent Data for Technological Forecasting: The Diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry. *Small Business Economics*, 9, 361-387.
- Fullerton, R. R., & Mcwatters, C. S. (2001). The production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management*, 19(1), 81-96. doi:10.1016/s0272-6963(00)00051-6
- Goubergen, D. V., & Landeghem, H. V. (2002). Reducing setup times of manufacturing lines, *In Proceeding of International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Dresden, Germany.
- Goubergen, D. V., & Landeghem, H. V. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 205-214. doi:10.1016/s0736-5845(02)00011-x
- Goyal, A., Gibbs, T. & Heywood, S. (2012). *Getting ruthless with your processes*. Retirado de [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/client\\_service/Organization/PDFs/Getting\\_ruthless\\_with\\_your\\_processes.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/client_service/Organization/PDFs/Getting_ruthless_with_your_processes.ashx)
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 15(3/4), 404. doi:10.1504/ijmtm.2008.020176
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46-64. doi:10.1108/01443579710157989
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. doi:10.1016/j.jom.2006.04.001
- Kayis, B., & Kara, S. (2007). Set-Up Reduction in Injection Molding Process – A Case Study in Packaging Industry, *Proceedings from 4<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Design and Production of MACHINES and DIES/MOLDS* (pp 21–23). Cesme, Turkey
- Kumar, C. (2013). Set up Reduction - A perfect way for productivity improvement of computer numerical control (CNC) set up in manufacturing company. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 5(8), 166-170. doi:10.5897/jmer12.003
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Manos, T. (2006). Value Stream Mapping - An introduction. *Quality Progress*, 6, 64-69.
- Mastroianni, R., & Abdelhamid, T. (2003). The Challenge: The Impetus for Change to Lean Project Delivery. *Proceedings of the 11th Annual Conference for Lean Construction*. Virginia, USA

- McIntosh, R., Culley, S., Gest, G., Mileham, A., & Owen, G. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(9), 5–22.
- Mcintosh, R., Culley, S., Mileham, A., & Owen, G. (2001). Changeover improvement: A maintenance perspective. *International Journal of Production Economics*, 73(2), 153-163. doi:10.1016/s0925-5273(00)00170-5
- Mehra, S., & Inman, R. A. (1992). Determining the Critical Elements of Just-In-Time Implementation. *Decision Sciences*, 23(1), 160-174. doi:10.1111/j.1540-5915.1992.tb00382.x
- Melton, T. (2005). What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6), 662–673. doi: 10.1205/cherd.04351
- Monden, Y. (2015). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Boca Raton: CRC Press.
- Naukowe, Z., Cierniak-emerych, A., & Dziuba, S. T. (2017). The attempt to reduce changeover time using the SMED method in the production enterprise X. *Quality Production Improvement*, 1(6), 125–133.
- Neumann, C. S., & Ribeiro, J. L. (2004). Desenvolvimento de fornecedores: Um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. *Production*, 14(1), 44-53. doi:10.1590/s0103-65132004000100005
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press.
- Packaging Machinery Manufacturers Institute (2015). Global Packaging Landscape: Growth, Trends & Innovations. Retirado de <http://www.pmmi.org/files/ResearchandTrends/Industry/Global-Packaging-Trends-ES.pdf> no dia 22 de maio de 2017 às 17 horas e 36 minutos.
- Ribeiro, D., Braga, F., Sousa, R., & Carmo-Silva, S. (2011). An application of the smed methodology in an electric power controls company. *Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics*, 40, 115–122.
- Rosnah, M. Y., & Othman, A. (2012). Lean Manufacturing Implementation in a Plastic Molding Industry. *KMUTNB: International Journal of Applied Science and Technology*, 5(4), 43–52.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED System*. Cambridge: Productivity Press.
- Shingo, S. (1988). *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement*. Cambridge: Productivity Press.

Shingo, S. (2000). *Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman.

Stäubli (2017). RMP multi-couplings Hydraulics, pp-2-6, retirado de [http://pdf.directindustry.com/pdf/staebli-connectors/rmp-multi-couplings-hydraulics/7527-409643-\\_5.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/staebli-connectors/rmp-multi-couplings-hydraulics/7527-409643-_5.html) no dia 10 de abril de 2018 às 15 horas e 10 minutos.

Sugai, M., Mcintosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): Análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323-335. doi:10.1590/s0104-530x2007000200010

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564. doi:10.1080/00207547708943149

Taj, S. (2008). Lean manufacturing performance in China: Assessment of 65 manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(2), 217-234. doi:10.1108/17410380810847927

Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value stream management for the lean office: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas*. New York: Productivity Press.

Teichgräber, U. K., & Bucourt, M. D. (2012). Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents. *European Journal of Radiology*, 81(1), 47-52. doi:10.1016/j.ejrad.2010.12.045

Timasani, R., Mahesh, N. S., & Doss, K. (2011). Reducing the set-up time in a CNC machining line using QCO methods. *SASTech Journal*, 10(2), 56-62.

Womack, J. P. & Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organisation*. New York: Simon and Shuster.

Xu, X., & Newman, S. (2006). Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent—a review of the technologies. *Computers in Industry*, 57(2), 141-152. doi:10.1016/j.compind.2005.06.002

## ANEXOS

### ANEXO 1 - EXEMPLO DE RELATÓRIO DE TROCA DE MOLDES

# Relatório de troca de moldes

Data da operação: 11 de Julho de 2017

Operador: Dani

Inspetora de Qualidade: Ana Mendes

Máquina: DEMAG VI

Operação: P17/289 INJ DM COLHER DOSEADORA 2.5ML E 5ML PP CM MARFIM

Hora de início: 10:16h

Hora de fim: 12:05h

Molde a sair: INJEÇÃO COLHER 1.25/2.5/3.75/5

Molde a entrar: INJEÇÃO COLHER 2.5/5

Matéria-prima a sair:

MP PLÁSTICO INJ PP PH HOMO NT, SABIC PCG H19 – 629,75 JG – 98,00%

MP PLÁSTICO MASTERBATCH LDPE PH CM, MB 21565 – 12,85 KG – 2,00%

Matéria-prima a entrar:

MP PLÁSTICO INJ PP PH HOMO NT, ELTEX MED 100-MG25 – 584,80 KG - 100,00%

Descrição detalhada das operações:

Nº Sequência	Operação do <i>setup</i>	Interno / Externo	Tempos (HH:MM:SS)	
			Operação	Acumulado
1	Paragem da máquina		-	0:00:00
2	Ida para material	Externo	0:00:30	0:00:30
3	Retirada Postiço de cima	Interno	0:06:24	0:06:54
4	Retirada Postiço de baixo	Interno	0:05:50	0:12:44
5	Limpeza cavidades	Interno	0:02:36	0:15:20

6	Espera que os bicos aqueçam para retirar parafusos	Interno	0:03:08	0:18:28
7	Desligar temperatura dos bicos	Interno	0:00:15	0:18:43
8	Limpeza dos bicos	Interno	0:02:49	0:21:32
9	Colocação de o-rings	Externo	0:04:41	0:26:13
10	Colocação molde de cima	Interno	0:00:21	0:26:34
11	Apertar parafusos molde de cima	Interno	0:02:19	0:28:53
12	Colocação molde de baixo	Interno	0:00:18	0:29:11
13	Apertar parafusos molde de baixo e ajuste de todos os parafusos do molde	Interno	0:05:09	0:34:20
14	Ida para ferramentas	Externo	0:01:10	0:35:30
15	Apertos adicionais ao molde	Interno/Externo	0:01:05	0:36:35
16	Verificação de fugas	Externo	0:01:45	0:38:20
17	Fim da montagem	Interno	0:00:00	0:38:20
18	Ajuste força fecho	Interno	0:02:30	0:40:50
19	Tempo de espera pelo Water Spider	Externo	0:07:17	0:48:07
20	Injeção em "vazio" para limpar injetor	Interno	0:02:34	0:50:41
21	Remoção de produto "antigo"	Interno	0:02:43	0:53:24
22	Parâmetros novos	Interno	0:02:43	0:56:07
23	Espera por MP	Externo	0:03:44	0:59:51
24	Teste da máquina com MP reciclada	Interno	0:02:34	1:02:25
25	Espera por mais MP	Externo	0:02:37	1:05:02
26	Teste material = "Lixo de Arranque"	Interno	0:10:16	1:15:18
27	Início de produção para Qualidade	Interno	0:03:43	1:19:01
28	Paragem para limpar cavidades	Externo	0:00:20	1:19:21
29	Ida para Qualidade	Interno	0:00:30	1:19:51
30	Análise de Qualidade	Interno	0:05:00	1:24:51
31	Espera por pigmentação certa *	Interno/Externo	0:30:00	1:54:51
32	Início de produção		-	1:54:51

\* Segundo informação dada pelo Departamento de Qualidade, o produto foi aprovado no entanto seria necessário aguardar mais 30 minutos pela pigmentação correta. Para efeitos de análise, considerou-se o produto "bom" após este tempo de espera.

Notas Adicionais:

Houve dois momentos de espera por Matéria-Prima para testar a máquina, com material reciclado. Estes momentos totalizaram 6 minutos e 21 segundos. Deduzo que este teste seja necessário uma vez que se mudou a pigmentação da produção, mas estas operações de espera considere operações externas uma vez que a matéria-prima já poderia estar pronta logo assim que o “Water Spider” conclui o seu trabalho.

## ANEXO 2 – Simbologia do VSM

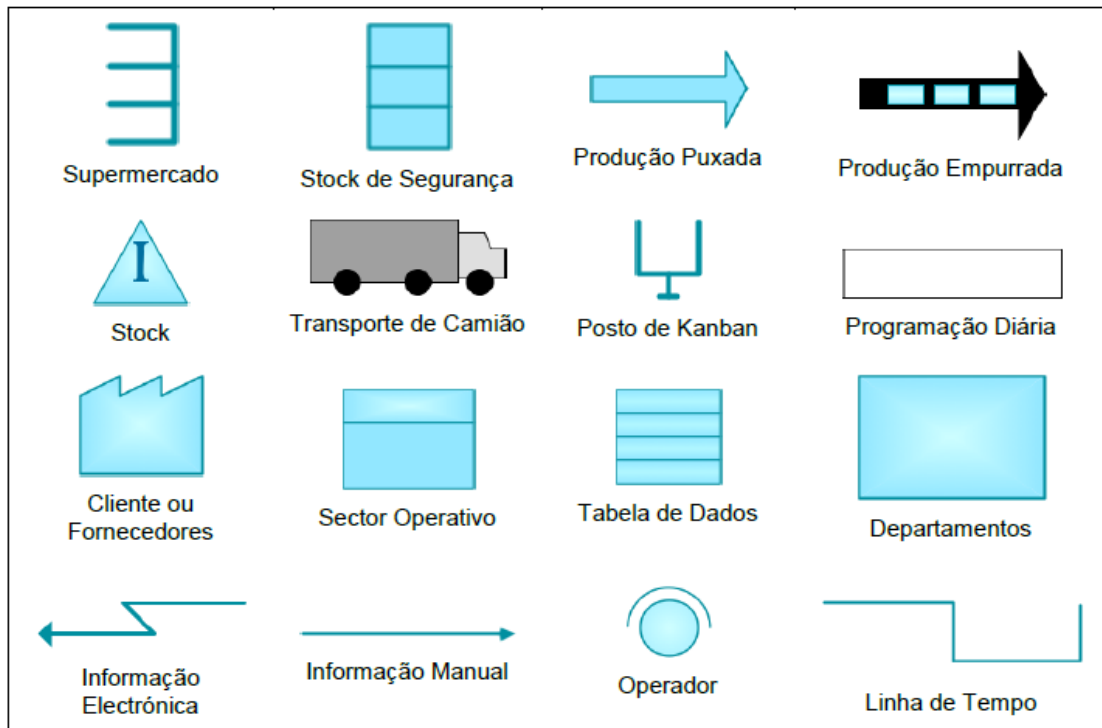


Figura 15 - Simbologia do VSM para o fluxo de informação e materiais