



**CÁTIA DANIELA DO  
REGO FERNANDES**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA A  
REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* DAS MÁQUINAS  
DE INJEÇÃO**





**CÁTIA DANIELA DO  
REGO FERNANDES**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA A  
REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* DAS MÁQUINAS  
DE INJEÇÃO**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel da Silva Oliveira, Professor Assistente Convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.



Dedico este trabalho à minha família.



## **o júri**

Presidente

**Prof. Doutora Marlene Paula Castro Amorim**  
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

**Mestre Miguel da Silva Oliveira**  
Assistente Convidado da Universidade de Aveiro





## **agradecimentos**

Agradeço à OLI pela oportunidade de realizar o estágio curricular que contribuiu imenso para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Engenheiro Manuel Gomes pelo seu profissionalismo, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência, pela sua contribuição para este projeto e acima de tudo por acreditar nas minhas capacidades e me incentivar a crescer cada vez mais como profissional.

Ao Engenheiro Sérgio Domingues, ao Engenheiro Luís Sousa, a todo o Departamento de Injeção em particular e a todos os colaboradores da OLI pela ajuda e contribuição para o projeto.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, o Professor Miguel da Silva Oliveira pelo apoio e orientação na elaboração deste projeto.

A todos os meus amigos por estarem sempre presentes e pela motivação e apoio ao longo desta etapa.

À minha família, em especial aos meus pais pelas oportunidades que me proporcionaram e pelos sacrifícios que me permitiram chegar até aqui.



**palavras-chave**

*Single Minute Exchange of Die (SMED)*, *Setup*, Mudança de Molde, Pensamento *Lean*, Injeção de Plástico.

**resumo**

O presente projeto foi realizado na OLI – Sistemas Sanitários, S.A. sendo o seu principal objetivo a redução do tempo de mudança de molde nas máquinas de injeção automáticas da empresa através da aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die (SMED)*. Por outro lado, o projeto também teve como objetivos o aumento da disponibilidade do técnico de injeção e a redução da percentagem de paragens por declarar.

De modo a atingir os objetivos propostos, foi realizada a revisão da literatura centrada no tema SMED aliada a conceitos *Lean*. Posteriormente foi realizada a análise da situação atual e foi feito um estudo das causas dos problemas existentes. De seguida foram propostas soluções para os mesmos e por último foram implementadas algumas dessas soluções.

As soluções implementadas passaram pela criação de *standards* para a injeção, formação dos operadores acerca da classificação de paragens, movimentação dos moldes inativos de modo a libertar espaço para aproximar os moldes das máquinas onde trabalham, aquisição de ferramentas para os colaboradores, criação de um supermercado de consumíveis e implementação dos 5S's nas zonas de trabalho.

Os resultados comprovaram que as ações implementadas contribuíram para a diminuição do tempo de *setup* médio e conseqüentemente para o aumento da disponibilidade do técnico. Para além disso, a percentagem de paragens por declarar diminuiu de 90% para abaixo de 10%.



**keywords**

Single Minute Exchange of Die (SMED), Setup, Mold Change, Lean Thinking, Plastic Injection.

**abstract**

This project was developed in OLI – Sistemas Sanitários, S.A. and its main objective is the reduction of mold changes in the automatic injection machines of the company by applying the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology. On the other hand, the project also had the objectives of increasing the availability of the injection technician and reducing the percentage of stops to declare.

In order to achieve the proposed objectives, the literature review was performed focusing on the theme SMED combined with Lean concepts. Later, the analysis of the current situation was performed and was made a study of the causes of the existing problems. Then solutions were proposed for them and finally some of these solutions were implemented.

The solutions implemented were the creation of standards for injection, training operators about classification of stops, moving inactive molds in order to free up space to approximate the molds of machines where they work, acquisition of tools for employees, creation of a consumables supermarket and implementation of 5S's in working areas.

The results proved that the implemented actions contributed to the decrease of the average setup time and consequently to the increase of the technician availability. In addition, the percentage of stops to declare has decreased from 90% to below 10%.



# Índice

Índice .....	i
Índice de Figuras .....	iii
Índice de Tabelas .....	v
Índice de Anexos .....	v
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	vii
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivação e Contextualização do Trabalho .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia .....	2
1.4 Estrutura do Documento .....	4
<b>2. Estado da Arte</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Toyota Production System</i> .....	5
2.2 <i>Lean Thinking</i> .....	8
2.2.1 Princípios do <i>Lean Thinking</i> .....	8
2.3 Desperdícios .....	9
2.4 Ferramentas <i>Lean</i> .....	11
2.4.1 <i>Andon</i> .....	12
2.4.2 Gestão Visual .....	12
2.4.3 5S's .....	12
2.4.4 <i>Standard Work</i> .....	14
2.4.5 <i>Kamishibai</i> .....	14
2.4.6 Sistema <i>Kanban</i> .....	15
2.4.7 SMED .....	16
2.4.7.1 A sua Origem .....	16
2.4.7.2 Principais Fases do SMED .....	17
2.4.7.3 Aplicação da Metodologia .....	19
<b>3. Estudo Prático</b> .....	<b>21</b>
3.1 A Empresa .....	21

3.1.1	Apresentação.....	21
3.1.2	O Produto .....	22
3.1.3	Estrutura Organizacional .....	24
3.1.4	Processo Produtivo .....	25
3.1.4.1	Descrição Operacional da Injeção.....	26
3.1.4.2	Processo de Moldagem por Injeção.....	29
3.2	Aplicação da Metodologia SMED.....	32
3.2.1	Análise do Estado Atual .....	34
3.2.2	Definição do Estado Alvo .....	42
3.2.3	Análise de Causas .....	43
3.2.4	Desenho de Soluções.....	44
3.2.5	Teste de Soluções .....	49
3.2.6	Confirmação de Objetivos .....	67
<b>4.</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>71</b>
4.1	Conclusões.....	71
4.2	Trabalho Futuro .....	72
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>73</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>79</b>



## Índice de Figuras

Figura 1: Metodologia Utilizada (Relatório A3) .....	3
Figura 2: Plano e Calendarização do Projeto (Cronograma) .....	4
Figura 3: Casa do TPS (adaptado de Liker, 2004).....	7
Figura 4: Princípios <i>Lean</i> (adaptado de Do, 2017) .....	9
Figura 5: Os 8 desperdícios <i>Lean</i> (adaptado de FlexPro Consultoria Empresarial, n.d.) .....	11
Figura 6: Os 5S's (adaptado de 5S Today, n.d.).....	13
Figura 7: Esquema do Sistema <i>Kanban</i> (Shmula, n.d.) .....	15
Figura 8: Fases da Metodologia SMED e o seu Impacto (adaptado de Lopes, Freitas, & Sousa, 2015) .....	18
Figura 9: Vista Aérea da OLI .....	21
Figura 10: Autoclismo Exterior .....	22
Figura 11: Autoclismo Interior.....	22
Figura 12: Placas de Comando .....	22
Figura 13: Mecanismos de Descarga .....	22
Figura 14: Módulo Sanitário .....	22
Figura 15: Organigrama Departamental da Empresa .....	24
Figura 16: Fluxo Produtivo .....	25
Figura 17: <i>Layout</i> da Fábrica da OLI .....	26
Figura 18: <i>Layout</i> da Zona de Injeção.....	27
Figura 19: Estrutura das Equipas da Injeção.....	28
Figura 20: Máquina de Injeção de Plástico TOYO (MIP 126) .....	30
Figura 21: Elementos que Constituem a Máquina de Injeção (Groover, 2010) .....	30
Figura 22: Elementos Constituintes do Molde de Injeção (Groover, 2010).....	31
Figura 23: Principais Etapas do Processo de <i>Setup</i> (Estado Atual) .....	37
Figura 24: Duração Média do <i>Setup</i> por Categoria de Máquinas .....	39
Figura 25: Duração Média do <i>Setup</i> das Máquinas Críticas.....	40
Figura 26: Percentagem de Paragens (Análise Tempo) .....	41
Figura 27: Percentagem de Paragens (Análise Ocorrências) .....	41
Figura 28: Matriz Custo-Benefício .....	48

Figura 29: Bancada do Setor 2.....	49
Figura 30: <i>Andon</i> da MIP 59 e MIP 60 .....	50
Figura 31: Quadro <i>Kamishibai</i> da Injeção .....	52
Figura 32: Passadeira da MIP 119.....	54
Figura 33: Estantes de Moldes .....	54
Figura 34: Posições de Entrada e Saída do Molde .....	55
Figura 35: Painel de Ferramentas Setor 4 (Antes) .....	57
Figura 36: Painel de Ferramentas Setor 4 (Depois) .....	57
Figura 37: Ferramentas das MIP 50 e MIP 123.....	57
Figura 38: Pote de Sopro de Água (Antes).....	58
Figura 39: Pote de Sopro de Água (Depois).....	58
Figura 40: Supermercado de Consumíveis (Antes).....	59
Figura 41: Supermercado de Consumíveis (Depois) .....	59
Figura 42: Carro de Ferramentas (Antes) .....	61
Figura 43: Carro de Ferramentas (Depois) .....	61
Figura 44: Suporte de Mãos Robot (Antes) .....	61
Figura 45: Suporte de Mãos <i>Robot X</i> .....	62
Figura 46: Suporte de Mãos <i>Robot Y</i> .....	62
Figura 47: Suporte de Mãos <i>Robot Z</i> .....	63
Figura 48: Norma de Programação de Termorregulador TOOL-TEMP .....	64
Figura 49: Torneira sem Identificação .....	64
Figura 50: Torneiras com Identificação .....	64
Figura 51: Evolução do Valor do <i>Setup</i> Médio.....	67
Figura 52: Análise das OTs Criadas para Moldes .....	68
Figura 53: Evolução da Percentagem de Paragens por Declarar .....	69
Figura 54: Análise das Causas de Paragens das Máquinas Automáticas .....	70

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Lista de Máquinas de Injeção Automáticas.....	32
Tabela 2: Tarefas da Realização do <i>Setup</i> .....	34
Tabela 3: Lista de Máquinas por Categoria .....	38
Tabela 4: Lista de Problemas Identificados .....	43
Tabela 5: Lista de Soluções.....	45
Tabela 6: Tópicos a Auditar .....	53
Tabela 7: Secção da Matriz Máquinas vs. Consumíveis.....	56
Tabela 8: Exemplos da Lista de Consumíveis.....	60
Tabela 9: Oportunidades de Melhoria Identificadas no Acompanhamento.....	66

## Índice de Anexos

Anexo 1: Programa Diário de Mudança de Moldes.....	79
Anexo 2: <i>Standard</i> de Classificação de Paragens.....	80
Anexo 3: <i>Standard</i> de Operação – Operador .....	81
Anexo 4: <i>Standard</i> de Operação – Técnico.....	82
Anexo 5: <i>Standard</i> Pausa para Refeição.....	83
Anexo 6: <i>Standard</i> Cadeia de Ajuda .....	84
Anexo 7: <i>Standard Kamishibai</i> Injeção .....	86
Anexo 8: <i>Standard</i> Procedimento Consumíveis .....	87
Anexo 9: <i>Standard</i> de Acompanhamento .....	88
Anexo 10: <i>Standard</i> de Mudança de Molde.....	89
Anexo 11: Relatório A3 do Projeto .....	90



## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos**

5S's – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

AZIA – Armazém da Zona Industrial de Aveiro

DIN – Departamento de Injeção

DK – *Daily Kaizen*

FIC – Ficha de Inspeção em Curso

FVA – Ficha de Validação de Arranque

GFM – Guia de Funcionamento de Molde

IT – Instrução de Trabalho

JIT – *Just-In-Time*

MIP – Máquina de Injeção de Plástico

MP – Matéria-Prima

NC – Não Conformes

OF – Ordem de Fabrico

OPL – *One Point Lesson*

OT – Ordem de Trabalho

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

RFID – *Radio Frequency Identification*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPS – *Toyota Production System*



## **1. Introdução**

Ao longo deste capítulo inicial será realizado um enquadramento deste trabalho e serão descritas as principais motivações do mesmo. Para além disso, serão especificados os objetivos do projeto desenvolvido no Departamento de Injeção (DIN), assim como a metodologia a utilizar. Por último, será ainda apresentada a estrutura do documento.

### **1.1 Motivação e Contextualização do Trabalho**

A maioria das pessoas utiliza produtos em plástico no seu dia-a-dia, tais como garrafas de água, brinquedos e até mesmo telemóveis. De facto, este tipo de produtos apresenta diversas vantagens: são leves, possuem uma elevada rigidez, são fáceis de produzir e têm uma elevada produtividade (Kitayama & Natsume, 2014). Por outro lado, os produtos em plástico têm sido alvo de uma elevada polémica devido ao seu impacto na poluição do meio ambiente em geral, mas principalmente nos oceanos. Por esta razão, a preocupação com a reciclagem destes produtos também tem vindo a aumentar cada vez mais de forma a minimizar este impacto.

A moldagem por injeção está entre as tecnologias mais utilizadas na produção de componentes em plástico e com os níveis mais elevados de produtividade (Kitayama, Yamazaki, Takano, & Aiba, 2018). As máquinas de moldagem por injeção utilizadas para produzir os produtos em plástico são compostas por três componentes essenciais: a unidade de fixação, a unidade de injeção e a unidade de controlo. A unidade de fixação é a zona onde é colocado o molde, a unidade de injeção é responsável pela alimentação e fusão do polímero a uma temperatura específica de modo a injetar o material no molde para atingir a forma desejada, e a unidade de controlo é o local onde são definidos os parâmetros do processo. Para além disso, são necessários equipamentos periféricos como a tremonha, a estufa, um termorregulador e uma unidade responsável por controlar a temperatura do molde (Rajemi & Mohd, 2015).

A moldagem por injeção é composta por cinco etapas principais: o fecho do molde, a injeção de plástico, o arrefecimento, a abertura do molde e a extração. Inicialmente o material plástico é alimentado em forma de grânulos através da tremonha. Esses grânulos são então fundidos e o material é transportado através de um parafuso rotativo até que o polímero é injetado na cavidade do molde. Após o enchimento da cavidade, o molde é arrefecido de modo a solidificar a peça plástica. Por fim, a peça é extraída através da abertura do molde e este processo repete-se de modo a produzir mais peças idênticas (Müller, Schillig, Stock, & Schmeiler, 2014).

A primeira máquina de injeção surgiu em 1872, tendo sido patenteada por John Wesley Hyatt e pelo seu irmão. Posteriormente, a indústria foi progredindo lentamente ao longo dos anos até que em 1946 foi inventada a primeira máquina de injeção de parafuso de extrusão, o que permite um maior controlo sobre a velocidade de injeção, e consequentemente uma maior qualidade das peças injetadas. Mais tarde, em 1985, uma empresa japonesa produziu a primeira máquina de injeção totalmente elétrica (Bryce, 1996). Desde então, as indústrias que se focam na injeção de plástico têm sofrido uma grande evolução ao longo dos anos. De modo a se tornarem mais competitivas no mercado, estas empresas têm cada vez mais uma maior preocupação com a inovação, diversificando os seus produtos e oferecendo aos seus clientes o melhor ao melhor preço.

Desta forma, surge uma necessidade constante de reduzir os custos de produção e de implementar medidas que agilizem todo o processo.

O projeto que aqui se apresenta baseia-se no trabalho desenvolvido ao longo de 8 meses na empresa OLI – Sistemas Sanitários S.A., integrando o Departamento de Injeção. A OLI tem como principal atividade a conceção, industrialização, produção e comercialização de autoclismos e mecanismos para a indústria cerâmica. No DIN, a principal atividade está relacionada com a injeção de peças em plástico. Uma vez que a empresa oferece uma vasta gama de produtos ao cliente, tem de momento 1245 moldes ativos, o que obriga a um grande esforço ao nível de mudanças de molde de forma a garantir as necessidades dos diversos clientes. Assim, surge a necessidade de aplicar a metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED) com vista a reduzir o tempo de *setup*, permitindo realizar diariamente mais trocas de molde.

## **1.2 Objetivos**

O presente projeto tem como principal objetivo a redução do tempo de *setup* das máquinas de injeção automáticas em 20% face à duração atual. Esta necessidade advém do facto da mudança de molde ser uma operação que exige a paragem das máquinas. Nesse sentido, é essencial que a troca de molde seja realizada no menor tempo possível, reduzindo o tempo de paragem das máquinas e conseqüentemente aumentando o tempo de produção.

Por outro lado, este projeto tem como finalidade o aumento da disponibilidade dos técnicos de injeção. Para efetuar uma mudança de molde operam em simultâneo um operador e um técnico, sendo que o último mencionado é também responsável por realizar outras tarefas de elevada importância, tais como a resolução de problemas de máquinas que estejam em alarme e a manutenção de outros equipamentos. Assim, como consequência da diminuição do tempo de *setup* espera-se o aumento da disponibilidade do técnico para realizar as tarefas referidas.

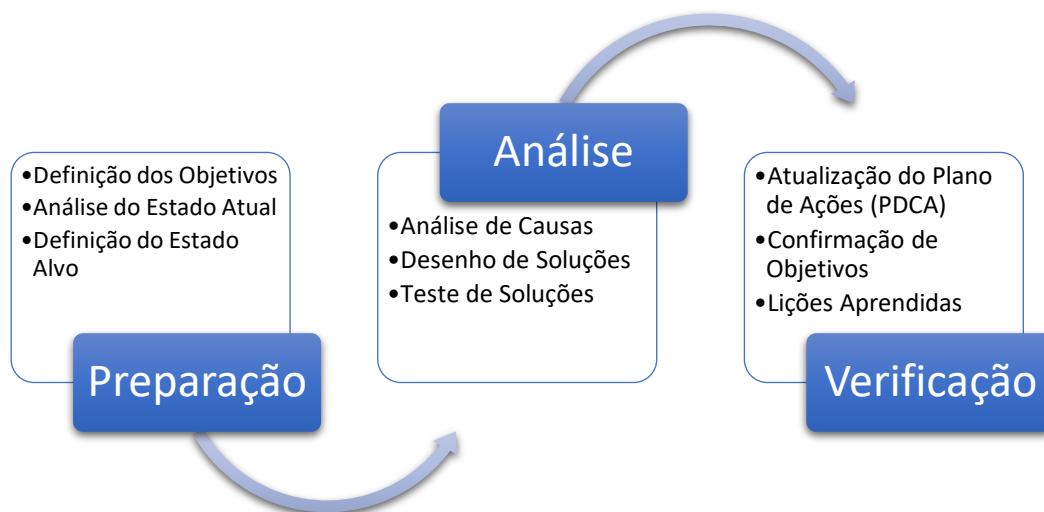
O terceiro e último objetivo do projeto consiste em garantir uma correta caracterização das paragens das máquinas que ocorram ao longo da produção, atingindo o valor de 90% das paragens declaradas. A falta de caracterização das paragens foi uma lacuna encontrada na secção da injeção pois sem isso não é possível perceber as causas que levam à ocorrência das paragens. Deste modo, é crucial encontrar um método que permita aos colaboradores da injeção registarem no sistema de produção a causa de cada paragem detetada, facilitando a comunicação em tempo real. A existência deste método facilitaria a realização de análises que permitam perceber as causas raiz para posteriormente agir sobre as mesmas.

## **1.3 Metodologia**

Numa fase inicial foi realizada a revisão da literatura para obter um nível de conhecimento elevado sobre os conceitos *Lean*, da metodologia SMED e do trabalho já desenvolvido por outros autores englobando esta filosofia. Em simultâneo com a aquisição de conhecimento teórico, procedeu-se à análise do funcionamento do processo de mudança de molde a fim de adquirir um conhecimento detalhado do processo. A obtenção deste conhecimento é fundamental para permitir avançar para a fase seguinte que consiste em identificar possíveis melhorias a implementar, utilizando a metodologia SMED.



Em seguida, em conjunto com elementos do Departamento de Injeção, do Departamento de Melhoria Contínua, do Departamento de Manutenção Industrial e um consultor externo do KAIZEN Institute, foram realizadas *workshops* semanais onde foram definidas as principais ações a realizar para atingir os objetivos propostos inicialmente. As sessões de *workshop* seguiram o método do relatório A3 que é uma ferramenta que permite organizar informações de uma forma estruturada e resumida e tem como principal objetivo a resolução de problemas. Desta forma, em primeiro lugar é necessária a realização de uma preparação definindo os objetivos, analisando o estado atual e definindo o estado que se pretende atingir. De seguida, com vista a identificar oportunidades de melhoria, foram analisados os desvios e as suas respetivas causas, foi realizado um desenho de soluções para os problemas identificados e foram testadas estas mesmas soluções. Foi nesta fase que se utilizou a metodologia SMED para propor medidas com vista a reduzir o tempo de *setup* das máquinas de injeção. Por fim, na fase de verificação, foi realizada a confirmação do cumprimento dos objetivos e das lições aprendidas e ao longo do desenvolvimento do projeto o plano de ações foi atualizado constantemente. Este plano de ações foi realizado com base no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) que é um método que permite organizar os processos. Na Figura 1 é possível visualizar um esquema da metodologia utilizada.



**Figura 1: Metodologia Utilizada (Relatório A3)**

Por último, foi realizado um relatório contemplando o trabalho desenvolvido ao longo do projeto e os respetivos resultados obtidos.

Na Figura 2 é possível visualizar o plano e calendarização do projeto (cronograma), onde as letras correspondem às designações apresentadas abaixo:

- A** - Integração e conhecimento da empresa
- B** - Fundamentos teóricos
- C** - Recolha e tratamento de dados
- D** - Análise de dados
- E** - Implementação de ferramentas e metodologias
- F** - Avaliação das ferramentas e metodologias implementadas
- G** - Redação do relatório de projeto

Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	(mês)
A	A								
	B	B	B	B					
		C	C						
			D	D					
				E	E	E			
					F	F	F		
	G	G	G	G	G	G	G	G	

Figura 2: Plano e Calendarização do Projeto (Cronograma)

#### 1.4 Estrutura do Documento

O presente relatório encontra-se subdividido em quatro capítulos, iniciando-se por uma breve introdução, onde é feita uma contextualização do trabalho, a definição dos objetivos e a explicação da metodologia a utilizar.

No segundo capítulo, é abordada a história do *Toyota Production System* (TPS), a filosofia *Lean* e algumas das suas ferramentas, explicando em maior detalhe a metodologia SMED pois é esta a ferramenta base do projeto. Em relação à metodologia SMED, é realizado um estudo mais aprofundado dos seus conceitos com o intuito de compreender o caso prático elaborado posteriormente.

Posteriormente, no terceiro capítulo é realizada a apresentação da empresa e é exposto o estudo realizado e os resultados obtidos a partir do mesmo.

Por último, são apresentadas as principais conclusões retiradas a partir da elaboração do projeto e são expostas propostas de trabalho futuro.

## 2. Estado da Arte

Este capítulo encontra-se dividido em quatro tópicos principais e tem como objetivo apresentar a revisão de literatura realizada sobre as temáticas relacionadas com o trabalho desenvolvido. No primeiro ponto é apresentada a origem e a história do *Toyota Production System*. Em segundo lugar, é apresentada a filosofia *Lean Thinking* e os seus princípios. No terceiro tópico são abordados os oito tipos de desperdícios do *Lean*. Por último, são abordadas as diferentes ferramentas da metodologia *Lean*, onde será destacada a metodologia SMED, descrevendo a sua origem, evolução e aplicação.

### 2.1 *Toyota Production System*

A história do *Toyota Production System* começou com Sakichi Toyoda, um inventor que iniciou o seu negócio construindo teares de madeira e mais tarde conseguiu desenvolver máquinas mais baratas, mas que funcionavam melhor do que as já existentes. No entanto, na época, a tecelagem era um trabalho que exigia bastante esforço e no sentido de o diminuir, Sakichi criou teares de madeira acionados por energia, o que demonstrou um grande avanço na tecnologia dos teares. Em 1926, ele criou a Toyoda Automatic Loom Works, a maior empresa do grupo. Para além das invenções já referidas, Sakichi Toyoda desenvolveu um tear automático a vapor que conseguia detetar a ocorrência de um fio partido e parava a produção automaticamente, o que proporcionou grandes melhorias na qualidade e permitiu libertar os funcionários para a realização de atividades de valor acrescentado. Este avanço deu origem ao conceito *Jidoka* que se tornou um dos grandes pilares do TPS e posteriormente foi implementado em todas as operações da Toyota (Liker, 2004).

O *Toyota Production System* é um sistema de produção que foi desenvolvido pela Toyota Motor Corporation com o objetivo de garantir a qualidade, ao menor custo e com o *lead time* mais reduzido através da eliminação de desperdícios. Mais tarde, Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda, construiu a Toyota Automotive Company tendo por base a filosofia do seu pai, mas desenvolvendo também as suas próprias inovações. Enquanto que Sakichi Toyoda foi o responsável pela criação do pilar *Jidoka* do TPS, o segundo pilar foi desenvolvido por Kiichiro Toyoda na década de 1930. Este segundo pilar é designado por *Just-In-Time* (JIT) e tem como objetivo produzir e entregar produtos em pequenas quantidades, com prazos de entrega curtos, atendendo às necessidades do cliente. A principal vantagem do JIT é o facto de permitir a adaptação da produção às constantes mudanças na procura, que era exatamente o que a Toyota necessitava (Liker, 2004). Para implementar o JIT utilizou-se o sistema *kanban*. Neste sistema são utilizados cartões designados por *kanbans* que contêm a informação do tipo de produto e da quantidade necessária. Assim, sempre que necessário, o *kanban* é enviado dos operadores do processo em questão para os operadores do processo anterior. Desta forma, através da conexão dos processos entre si, é possível controlar as quantidades necessárias de cada tipo de produto (Monden, 1994).

Ainda em 1930, os líderes da Toyota visitaram a Ford Motor Company e a General Motors para perceber melhor como é que funcionava o seu processo de produção em massa (Liker, 2004). Após a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos reduziram os custos da produção em massa, produzindo menos tipos de carros em enormes quantidades. Este era o método de trabalho americano, contudo os japoneses não concordavam sendo que o seu principal problema era perceber como poderiam reduzir custos produzindo pequenas quantidades de diferentes tipos de

carros. Assim, o principal objetivo do sistema de produção da Toyota era produzir muitos modelos em pequenas quantidades (Ohno, 1988).

Com a Segunda Guerra Mundial, a economia do Japão sofreu bastante e a Toyota também acabou por ser afetada. Para evitar falência, a empresa teve de adotar políticas muito rigorosas para reduzir custos, mas mesmo assim não foi suficiente. Foi então que Kiichiro Toyoda assumiu total responsabilidade pela falha da empresa e renunciou ao cargo de presidente o que ajudou a reestabelecer a paz nos trabalhadores da empresa. Depois de Kiichiro Toyoda, um dos líderes da Toyota foi Eiji Toyoda, sobrinho de Sakichi e primo mais novo de Kiichiro, que mais tarde se tornou o presidente da Toyota Motor Manufacturing. Em 1950, quando Eiji Toyoda regressou de mais uma visita à Ford atribuído ao gestor da fábrica, Taiichi Ohno, a tarefa de melhorar o processo de fabricação da Toyota de modo a igualar a produtividade da Ford. Em relação à visita à Ford, os líderes da Toyota não ficaram impressionados com o seu sistema de produção. Os locais de trabalho estavam desorganizados e a produção era realizada em larga escala com várias interrupções entre etapas o que dava origem a que muitos defeitos passassem despercebidos durante bastante tempo. Para cumprir o desafio que lhe foi proposto, Taiichi Ohno estudou o livro de Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, e baseou-se na ideia original de promover o fluxo contínuo de material, embora esse conceito não estivesse a ser aplicado na sua fábrica (Liker, 2004).

Assim, Taiichi Ohno, chefe de produção da Toyota, desenvolveu o TPS. Após a produção em massa inventada por Henry Ford, este sistema de produção é a maior evolução em processos de negócio eficientes e acabou por ser implementado em empresas de várias indústrias. Nos anos 90 começou-se a perceber que a Toyota tinha algo de especial, uma vez que os carros japoneses duravam mais e necessitavam de menos reparações do que os americanos. A Toyota tornou-se o terceiro maior fabricante automóvel do mundo com vendas de veículos no valor de mais de seis milhões por ano, conseguindo produzir automóveis mais rapidamente, com mais confiabilidade e a um custo competitivo (Liker, 2004). Desta forma, pode-se concluir que o Japão usufruiu das ideias dos Estados Unidos e as técnicas desenvolvidas posteriormente pelos japoneses tiveram origem nos esforços americanos (Ohno, 1988).

Com o sucesso que o TPS começou a ter na altura, as melhores práticas desenvolvidas na Toyota foram sendo divulgadas para os fornecedores e para outras fábricas. A partir disso, Taiichi Ohno criou um diagrama da casa do TPS (Figura 3) que rapidamente se tornou bastante reconhecido entre as práticas de fabricação utilizadas. Taiichi Ohno escolheu uma casa para representar o TPS, uma vez que a casa só é forte se o teto, os pilares e a base assim o forem. No telhado estão representados os objetivos de melhor qualidade, menor custo e menor prazo de entrega. Para além disso, existem os dois pilares externos, o *Just-In-Time* e o *Jidoka*. No centro da casa encontram-se as pessoas juntamente com a melhoria contínua, pois apenas através da melhoria contínua se pode alcançar a estabilidade necessária. Desta forma, as pessoas devem ser treinadas para identificar o desperdício e resolver problemas, questionando repetidamente a causa do problema. Por sua vez, a resolução de problemas encontra-se no local real para ver o que realmente está a acontecer (*genchi genbutsu*). Por fim, existe a necessidade de obter processos padronizados, estáveis e confiáveis e o nivelamento do cronograma de produção. Na casa do TPS, todos os elementos são importantes e fortalecem-se entre si (Liker, 2004).

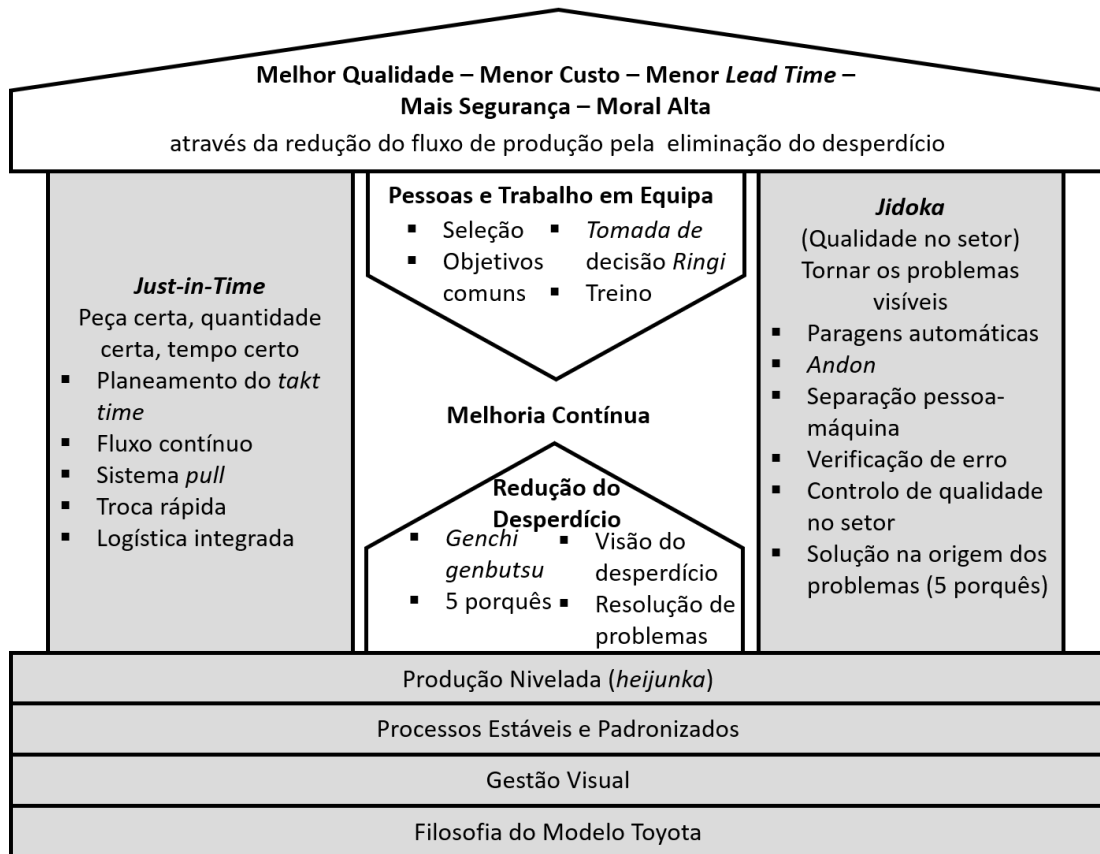


Figura 3: Casa do TPS (adaptado de Liker, 2004)

Os princípios fundamentais do sistema de produção da Toyota foram realizados devido à existência de necessidades e objetivos claros, ou seja, as melhorias nas fábricas da Toyota foram feitas com base na necessidade e Taiichi Ohno acreditava que a chave para o progresso na melhoria da produção é deixar as pessoas da fábrica sentirem essa necessidade (Ohno, 1988). Segundo Shingo, o TPS é 80% eliminação de desperdício, 15% sistema de produção e 5% *kanban*, em que o *kanban* é uma forma simples de implementar o *Just-In-Time* (Shingo & Dillon, 1989).

## **2.2 Lean Thinking**

Através das práticas inerentes ao Sistema Toyota de Produção, surgiu o *Lean Thinking*. O pensamento *Lean* consiste em criar uma forma de fazer cada vez mais utilizando menos equipamentos, menos esforço humano, menos tempo e menos espaço, ou seja, de forma eficiente (Womack & Jones, 2003). Para que isso seja possível, é fundamental identificar e eliminar desperdícios nos processos, permanecendo apenas as atividades que efetivamente acrescentam valor (Rother & Shook, 1999). Assim, este pensamento diferencia essencialmente dois aspectos numa empresa: o desperdício e o valor (Stone, 2012).

### **2.2.1 Princípios do *Lean Thinking***

Womack e Jones, os autores do livro “The Machine That Changed the World”, anos mais tarde publicaram um novo livro intitulado de “Lean Thinking” onde apresentam os princípios essenciais da filosofia *Lean*. Deste modo, Womack e Jones (2003) definiram cinco princípios para auxiliar na gestão de uma organização. Esses princípios são:

- **Identificar o Valor:** Este deve ser o ponto de partida para o pensamento *Lean*. É essencial que o valor seja sempre definido pelo cliente final e nunca pela empresa que o produz. Assim, cabe à empresa criar esse valor, produzindo exatamente aquilo que o cliente necessita, ao preço que o cliente está disposto a pagar e quando o cliente o deseja.
- **Mapear a Cadeia de Valor:** A cadeia de valor consiste em todas as atividades necessárias desde a concepção do produto até à entrega do mesmo até ao cliente final. Este processo realiza-se com base em três tarefas críticas de gestão: a resolução de problemas (desde a concepção do projeto do produto até à ordem da sua produção), a gestão da informação (desde o processamento dos pedidos até ao registo da entrega do produto) e a transformação física (desde as matérias-primas até ao produto final nas mãos do cliente). Assim, o segundo passo do pensamento *Lean* passa por identificar toda a cadeia de valor para cada produto em específico.
- **Criar o Fluxo de Valor:** Este princípio consiste em eliminar todas as atividades que não acrescentam valor para o produto, permitindo que o processo flua mais facilmente. Desta forma, é possível produzir o produto desejado ao mesmo ritmo a que este é solicitado pelo cliente.
- **Estabelecer o Sistema *Pull*:** Este sistema tem por objetivo produzir apenas aquilo que o cliente quer e quando ele quer. Assim, é possível eliminar a acumulação de stocks evitando desperdícios.
- **Procurar a Perfeição:** À medida que as empresas começam a especificar o valor com precisão, a identificar a cadeia de valor, a promover o fluxo contínuo e a produzir o produto quando o cliente deseja, estarão cada vez mais próximas da perfeição. Esta etapa consiste

na melhoria contínua das etapas anteriores, tentando sempre eliminar ao máximo o desperdício existente.

Na Figura 4 encontra-se representado o ciclo contínuo dos cinco princípios do pensamento *Lean*. A aplicação destes princípios em toda a cadeia de abastecimento de forma adequada permite aumentar a eficiência, reduzir o tempo de produção e os custos de qualquer empresa (Womack & Jones, 2003).



Figura 4: Princípios *Lean* (adaptado de Do, 2017)

### 2.3 Desperdícios

A produção *Lean* consiste em conseguir produzir um produto de acordo com a sua procura real e utilizando o mínimo de recursos possível (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b). Para que isto aconteça, é necessário eliminar todas as atividades que não acrescentam valor ao produto, ou seja, desperdícios que acabam por resultar no aumento dos custos (Meredith & McCutcheon, 1993). Taiichi Ohno identificou os desperdícios encontrados na produção, sendo este o passo preliminar para aplicar o Sistema Toyota de Produção (Ohno, 1988; Womack & Jones, 2003). Os sete desperdícios mencionados são (Ohno, 1988):

- Excesso de produção: Produzir mais quantidade do que a procurada pelo cliente ou mais cedo que o necessário, ou seja, produzir mais ou antes do que seja requerido pelo processo sobrejacente (El-namrouty & Abushaaban, 2013). A eliminação deste desperdício corresponde ao princípio *Lean* baseado num sistema *pull*, produzindo os produtos exatamente quando os clientes os solicitam (Arunagiri & Babu, 2013).

- Tempo de espera: Este desperdício acontece quando o tempo está a ser usado de forma ineficaz, afetando não só os trabalhadores, mas também os produtos e no caso dos trabalhadores, esse tempo deve ser usado para formação e manutenção e nunca para criar excesso de produção (Hines & Rich, 1997). As causas mais comuns para que ocorra este desperdício de tempo são os atrasos de processamento, tempo de inatividade da máquina, tempo de resposta e tempo de espera da aprovação (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b).
- Transporte: Abrange qualquer movimento de materiais que não crie valor acrescentado para o produto, como por exemplo a movimentação de materiais entre os diferentes postos de trabalho (El-namrouty & Abushaaban, 2013).
- Processos inadequados: É essencial avaliar a forma como os processos são realizados, de modo a verificar se existe desperdício na sua forma de execução. Para a metodologia *Lean*, é fundamental simplificar ou eliminar as etapas dos processos que não agreguem valor de modo a acelerar as operações e reduzir custos (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b).
- Excesso de stock: A elevadas quantidades de matérias-primas ou produtos está diretamente associado o aumento de custos no que diz respeito ao *stock* e armazenamento, mas também o aumento das taxas de defeitos (El-namrouty & Abushaaban, 2013). A principal causa do excesso do stock está relacionada com o excesso de produção, outro dos sete desperdícios (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b).
- Movimentação desnecessária: Todos os movimentos físicos desnecessários, como por exemplo o trabalhador procurar uma ferramenta, o que o desvia da sua principal função (El-namrouty & Abushaaban, 2013). Estes movimentos desnecessários resultam em atrasos de processamento do produto, o que vai provocar inevitavelmente um atraso em toda a cadeia de abastecimento (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b).
- Defeitos: Qualquer erro que torne um produto ou serviço menos valioso para um cliente ou que exija processamento adicional para correção é considerado um defeito (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014b). Por sua vez, a ocorrência de defeitos provoca o desperdício de matérias-primas e de mão-de-obra, prejudicando também o *lead time*, pelo não cumprimento do planeamento (Rawabdeh, 2005).

Mais tarde, foi ainda identificada uma oitava fonte de desperdício que consiste em não aproveitar o talento e as competências dos trabalhadores ao máximo e, por exemplo subcontratar um serviço que um colaborador da empresa tem capacidades de realizar (Knechtges & Decker, 2014). Na Figura 5 encontram-se representados os oito tipos de desperdícios da filosofia *Lean Thinking*.





Figura 5: Os 8 desperdícios *Lean* (adaptado de FlexPro Consultoria Empresarial, n.d.)

## 2.4 Ferramentas *Lean*

De forma a reduzir desperdícios e eliminar atividades que não acrescentam valor aos processos, as empresas usam diversas ferramentas *Lean*. No entanto, é essencial implementar a filosofia *Lean* de forma eficaz, uma vez que a seleção das ferramentas está relacionada com a forma como o problema é identificado (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013). Através das diferentes ferramentas *Lean* os sistemas de produção conseguem utilizar menos matéria-prima, tempo, esforço, espaço e energia para atingir os mesmos níveis de desempenho (Baysan, Kabadurmus, Cevikcan, Satoglu, & Durmusoglu, 2019).

O uso destas ferramentas é uma solução simples e de baixo custo que é realizado com base nas necessidades de cada indústria, focando-se na redução dos custos e na melhoria da produtividade e da rentabilidade (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014a; Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017). Contudo, nem todas as empresas têm o mesmo nível de aptidão para aplicar as referidas ferramentas sendo que o desempenho das mesmas na aplicação destas técnicas varia (Panizzolo, 1998).

Mais adiante serão expostas as ferramentas *Lean* fundamentais para a realização do presente projeto.

### **2.4.1 Andon**

O sistema *andon* teve origem no tear automático inventado por Sakichi Toyoda. Este tear tinha uma tecnologia que ao detetar fios partidos, o tear era automaticamente parado e acendia uma lâmpada de alarme. Mais tarde, a Toyota usou a mesma prática nos seus equipamentos de produção. Os equipamentos possuíam um sensor de erro que ao detetar uma falha parava automaticamente (Liker, 2004).

*Andon* pode ser definido como uma ferramenta de aviso instantâneo, visível e audível para que os colaboradores da área em questão saibam que há uma anormalidade. Esta ferramenta atua em tempo real comunicando tudo o que está a acontecer no chão de fábrica para que possam ser tomadas medidas no imediato (Modi & Thakkar, 2014).

Esta ferramenta é aplicada nas empresas com o objetivo de melhorar a eficiência da produção, otimizar a gestão da empresa e aumentar a produção. Para além das funções já referidas, este sistema pode ser capaz de registar o tempo de falha dos equipamentos, o tempo de resposta da Manutenção e o tempo de reparação fornecendo uma base para a análise de dados (Ma, 2017).

### **2.4.2 Gestão Visual**

A gestão visual é um sistema que consiste em melhorar o desempenho de uma organização através da utilização de formas de comunicar mensagens de forma visual, rápida e intuitiva (Daniel & Cristina-elena, 2014). Assim, as mensagens transmitidas comunicam rapidamente informações importantes da empresa, auxiliando na transmissão de informações importantes e fáceis de entender (Steenkamp, Hagedorn-hansen, & Oosthuizen, 2017). Esta ferramenta é a base de várias ferramentas *Lean*, como os 5S's e o *standard work*. A gestão visual também pode ser definida como comunicação sem palavras nem voz (Hall, 1987).

Esta comunicação visual pode ser realizada através de vários sistemas de gestão visual, como placas informativas, instruções de trabalho, delimitações de espaços e *andons*. O objetivo desta ferramenta é proporcionar aos trabalhadores uma forma de gerir o seu próprio local de trabalho, evitando eventuais desperdícios (Oliveira et al., 2017).

### **2.4.3 5S's**

Uma das principais fontes de desperdício nas empresas é a falta de organização no local de trabalho, um problema que pode ser eliminado através da aplicação dos 5S's (Gapp, Fisher, & Kobayashi, 2008). Os 5S's são uma ferramenta *Lean* desenvolvida por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda e Taiichi Ohno no Japão em 1960 (Ohno, 1988).

Esta ferramenta auxilia na identificação do desperdício, a manter a qualidade e a aumentar a produtividade numa organização (Bayo-Moriones, Bello-Pintado, & Merino-Díaz de Cerio, 2010). Normalmente as ações de melhoria iniciam-se pela aplicação desta ferramenta de forma a tornar o local de trabalho limpo e organizado, permitindo identificar facilmente os desperdícios que possam existir criando então uma base sólida para aplicar ferramentas mais avançadas (Sarkar, 2006).

As cinco etapas desta técnica, representadas na Figura 6, são (Al-Aomar, 2011; Oliveira et al., 2017):

- Seiri (Triagem): Consiste em remover do local de trabalho tudo aquilo não é necessário para a realização das atividades.
- Seiton (Organização): Deve ser definido um local para cada ferramenta e deve ser colocada a sua respetiva identificação de modo a que seja encontrada de forma fácil e rápida.
- Seizo (Limpeza): É essencial limpar o espaço de trabalho reduzindo o risco de acidentes e auxiliando na inspeção de produtos.
- Seiketsu (Padronização): De modo a otimizar os três primeiros S's, devem ser criados padrões que devem ser seguidos.
- Shitsuke (Disciplina): Por fim, é necessário desenvolver um método para garantir que a técnica é seguida, mantendo a melhoria com disciplina e foco.



**Figura 6: Os 5S's (adaptado de 5S Today, n.d.)**

De modo a garantir a sustentabilidade da metodologia, muitas empresas realizam auditorias (Oliveira et al., 2017). Esta ferramenta proporciona diversos benefícios para a organização tais como a diminuição do desperdício de tempo e de espaço, manter os locais de trabalho organizados, melhorar a produtividade dos funcionários e garantir a remoção dos itens que não são necessários do local de trabalho (Sarkar, 2006).

#### **2.4.4 Standard Work**

O *standard work* é uma das ferramentas básicas da produção *Lean* que foi desenvolvido por Taiichi Ohno em 1950 (Ohno, 1988; Powell, Alfnes, Strandhagen, & Dreyer, 2013). Esta técnica baseia-se num conjunto de procedimentos de trabalho onde são definidos os melhores métodos a utilizar em cada processo e para cada colaborador (Productivity Press Development Team, 2002).

Na prática de *standard work* a realização das operações devem seguir o plano que está definido, não havendo espaço para improvisos (Arezes, Dinis-Carvalho, & Alves, 2010; Ikuma, Nahmens, & James, 2011). Desta forma é possível reduzir as variações nos tempos de ciclo, uma vez que a sequência de tarefas é definida com base no *takt time* que é o tempo total disponível para produção determinado pela procura do cliente (Dhiravidamani, Ramkumar, & Ponnambalam, 2018; Monden, 1994).

Na aplicação deste método devem estar localizados em cada local de trabalho documentos onde são especificadas as ações e a sua respetiva sequência de realização para cada operador. O principal benefício desta ferramenta *Lean* é a redução dos erros de qualidade, um dos principais desperdícios presentes no processo de produção (Zahraee, Hashemi, Abdi, Shahpanah, & Rohani, 2014).

#### **2.4.5 Kamishibai**

O sistema de cartões *Kamishibai* consiste numa técnica simples para criar e sustentar processos através do uso de sinais visuais que pode ser usada em qualquer ambiente de trabalho. Neste sistema as tarefas de cada colaborador são auditadas pelo seu superior hierárquico e consoante o resultado da auditoria são atribuídos cartões verdes ou vermelhos aos colaboradores auditados, que devem colocar estes cartões no quadro *Kamishibai*. Estas auditorias podem ser realizadas com uma frequência diária, semanal, mensal, semestral ou anual consoante a sua finalidade. Através deste sistema é possível visualizar rapidamente se o processo auditado se encontra numa situação normal ou anormal, e no caso de se encontrar numa situação anormal é possível reagir rapidamente para voltar à normalidade e reduzir o desperdício. Para além disso, a exibição visual dos cartões *Kamishibai* permite que qualquer pessoa avalie o estado atual e o histórico da área e confirme se o sistema está a funcionar corretamente (Niederstadt, 2014).

### 2.4.6 Sistema *Kanban*

O sistema *kanban* foi desenvolvido por Ohno nas linhas de produção da Toyota para contornar a tendência de sobreprodução na fábrica, reduzindo esse desperdício e de modo a entregar apenas o necessário quando necessário, ou seja, numa mentalidade *just-in-time* (Ohno, 1988). O *kanban* é um cartão, normalmente retangular, que pode ser de dois tipos: *kanban* de transporte e *kanban* de produção. O de transporte indica a quantidade que o processo seguinte deve retirar e o de produção detalha a quantidade que o processo anterior deve produzir (ver Figura 7) (Monden, 1994). Este processo pode ser interno ou externo à empresa (Baudin & Bard, 2007).

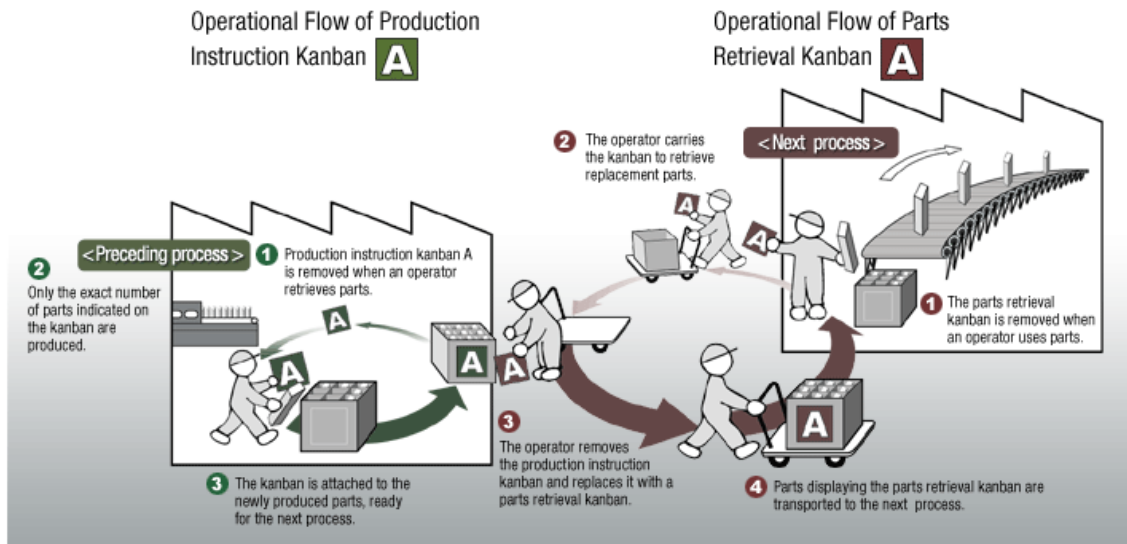


Figura 7: Esquema do Sistema *Kanban* (Shmula, n.d.)

Assim, este sistema exige a colaboração dos funcionários para melhorar e controlar todos os processos entre os postos de trabalho, entregando e produzindo apenas o desejado no momento certo através de um sinal que é enviado através da recepção do cartão ou recipiente vazio (SUGIMORI, KUSUNOKI, CHO, & UCHIKAWA, 1977).

Para auxiliar este sistema, utilizam-se supermercados e *mizusumashi*. Um supermercado é uma estrutura com componentes de produtos devidamente organizados e *mizusumashi* é um veículo de transporte que abastece as linhas de montagem com os componentes necessários do supermercado (Oliveira et al., 2017).

## 2.4.7 SMED

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) consiste na aplicação de um conjunto de técnicas que têm como objetivo a redução do tempo de *setup* para menos de dez minutos (Andrew P. Dillon, 1985). O tempo de *setup* é definido pela quantidade de tempo decorrido desde a produção da última peça boa de um produto até à primeira peça boa do produto seguinte. Durante esse tempo são realizadas trocas de ferramentas, limpezas, e configurações do próximo produto (Dave & Sohani, 2012). No entanto, em alguns processos reais não é possível essa mesma redução de dez minutos, mas a aplicação da metodologia acarreta sempre melhorias para o processo (Kochańska & Burduk, 2019).

Através da aplicação da metodologia é possível alcançar trocas de ferramentas de forma mais rápida o que origina um aumento da capacidade de resposta à procura dos clientes, uma vez que rapidamente se altera a ordem de produção devido à rápida troca de ferramentas. Para além disso, facilita a criação de lotes mais pequenos e aumenta o tempo real de produção, influenciando os fatores custo, energia, layout, segurança, qualidade e manutenção (Moreira & Pais, 2011; Sundar, Balaji, & Kumar, 2014).

### 2.4.7.1 A sua Origem

A ferramenta SMED foi desenvolvida por Shigeo Shingo, um engenheiro japonês especializado em melhorias no processo de fabricação, com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*. A criação desta ferramenta teve origem na necessidade de realizar trocas de ferramentas de forma rápida (Andrew P. Dillon, 1985). Por sua vez, esta necessidade teve origem na preocupação em eliminar o excesso de produção e minimizar o *stock*. Para que isso acontecesse, era fundamental transformar a produção em massa em produção em série e, portanto, as trocas longas de ferramentas revelaram-se uma barreira e são um desperdício, pois não agregam nenhum valor para o produto (Ohno, 1988).

De acordo com Shigeo Shingo, os primeiros passos da metodologia SMED foram dados em 1950 na fábrica Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima. Shigeo foi convidado para realizar um estudo para eliminar os gargalos provocados por prensas de 350, 750 e 800 toneladas, melhorando assim a eficiência da fábrica. Enquanto Shigeo observava a troca de molde numa prensa de 800 toneladas, o operador verificou que estava um parafuso em falta e foi procurar um novo, tendo ficado a máquina parada durante uma hora. Assim, Shigeo percebeu que existem dois tipos de atividades de *setup* (Andrew P. Dillon, 1985):

- Atividades internas como a montagem de ferramentas, que apenas podem ser executadas quando a máquina está parada;
- Atividades externas como o transporte dessas ferramentas para junto da máquina, que podem ser realizadas com a máquina ainda em produção.

Neste caso em específico, a preparação dos parafusos é uma atividade externa, pelo que deveria ser realizada com a máquina a produzir. Posto isto, Shigeo criou um procedimento de verificação dos parafusos antes de parar a máquina e separou as tarefas internas das externas. Com

estas medidas a eficiência aumentou em 50% e o efeito gargalo foi dissipado (Andrew P. Dillon, 1985).

Mais tarde, em 1957 Shigeo foi convidado a fazer um estudo na Mitsubishi Heavy Industries em Hiroshima. O objetivo do estudo era agilizar o processo de usinar bases de motores a diesel que eram realizadas em cima de uma mesa de planeamento. Através da análise do processo, Shigeo percebeu que a centralização e dimensionamento do motor era realizado na mesa, o que reduzia a taxa de operação. A sugestão de Shigeo foi adquirir uma nova mesa para realizar a configuração dos motores separadamente, medida que levou ao aumento da produtividade em 40% (Andrew P. Dillon, 1985).

Em 1969, Shigeo foi desafiado a reduzir o tempo de *setup* de uma prensa de 1000 toneladas da Toyota Motor Company, processo que exigia 4 horas para ser realizado. Após seis meses esse tempo foi reduzido para 90 minutos através da distinção entre tarefas internas e externas e melhorando cada uma separadamente. Mais tarde, foi sugerida a diminuição do tempo *setup* para menos 3 minutos. Deparando-se com este desafio, Shigeo pensou na possibilidade de converter as tarefas internas em externas e de as diminuir, tendo conseguido atingir os 3 minutos após três meses. Na esperança de que todas as trocas de ferramentas se realizem em menos de 10 minutos, Shigeo intitulou a metodologia como *Single Minute Exchange of Die*. Posteriormente, a metodologia foi adotada em todas as fábricas da Toyota e tem evoluído ao longos dos tempos (Andrew P. Dillon, 1985).

#### **2.4.7.2 Principais Fases do SMED**

A metodologia *Single Minute Exchange of Die* é composta por quatro fases concetuais (Ahmad, Syazwan, & Soberi, 2018; Andrew P. Dillon, 1985; Kemal Karasu, Cakmakci, Cakiroglu, Ayva, & Demirel-Ortabas, 2014):

- Fase Preliminar: não há distinção entre as atividades internas e externas

Numa fase inicial é necessário estudar o processo detalhadamente. Uma boa forma de o fazer é através da cronometragem ou filmagem de todas as atividades, no entanto, é um método que exige muito tempo e habilidade. Outra forma de o fazer é através do estudo de uma amostragem de trabalho, embora esta opção apenas seja adequada para trabalhos repetitivos. Para além disso, falar com os colaboradores envolvidos no processo também é uma boa técnica, pois são eles que melhor conhecem o processo e facilmente conseguem identificar dificuldades na sua realização. O principal objetivo desta fase é reunir dados relacionados com o procedimento atual para que possam posteriormente ser analisados.

- Fase 1: separar as atividades internas e externas

Esta fase é a mais importante da metodologia SMED. Todas as atividades devem ser examinadas e devem ser classificadas em atividades internas ou externas ao *setup*. As atividades que não podem ser realizadas com a máquina em produção são as atividades internas, como por exemplo a montagem de moldes, enquanto que as atividades externas são aquelas que podem ser realizadas com a máquina a funcionar como o transporte antecipado dos moldes. No final desta fase deverá haver uma clara distinção entre tarefas internas e externas.

- Fase 2: converter tarefas internas em externas

A fase 2 baseia-se na conversão das atividades internas em externas. Desta forma, é fundamental analisar as atividades para verificar se alguma é considerada interna incorretamente e encontrar maneiras de converter essas etapas em externas. A forma mais direta é realizar essas tarefas antes da máquina parar ou depois de ela voltar a produzir. Mas essa conversão pode ser feita por exemplo através da padronização de funções (como por exemplo das alturas de fixação dos moldes e da sua centralização), preparar o molde num dispositivo auxiliar ou incluir formas de pré-aquecimento.

- Fase 3: simplificar todos os aspetos das operações de *setup*

Nesta última fase todas as atividades que fazem parte do *setup* devem ser melhoradas, por exemplo, usando vários operadores a trabalhar paralelamente durante a troca de ferramentas, investindo em elementos de fixação e aperto rápidos, mecanizando os movimentos e eliminando ajustes.

Na Figura 8 é possível observar um esquema das fases explicadas anteriormente. Em relação ao seguimento das fases, Shingo realça que as fases 2 e 3 não necessitam de ser realizadas sequencialmente, o importante é que estejam envolvidas duas noções distintas, primeiro a análise e depois a implementação (Andrew P. Dillon, 1985).

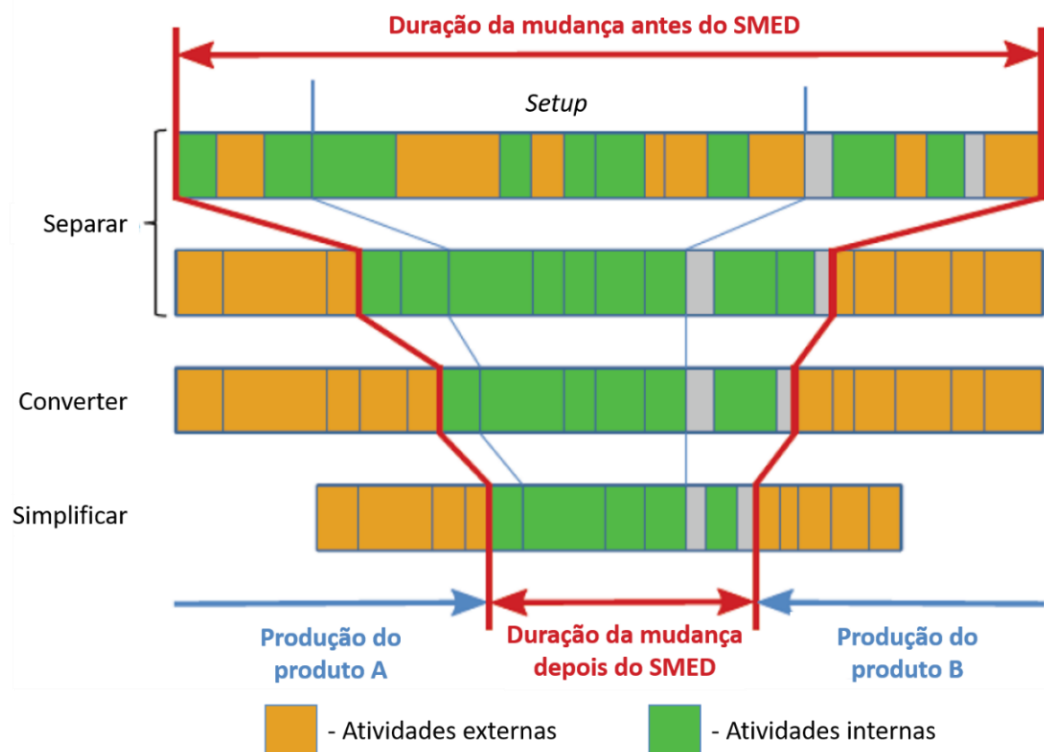


Figura 8: Fases da Metodologia SMED e o seu Impacto (adaptado de Lopes, Freitas, & Sousa, 2015)



### 2.4.7.3 Aplicação da Metodologia

Para além das aplicações da metodologia SMED que Shigeo Shingo realizou em diversas fábricas já referidas anteriormente, muitas outras já foram concretizadas até aos dias de hoje. O uso deste método já foi realizado em diversas indústrias como na de fundição (Władysiak, 2007), na metalúrgica (Grzybowska & Gajdzik, 2012), na de papel (Roriz, Nunes, & Sousa, 2017), na têxtil (Ibrahim et al., 2015), na de injeção (Kemal Karasu et al., 2014) e na indústria automóvel (Ahmad et al., 2018).

Em relação à indústria automóvel muitos estudos foram realizados com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*, como é o caso de Deros que utilizou a metodologia SMED para reduzir o tempo de *setup* numa linha de montagem de baterias de automóveis (Deros et al., 2011) e de Souza que aplicou a técnica na célula de estrutura de amortecedores (Souza, Brandão, Rascalha, Fernandes, & Souza, 2012).

Ao longo dos últimos anos, os autores têm utilizado outras ferramentas *Lean* em conjunto com a metodologia SMED de modo a atingir melhores resultados (Bevilacqua, Ciarapica, Sanctis, Mazzuto, & Paciarotti, 2015). No caso de Kumar e Bajaj, os autores utilizaram os 5S's em conjunto com o SMED para reduzir o tempo de *setup* numa prensa mecânica na Gill Agro Industry (Kumar & Bajaj, 2015). A mesma abordagem foi realizada numa empresa têxtil para diminuir o tempo de mudança de ferramenta numa máquina de estampagem (Ibrahim et al., 2015). Outra abordagem realizada para auxiliar no SMED foi a realização de um planeamento correto (Braglia, Frosolini, & Gallo, 2016). Verificou-se que a utilização do SMED e dos 5S's em conjunto com um planeamento prolongado da produção pode resultar numa redução de até 34% no tempo de *setup* (Avecilla, Fameronag, & Polled, 2015).

Outra forma de reduzir o *setup*, no caso da indústria de estampagem, é mover os moldes mais usados para perto das máquinas onde são utilizados, o que pode levar a uma redução de 24,89% do tempo de *setup*. Por outro lado, existem alternativas de longo prazo, que exigem um maior investimento, como a aquisição de ferramentas adicionais e de elevadores e rolamentos de ação rápida que podem reduzir o tempo de montagem em 31,57% (Avecilla et al., 2015).

Numa abordagem relativa à indústria de moldagem por injeção, Kemal Karasu et al. (2014) sugerem a versão de Taguchi que consiste em definir os parâmetros da máquina de modo a obter as primeiras injeções boas num menor número de tentativas. Outro estudo realizado no mesmo tipo de indústria revelou uma diminuição do tempo de *setup* médio de 39,94 minutos em 67,72%, o que levou a uma diminuição das perdas de produção e ao aumento da produtividade (Saravanan, Nallusamy, & Balaji, 2018).



### 3. Estudo Prático

#### 3.1 A Empresa

##### 3.1.1 Apresentação

A OLI – Sistemas Sanitários, S.A. foi fundada em Aveiro a 1 de março de 1954. Desde então, a empresa foi passando por diferentes áreas de negócio até que em 1981 foi criada a primeira unidade industrial de produção de autoclismos. Posteriormente, a OLI sofreu um enorme crescimento até que se integrou no Grupo Silmar em 1993. Este grupo italiano conta com 2957 colaboradores e está presente nos setores de aquecimento, fundição em alumínio, metalização em plásticos e redes de esgotos e águas. Para além disso, a OLI tem filiais em Itália, na Alemanha e na Rússia, onde também possui uma unidade industrial. No ano de 2018 foi ainda inaugurada a OLIMOLDES que é uma empresa especializada na produção de moldes para a injeção de componentes em materiais termoplásticos que confere à OLI uma independência no que diz respeito à reparação e produção de moldes.

Esta empresa é constituída por uma área total de 30 mil metros quadrados, onde é realizado e controlado todo o processo, sendo que atualmente 80% da produção é direcionada para o mercado externo, marcando presença em mais de 80 países dos cinco continentes. Em 2017, a empresa continuou a apostar em novos mercados, tendo intensificado a sua presença nos Estados Unidos, na América Latina e na Europa de Leste. Foi também em 2017, que a empresa mãe Oliveira&Irmão mudou o nome para OLI – Sistemas Sanitários S.A., uma alteração que acompanha a evolução de uma empresa familiar para uma empresa global. Na Figura 9 pode-se observar a OLI através de uma vista aérea.



**Figura 9: Vista Aérea da OLI**

Como já foi referido anteriormente, a OLI tem como principal atividade a conceção, industrialização, produção e comercialização de autoclismos e mecanismos para a indústria cerâmica, mas também realiza a importação, comercialização e distribuição de equipamentos para casas de banho e instalações de aquecimento. O seu volume de negócios tem vindo a aumentar

cada vez mais, atingindo uma faturação de 54 milhões de euros em 2017, contando com 389 colaboradores. A partir do complexo industrial, sediado em Aveiro, que trabalha 24 horas por dia e 7 dias por semana, são produzidos 43.700 autoclismos e 64.000 mecanismos por semana, o que a torna uma referência no mercado Europeu.

A OLI foca-se em criar soluções de banho hidricamente sustentáveis pretendendo ser uma empresa de excelência reconhecida pela inovação e criação de valor através de práticas sustentáveis ao longo de toda a cadeia de valor. Para isso, procura partilhar a sua política com todos os colaboradores de forma a criar um compromisso com os princípios de qualidade, de melhoria contínua e de inovação. A empresa preocupa-se com o desenvolvimento, inovação e investigação, tendo já recebido vários prémios ao longo dos anos e conta neste momento com 47 patentes ativas. Para além disso, a OLI certifica-se que os seus produtos seguem exigentes normas de Qualidade, Investigação, Desenvolvimento e Inovação, Ambiente e Segurança e Saúde no trabalho.

### 3.1.2 O Produto

A OLI comercializa uma vasta gama de produtos, tais como autoclismos exteriores e interiores, autoclismos para tanques cerâmicos, placas de comando, módulos sanitários e dois tipos de mecanismos de descarga: torneiras de boia e válvulas, que se podem observar nas figuras apresentadas abaixo (Figuras 10 a 14).



**Figura 10: Autoclismo Exterior**



**Figura 11: Autoclismo Interior**



**Figura 12: Placas de Comando**



**Figura 13: Mecanismos de Descarga**



**Figura 14: Módulo Sanitário**

Ao longo dos últimos anos, têm sido desenvolvidos produtos inovadores que tornaram a casa de banho hidricamente mais eficiente, confortável e segura para o cliente. Como prova disso, tem-se a criação da dupla descarga do autoclismo que foi criada pela OLI há 24 anos e que permite diminuir o consumo de água até 50% durante as descargas. Para além disso, em 2017 a OLI desenvolveu uma gama de torneiras de boia que, integrada na cisterna dos autoclismos, assegura uma poupança mensal de até 300 litros de água.

### 3.1.3 Estrutura Organizacional

A OLI divide-se essencialmente em três áreas principais: o edifício onde estão situados os escritórios, a fábrica onde é concebido o produto, e o Armazém da Zona Industrial de Aveiro, mais conhecido por AZIA.

A empresa está organizada por departamentos, sendo que este projeto será realizado integrando o Departamento de Injeção. Na Figura 15 está representado o organigrama da empresa.

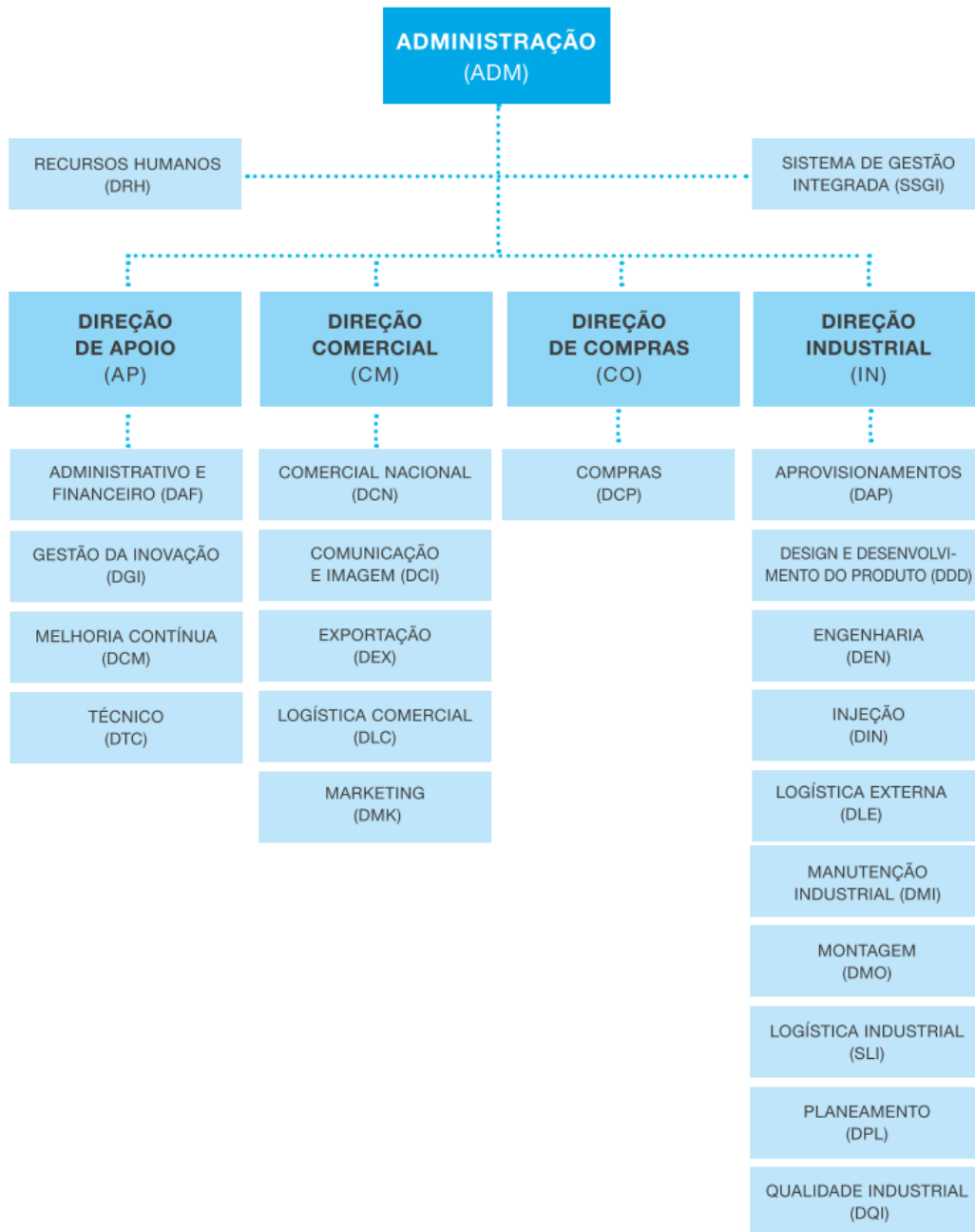


Figura 15: Organigrama Departamental da Empresa

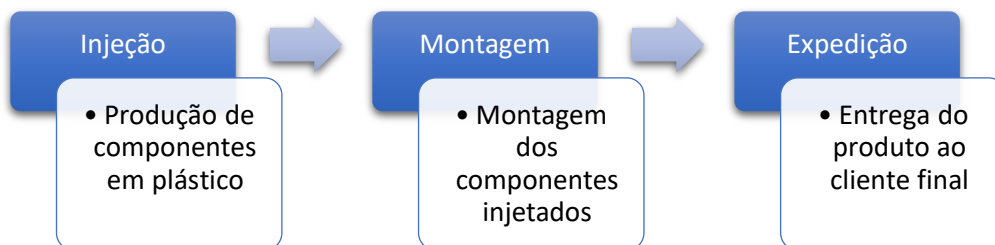
### 3.1.4 Processo Produtivo

O processo de fabrico da empresa inicia-se com a entrada de encomendas por parte do cliente que dão origem ao planeamento da produção. Consequentemente, é fundamental que o Departamento de aprovisionamentos garanta a aquisição de matéria-prima necessária para produção recorrendo a fornecedores externos, quer sejam componentes para montagem, ou componentes plásticos para injeção. Para além disso, o Departamento de logística realiza a marcação de cargas de modo a definir com a transportadora a data, horário e o tipo de produto acabado que será carregado para expedição.

Para realizar a injeção de plástico são utilizados quatro tipos de matéria-prima: Poliestireno (PS), Polipropileno (PP), Polioximetileno (POM) e Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). De seguida, a matéria-prima é encaminhada para as máquinas de injeção por aspiração, onde é iniciado o processo de fabrico com a produção das peças. Na empresa existem 86 postos de montagem, 84 máquinas de injeção, 2 extrusoras e 1245 moldes de injeção. Após o processo de injeção, as peças podem ser encaminhadas diretamente para os supermercados, se forem peças com uma elevada taxa de consumo ou vão para o armazém logístico, onde posteriormente são transportadas para as linhas de montagem consoante a necessidade. No caso de resultarem peças não conformes do processo de moldagem por injeção, como estas não podem ser utilizadas para o produto final, são encaminhadas para a zona dos moinhos para serem trituradas de modo a dar origem a matéria-prima reciclada que pode ser usada na injeção de outros componentes.

Após a injeção dos componentes iniciais, é necessário efetuar a sua montagem. A secção da montagem divide-se por diversas áreas: válvulas, autoclismos exteriores, autoclismos interiores, torneiras, estruturas, placas e mecanismos. Na área da montagem também existem máquinas denominadas por semiautomáticas, que são máquinas que produzem peças de maior dimensão diretamente para a linha de montagem.

Posteriormente, o produto é faturado e a última fase a que este é sujeito é a expedição que consiste no seu transporte até ao cliente final. O fluxograma do processo produtivo encontra-se na Figura 16.



**Figura 16: Fluxo Produtivo**

Para além de todo este processo, a fábrica possui numa zona de produção denominada de TWINS, uma secção autónoma que é capaz de produzir continuamente sem precisar de recorrer à armazenagem das peças. Nesta área é realizada a produção, montagem e expedição do produto que neste caso são essencialmente autoclismos para tanques cerâmicos. Na Figura 17 é possível

observar o *layout* da fábrica onde a zona delimitada a verde corresponde ao TWINS, a vermelho à injeção, a cinza à montagem, a azul aos moinhos e a rosa aos armazéns e supermercados.

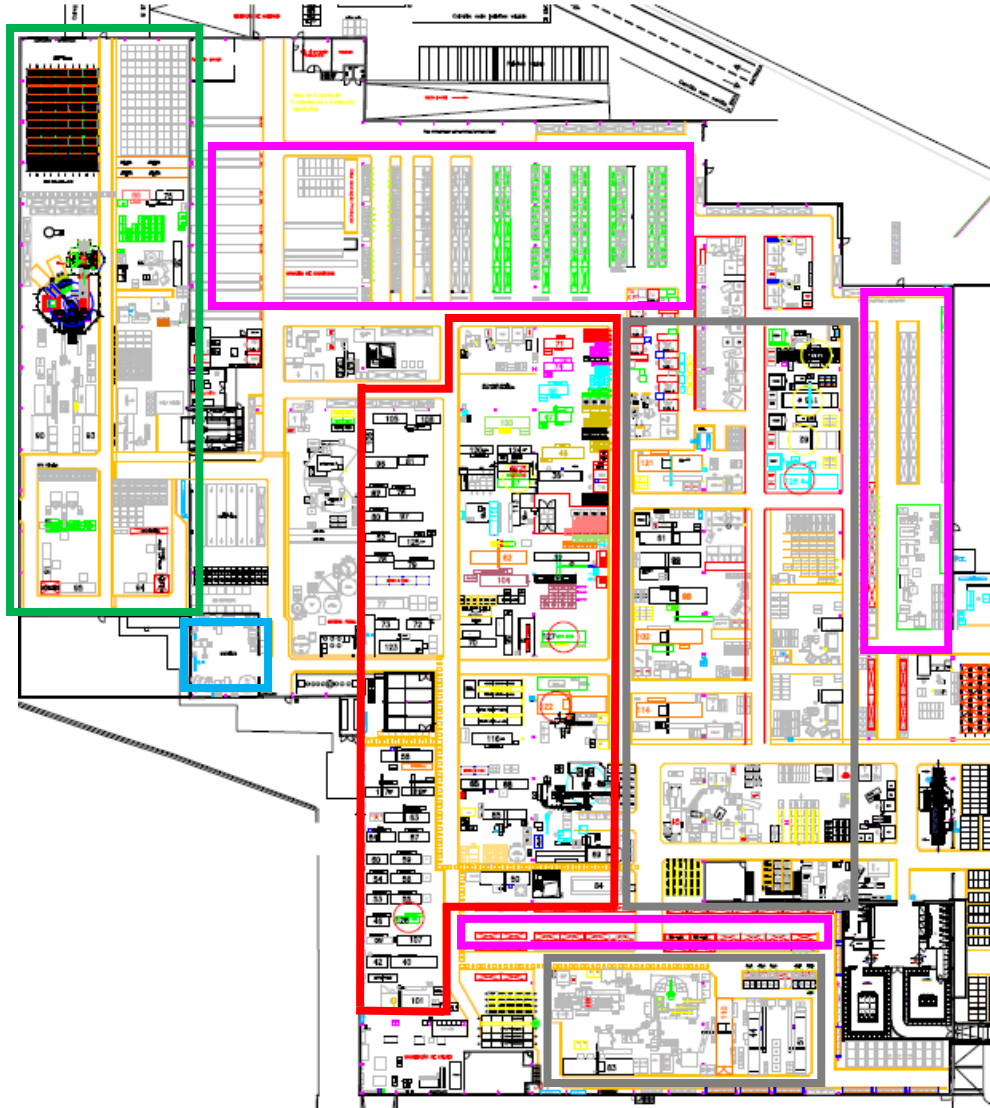


Figura 17: *Layout* da Fábrica da OLI

### 3.1.4.1 Descrição Operacional da Injeção

Na área de injeção existem 58 máquinas de injeção automáticas onde operam quatro equipas, sendo que cada equipa é constituída por um chefe de equipa, dois técnicos de injeção e quatro operadores. As equipas funcionam em turnos rotativos, pelo que três das equipas trabalham cada uma num dos três turnos do dia, enquanto que a quarta equipa está em descanso. A zona da injeção está dividida em quatro setores (ver *layout* na Figura 18), estando alocados um técnico de injeção e dois operadores ao conjunto de setores 1 e 2 e outro técnico e 2 operadores aos setores 3 e 4. O chefe de equipa é responsável pelos restantes membros da equipa e por coordenar os quatro setores da injeção (Figura 19).



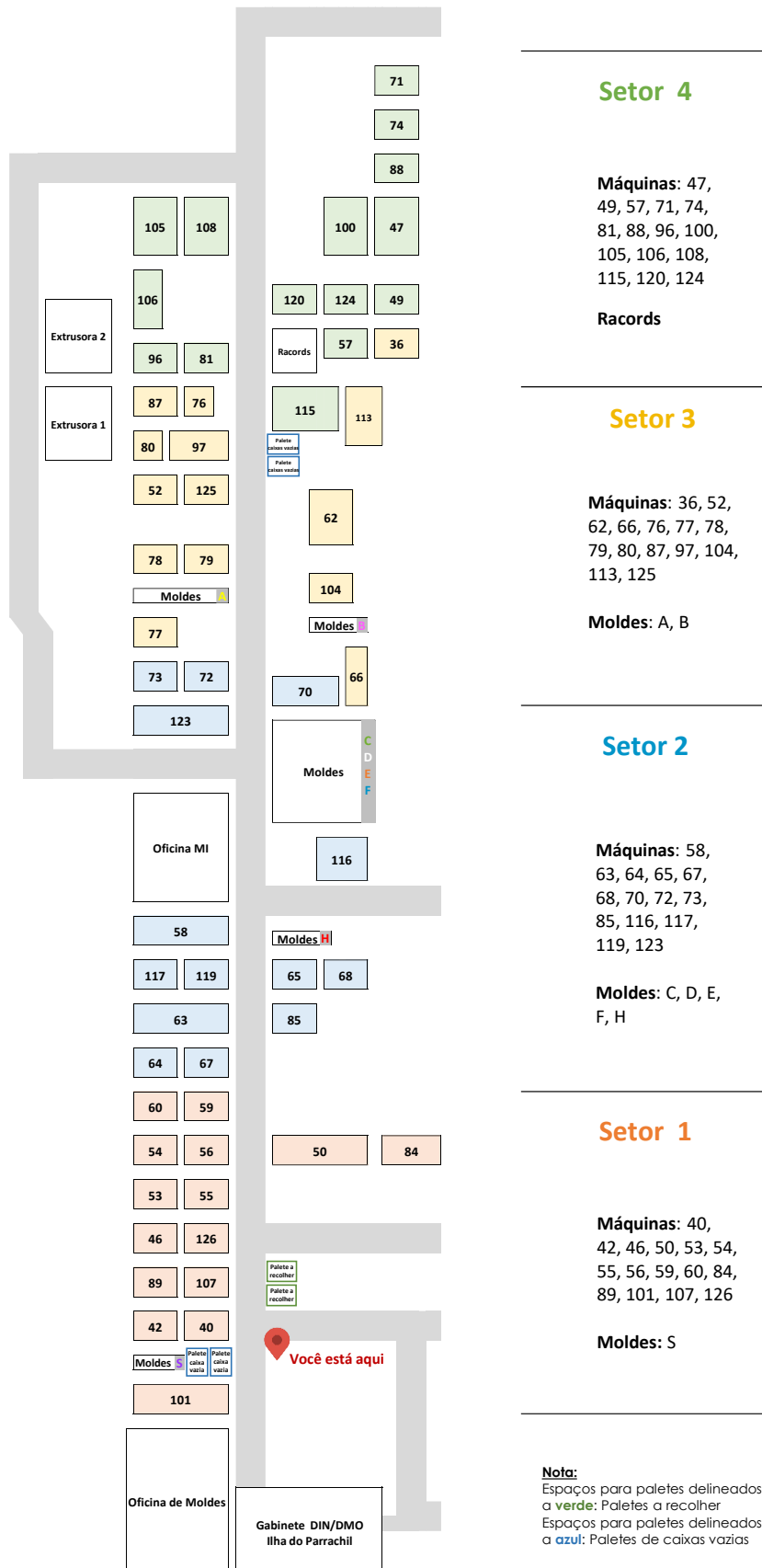


Figura 18: Layout da Zona de Injeção

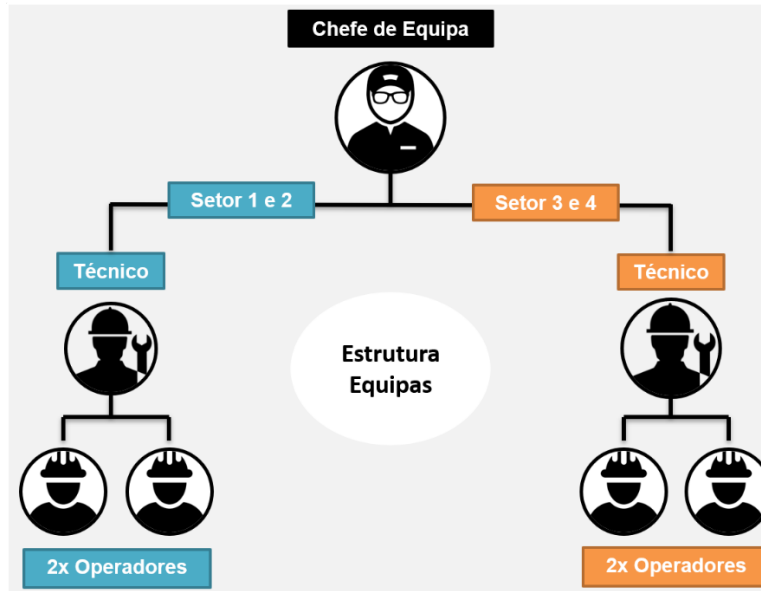


Figura 19: Estrutura das Equipas da Injeção

Como já foi referido anteriormente, o processo de injeção surge a partir de uma necessidade de componentes analisada pelo planeamento de produção. Quando ocorre esta necessidade é aberta uma ordem de fabrico (OF) pelo Responsável de Turno de modo a registar a produção, sendo este o ponto de partida para todo o processo. Para abrir a OF é necessário recorrer ao IFS e ao STAIN que são dois *softwares* utilizados em toda a fábrica que promovem a comunicação. O objetivo do IFS é garantir o fluxo de informação, enquanto que a principal função do STAIN é controlar a produção nas máquinas de injeção de toda a fábrica.

Após a abertura da OF, prossegue-se para a mudança de molde na máquina de injeção que é realizada por um técnico de injeção e por um operador. Depois de realizada a mudança, o técnico regista o início de produção no STAIN e assegura o arranque da máquina. Atualmente, cada técnico realiza em média 6 trocas de molde por turno, o que equivale a 36 mudanças por dia de trabalho. Para além das mudanças de molde, os técnicos de injeção são responsáveis por resolver problemas que possam surgir relacionados com a injeção propriamente dita, como dar resposta às máquinas de injeção que entram em alarme, injeção de peças não conformes e a realização de ensaios a novos moldes.

Em relação aos operadores, cada um é responsável pelas máquinas do seu setor onde têm de garantir a separação, o embalamento das peças, a realização do autocontrolo, a resolução de alarmes simples que ocorram nas máquinas e o registo das produções no STAIN. Como já foi referido, existem 1245 moldes, sendo que o mesmo molde até pode produzir peças diferentes quando lhe são trocados os postigos. Consoante o molde em questão, o processo de separação pode ser diferente, por exemplo, há moldes que produzem apenas uma peça que cai diretamente na caixa e neste caso o operador apenas necessita de colocar as caixas na palete, mas também há moldes que produzem vários tipos de peças e ainda um gito e neste caso é necessário recorrer a outros métodos de separação como tapetes com pás, crivos, *robots* ou até mesmo manualmente. Os gitos representam o desperdício de material durante a injeção, uma vez que é um canal condutor do plástico até às cavidades do molde. Assim, os gitos são encaminhados para a zona dos moinhos para serem triturados e transformados em matéria-prima reciclada para utilizar posteriormente na

injeção de outros componentes. Para além dos gitos, também são recicladas as peças não conformes e as purgas, que é o material resultante da limpeza de canal na máquina quando há troca de tipologia de matéria-prima ou da cor do pigmento aquando da mudança de molde.

O chefe de equipa é responsável por dar apoio à sua equipa, realizando mudança de matérias-primas e pigmentos quando for necessário, pela realização das tarefas dos operadores durante a sua hora de almoço e pela resolução de alguns alarmes.

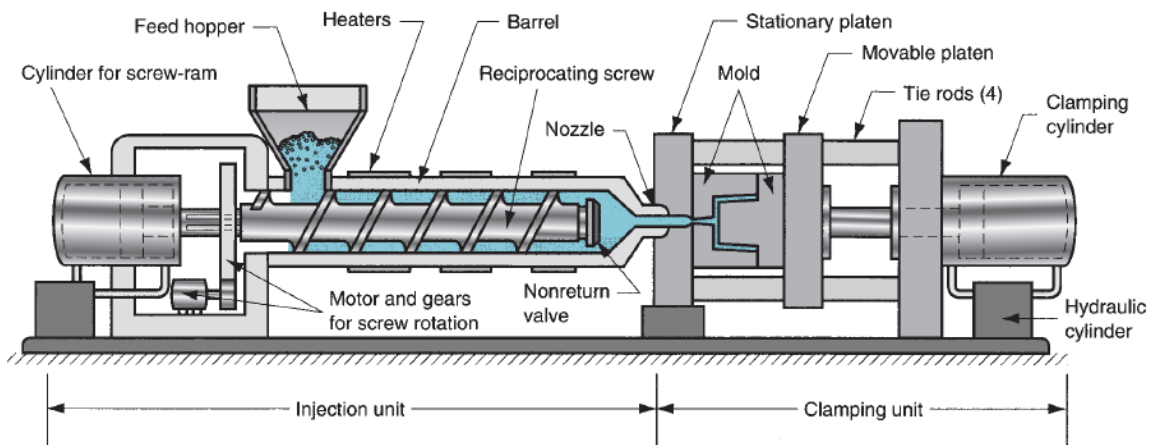
#### **3.1.4.2 Processo de Moldagem por Injeção**

A moldagem por injeção consiste no aquecimento de um polímero forçando-o a fluir sob alta pressão para as cavidades do molde onde é solidificado. Os moldes de injeção podem ser constituídos por apenas uma ou por várias cavidades, produzindo várias peças em cada ciclo. Através deste processo de fabrico é possível produzir peças com formas complexas, no entanto, para os fabricantes de moldes é um desafio conseguirem um molde com cavidades complexas e que ao mesmo tempo as peças sejam possíveis de extrair. As peças fabricadas a partir deste método podem ter entre 25 g e 25 kg, caso em que o molde pode ter um custo de centenas de milhares de euros. Assim, a moldagem por injeção apenas se adequa à produção em grandes quantidades, levando às economias de escala (Groover, 2010).

A máquina de injeção de plástico (Figura 20) é constituída por três componentes principais: a unidade de injeção, a unidade de fixação do molde e a unidade de controlo. A unidade de injeção é responsável por fundir e homogeneizar o polímero para o injetar na cavidade do molde, enquanto que a unidade de fixação é responsável por manter as duas faces do molde alinhadas entre si, manter o molde fechado durante a injeção e abrir e fechar o molde nos momentos necessários do processo. A unidade de fixação é composta por uma placa fixa, uma placa móvel e um mecanismo que faz mover a placa móvel. Por último, a unidade de controlo é o local onde são definidos os parâmetros do processo (ver Figura 21) (Rajemi & Mohd, 2015).



**Figura 20: Máquina de Injeção de Plástico TOYO (MIP 126)**



**Figura 21: Elementos que Constituem a Máquina de Injeção (Groover, 2010)**

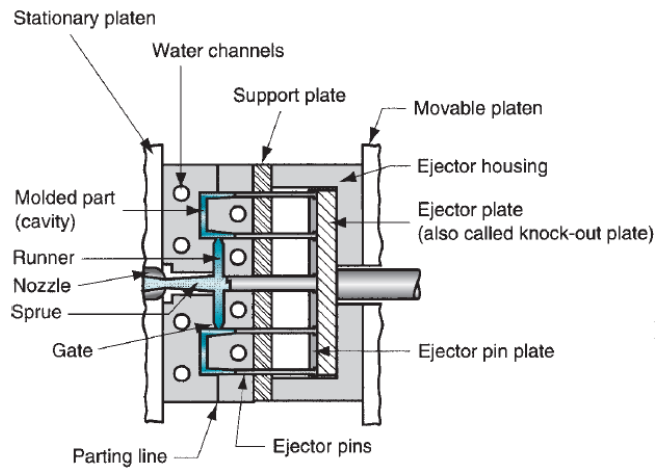
As cinco diferentes fases da injeção são (Groover, 2010; Müller et al., 2014):

- Fecho do molde;
- Injeção de plástico: a matéria-prima é alimentada em forma de grânulos através da tremonha, é fundida através do aquecimento e trabalho mecânico do parafuso e posteriormente injetada a alta pressão na cavidade do molde;
- Arrefecimento: o plástico solidifica quando entra em contacto com a superfície fria do molde;
- Abertura do molde;
- Extração e remoção da peça.

Para realizar o processo de injeção são necessários equipamentos periféricos como a tremonha, a estufa, termorreguladores e uma unidade responsável por controlar a temperatura do molde (Rajemi & Mohd, 2015).

Os moldes de injeção (Figura 22) são fabricados por encomenda de acordo com a peça que se pretende produzir. Estas ferramentas são compostas por (Groover, 2010):

- Uma ou mais cavidades que conferem a geometria à peça;
- Canais de distribuição por onde o polímero fundido flui para as cavidades;
- Sistema de extração para remover as peças;
- Sistema de arrefecimento;
- Aberturas para permitir a libertação de ar das cavidades.



**Figura 22: Elementos Constituintes do Molde de Injeção (Groover, 2010)**

### 3.2 Aplicação da Metodologia SMED

Como já foi referido anteriormente, o presente projeto foi desenvolvido no Departamento de Injeção da empresa OLI - Sistemas Sanitários, S.A., tendo por objetivo a diminuição da duração da mudança de molde das máquinas de injeção automáticas através da aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die*. Na OLI existem dois tipos de máquinas: automáticas e semiautomáticas. A principal diferença entre elas é o facto de as máquinas de injeção semiautomáticas produzirem peças diretamente para a linha de montagem, enquanto que as máquinas automáticas produzem peças para armazenagem ou para posteriormente serem transportadas para a zona da montagem. Para além disso, as máquinas semiautomáticas geralmente têm uma tonelagem bastante superior à tonelagem das automáticas. Como já referido, o presente projeto é direcionado apenas às máquinas de injeção automáticas. Assim, as máquinas que integram este estudo encontram-se listadas na Tabela 1, onde é possível verificar que a maioria delas se encontram na zona da injeção, mas também existem máquinas automáticas na zona da montagem e do TWINS, o que faz um total de 67 máquinas automáticas.

Tabela 1: Lista de Máquinas de Injeção Automáticas

Máquinas Automáticas						
Injeção				Montagem		TWINS
Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Torneiras de Bóia	Autoclismos Interiores	
40	58	36	47	30	99	75
42	63	52	49	32		86
46	64	62	57			91
50	65	66	71			94
53	67	76	74			95
54	68	77	81			109
55	70	78	88			
56	72	79	96			
59	73	80	100			
60	85	87	105			
84	116	97	106			
89	117	104	108			
101	119	113	115			
107	123	125	120			
126			124			
Número Total de Máquinas						
15	14	14	15	2	1	6

A necessidade de reduzir o tempo de *setup* adveio do facto desta operação exigir a paragem das máquinas para ser realizada e de serem efetuadas cerca de 36 trocas por dia. Assim, com a diminuição deste tempo, o tempo de produção é aumentado, diminuindo assim o desperdício de tempo e de recursos.

Numa aplicação da metodologia SMED tradicional, numa primeira fase é realizada a típica separação de *setup* interno do externo e posteriormente efetua-se a conversão das atividades internas em externas para, por fim serem implementadas melhorias em todas as operações de *setup*. Na fase de análise, que será abordada de seguida, concluiu-se que a classificação das tarefas internas e externas existente se encontra corretamente definida. Assim, o projeto realizado consiste essencialmente em melhorar as tarefas que fazem parte do *setup*, tornando a sua execução mais rápida e segura, o que se traduz apenas na aplicação da última fase concetual do SMED.

Portanto, de modo a dar início ao projeto a desenvolver, realizou-se o acompanhamento da execução do processo de mudança de molde nas máquinas de injeção de modo a que haja um elevado conhecimento acerca do mesmo para posteriormente avançar para a fase de análise. De modo a explicar o âmbito do projeto foram definidas cinco categorias de máquinas: elétricas com alocação de robot, hidráulicas com robot, hidráulicas sem robot, máquinas com encaixe do molde por “tectones” e por último as máquinas do TWINS, que é uma unidade autónoma existente na fábrica da empresa. O encaixe por “tectones” consiste numa forma mais rápida de colocar o molde na máquina, sem necessitar de utilizar calços para fixar o molde à máquina. Por outro lado, foi também realizada uma abordagem por tonelagem de modo a averiguar se existe alguma relação entre a tonelagem da máquina e a duração do seu *setup*. Através desta análise, definiu-se um objetivo de redução do *setup* global, no entanto, através da separação em categorias, é possível abordar de maneira diferente as ações a realizar para cada uma delas, e assim, direcionar da melhor maneira as soluções propostas. Assim, foram então definidos como objetivos a redução do tempo de *setup* global em 20%, o aumento da disponibilidade de técnico eliminando ou reduzindo tarefas externas e ainda o alcance de uma correta categorização das paragens, havendo pelo menos 80% das paragens declaradas.

### 3.2.1 Análise do Estado Atual

Para a realização deste projeto, em primeiro lugar é necessário realizar uma análise da situação atual de todo o processo. O processo de mudança de molde realiza-se sempre por um técnico de injeção e por um operador que trabalham em equipa e seguem a ordem de mudanças que se encontra no programa diário de mudança de moldes (ver exemplo no Anexo 1). As tarefas necessárias para a realização do *setup* das máquinas de injeção encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Tarefas da Realização do *Setup*

Operador	Técnico
Identificar se existe mudança de matéria-prima	Preparar o material para a troca de bico
Retirar o tubo de aspiração da matéria-prima	Transportar o carro de ferramentas e a documentação
Alinhar a ponte com a máquina	Transportar mão <i>robot</i> para a máquina
Fechar a guilhotina para cortar a alimentação	Registar o fim de produção
Retirar a matéria-prima da máquina e ligar o tubo de aspiração à nova matéria-prima	Ativar a nova produção
Trocar o pigmento e abastecer o “pigmentador”	Auxiliar o operador nas tarefas de preparação
Verificar se é necessário soprar as águas	
	Rodar a chave
	Limpar as peças da produção anterior na zona de separação
	Colocar a máquina em modo manual e abrir a porta frontal
Limpar as faces, guias e movimentos do molde	Limpar as faces, guias e movimentos do molde
Fixar o gancho da ponte no olhal do molde	Fechar o molde
Desligar a placa de óleo, de água e a ficha de extração	Colocar a barra de travamento
	Retirar a caixa de controladores
Desapertar os calços da extração	Desapertar os calços da extração
	Colocar a chave de desengate rápido
	Abrir o prato da máquina para desacoplar a ligação da extração
Desapertar os calços da injeção	Desapertar os calços da injeção
Retirar o molde da máquina	Trocar a mão <i>robot</i>
	Afinar o prato móvel
Transportar o novo molde para a máquina	Trocar o bico e o filtro da máquina
Apertar os calços da injeção	Apertar os calços da injeção
Remover o gancho e apertá-lo no olhal do molde anterior	Ligar a ficha e a caixa de controladores
	Terminar a afinação do prato móvel



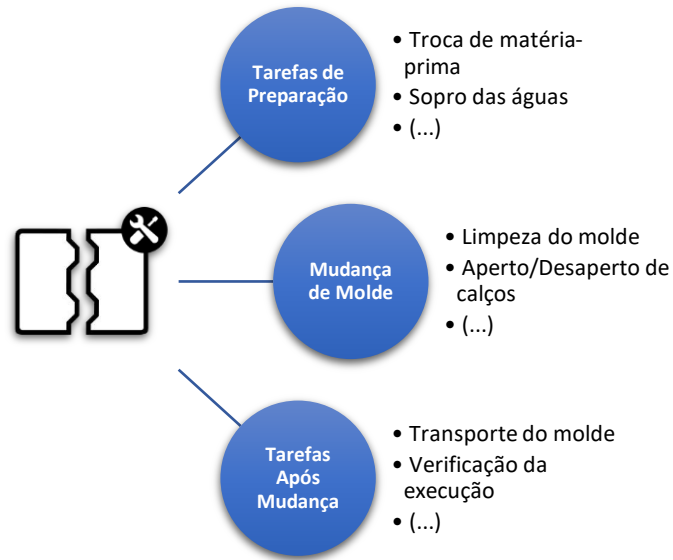
	Apertar o tirante da extração e fechar o prato móvel
Apertar os calços da extração	Apertar os calços da extração
Ligar a placa de água, de óleo, os acessórios pneumáticos e a ficha de extração	Remover a barra de travamento
	Carregar o programa do molde e confirmar os parâmetros no GFM
	Verificar os sinais dos radiais e abrir o molde
Ligar o termorregulador e programar as temperaturas	Ensaiar os movimentos mecânicos do molde
	Limpar o excesso de gordura das faces do molde
	Afinar a cota de alta pressão e os sensores de injeção e de extração
	Realizar a purga da matéria-prima e afinar os parâmetros de injeção
Arrumar o molde da produção anterior e transportar o molde da mudança seguinte	Averiguar o acondicionamento de periféricos
	Verificar a conformidade das peças injetadas e rodar a chave
	Verificar o funcionamento do circuito de águas
	Preencher a FVA
	Arrumar as purgas
	Declarar as peças não conformes

De acordo com o panorama atual, em primeiro lugar são realizadas as tarefas de preparação para a mudança enquanto a máquina em questão continua a produzir o(s) código(s) anterior(es), ou seja, estas são consideradas atividades de *setup* externo. Nesta fase, o operador começa por identificar se existe mudança de matéria-prima entre a produção anterior e a seguinte. De seguida, retira o tubo de aspiração da matéria-prima, alinha a ponte com a máquina, fecha a guilhotina para cortar a alimentação, retira a matéria-prima da máquina e liga o tubo de aspiração à nova tipologia de matéria-prima. Para além disso, o operador troca o pigmento e abastece o “pigmentador” (um dispositivo responsável por conferir cor às peças) e verifica se é necessário soprar as águas para eliminar a água existente no interior do molde. Enquanto o operador realiza as tarefas referidas, o técnico prepara o material para a troca de bico, transporta o carro de ferramentas, as folhas na nova OF (Ordem de Fabrico), FIC (Ficha de Inspeção em Curso) e FVA (Ficha de Validação de Arranque) e a mão *robot* para a máquina, regista o fim de produção e ativa a nova produção no STAIN e auxilia o operador nas tarefas de preparação.

Após a fase de preparação, segue-se a mudança de molde propriamente dita. Em primeiro lugar, o técnico de injeção roda a chave para sinalizar que a mudança de molde começou, limpa as peças da produção anterior na zona de separação, coloca a máquina em modo manual e abre a porta frontal. Posteriormente, com o auxílio do operador, o técnico limpa as faces, guias e movimentos do molde, lubrifica as guias e aplica o *spray* anti corrosão. Depois o técnico fecha o molde e o operador fixa o gancho da ponte no olhal do molde. De seguida, o técnico coloca a barra de travamento e retira a caixa de controladores, enquanto que o operador desliga a placa de óleo,

de água e a ficha de extração. Posto isto, o técnico desaperta os calços da extração e dá a sua ferramenta ao operador para fazer o mesmo do outro lado da máquina. Depois o técnico coloca a chave de desengate rápido, abre o prato da máquina para desacoplar a ligação da extração e desaperta o perno/tirante da extração. Seguidamente são desapertados os calços da injeção por ambos os colaboradores. Posteriormente, o operador retira o molde da máquina e coloca-o no chão e o técnico troca a mão *robot* e afina o prato móvel da máquina. Posto isto, o operador transporta o novo molde para a máquina enquanto que o técnico troca o bico e o filtro da máquina, se for necessário. De seguida, ambos apertam os calços do lado da injeção, um de cada vez. Depois o operador remove o gancho e aperta-o no olhal do molde anterior e o técnico liga a ficha e a caixa de controladores, termina a afinação do prato móvel, aperta o tirante da extração e fecha o prato móvel. Seguidamente são apertados os calços do lado da extração por ambos os colaboradores. Posteriormente o operador liga a placa de água, de óleo, os acessórios pneumáticos e a ficha de extração. Em simultâneo com estas tarefas do operador, o técnico remove a barra de travamento, carrega o programa do molde na máquina e confirma os parâmetros no GFM (Guia de Funcionamento de Molde), verifica os sinais dos radiais e abre o molde. De seguida, o operador liga o termorregulador e programa as temperaturas no mesmo e o técnico ensaia os movimentos mecânicos do molde. Por último, o técnico limpa o excesso de gordura das faces do molde, afina a cota de alta pressão, afina os sensores de injeção e de extração, realiza a purga da matéria-prima e afina os parâmetros de injeção. Todas estas tarefas são obrigatoriamente realizadas com a máquina desligada, portanto são tarefas de *setup* interno. É importante referir que a troca de bico da máquina apenas necessita de ser realizada se a produção anterior tiver sido em material reciclado com mudança para molde de canal quente e matéria-prima virgem ou se a produção anterior tiver sido de cor preta com uma mudança para cor branca.

Finalmente, é necessário realizar as tarefas de fim de mudança que são atividades de carácter externo. Assim, o operador é responsável por arrumar o molde da produção anterior e transportar o molde para a máquina da mudança seguinte e colocá-lo em pré-aquecimento. Do outro lado, o técnico averigua o acondicionamento de periféricos (passadeiras, caixas, pás ou tapetes), verifica a conformidade das peças injetadas, roda a chave para sinalizar que a mudança de molde terminou, verifica o funcionamento do circuito de águas, preenche a FVA, arruma as purgas no local definido e declara as peças não conformes resultantes do início da produção. Na Figura 23 estão representadas as principais etapas de todo o processo descrito anteriormente.

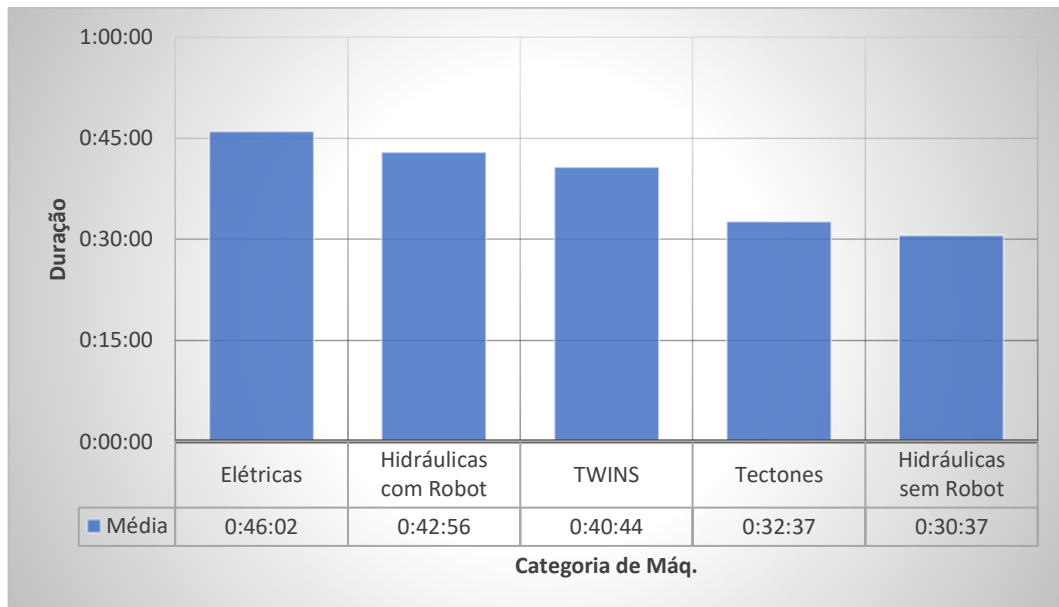


**Figura 23: Principais Etapas do Processo de *Setup* (Estado Atual)**

Para além do estudo da execução técnica do processo, foi realizada uma análise da duração média atual do *setup*. Para isso, foram recolhidos dados relativos às mudanças de molde realizadas durante os meses de junho e julho de 2018, o que engloba uma amostragem total de 1821 mudanças. A partir desta análise obtiveram-se os valores médios do *setup* para cada categoria de máquinas. Na Tabela 3 encontra-se a lista de máquinas referentes a cada categoria em específico e na Figura 24 é possível observar os dados resultantes da análise do tempo médio de *setup*.

Tabela 3: Lista de Máquinas por Categoria

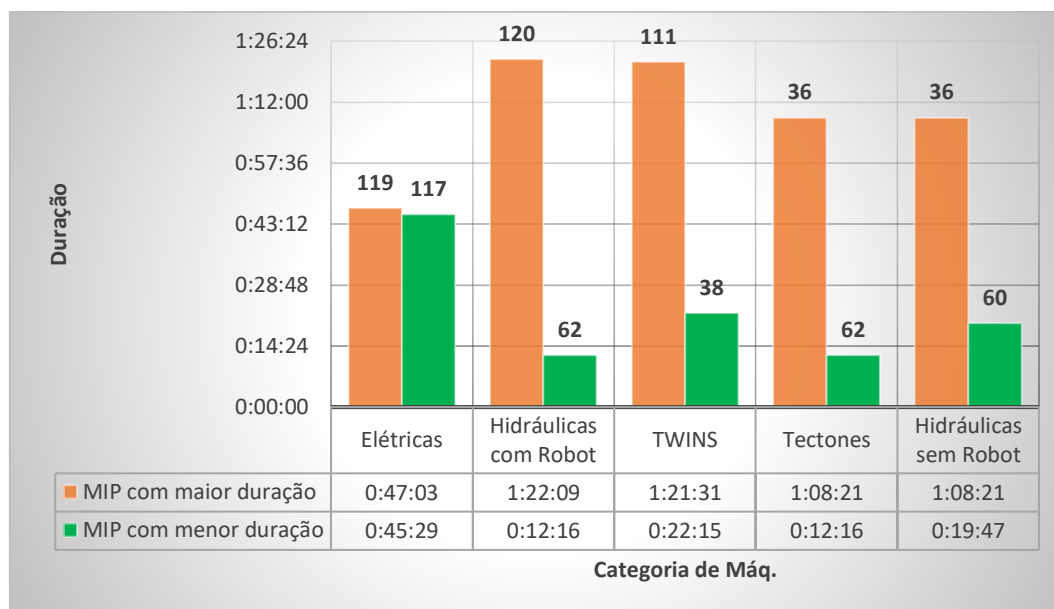
Hidráulicas Sem Robot	Hidráulicas Com Robot	Elétricas	Tectones	TWINS
30	47	117	36	75
32	50	119	49	86
36	54		62	91
40	57		71	94
42	58		74	95
46	62		75	109
49	63		77	
52	64		84	
53	68		86	
55	80		88	
56	85		104	
59	99		113	
60	101		115	
65	113			
66	115			
67	120			
70	123			
71	125			
72				
73				
74				
76				
77				
78				
79				
81				
84				
87				
88				
89				
96				
97				
100				
104				
105				
106				
107				
108				
116				
124				
126				
<b>Número Total de Máquinas</b>				
41	18	2	13	6



**Figura 24: Duração Média do Setup por Categoria de Máquinas**

Através desta análise constatou-se que a média global da duração do *setup* é de 35 minutos, o que indica que em média, a máquina onde é realizada a mudança de molde está parada durante 35 minutos. Como o objetivo em termos de mudanças de molde realizadas por turno e por setor é de 6 mudanças, o total acumulado de tempo de paragem de máquinas é de 210 minutos por turno e por setor, o que representa um enorme desperdício ao nível de tempo de produção, daí ser de extrema importância a redução do tempo de *setup*. Como é possível verificar, a categoria com maior duração é a das máquinas elétricas, podendo a principal causa ser a necessidade de alocar um *robot* e uma passadeira às máquinas, componentes que são necessários regular durante a troca de molde. Por outro lado, a categoria com menor duração é a das máquinas hidráulicas sem robot, uma vez que não exigem a parametrização do *robot* e de vários periféricos tal como as referidas anteriormente. Contudo, seria expectável que a categoria com uma menor duração fosse a das máquinas com encaixe por “tectones”, uma vez que neste tipo de *setup* são eliminadas algumas etapas do processo, como o aperto dos calços, o alinhamento do molde com a máquina e a afinação do prato móvel.

Para além disso foram analisadas as máquinas críticas de cada categoria em específico, ou seja, aquelas com maior e menor duração e foram obtidos os dados que se encontram na Figura 25. Através desta análise foi possível perceber o panorama geral da injeção e quais as máquinas com maior *setup*. Assim, verificou-se que nas máquinas elétricas não existe uma diferença significativa entre as suas durações médias. No entanto, o mesmo não se verifica para as restantes categorias, sendo a diferença mais notória de 1 hora e 10 minutos na categoria das máquinas Hidráulicas com Robot. Como já referido anteriormente, a duração média global é de aproximadamente 35 minutos, sendo este o ponto de partida do projeto.



**Figura 25: Duração Média do Setup das Máquinas Críticas**

Relativamente às paragens das máquinas de injeção, até ao momento não existe um registo total das suas causas apesar de já existir uma funcionalidade no STAIN que permite realizar esta classificação, que não está a ser utilizada. Foram analisados os dados referentes aos meses de junho e julho de 2018 que correspondem a 68196 paragens e equivalem a 9259 horas de paragem de máquinas. De acordo com esta análise, do tempo total de paragens, 44% desse tempo não têm uma causa associada, em 10% do tempo foram realizadas mudanças de molde, em 1% do tempo ocorreram paragens por avaria de um periférico, em 32% do tempo as máquinas estiveram paradas por avaria de molde, em 7% por avaria de máquina e em 6% por diagnóstico (Figura 26). Em termos de ocorrências, 90% das paragens não foram classificadas, 4% são paragens por mudança de molde, 4% são paragens por avaria de molde, 1% são paragens por avaria de máquina e o restante 1% são paragens por diagnóstico (Figura 27).

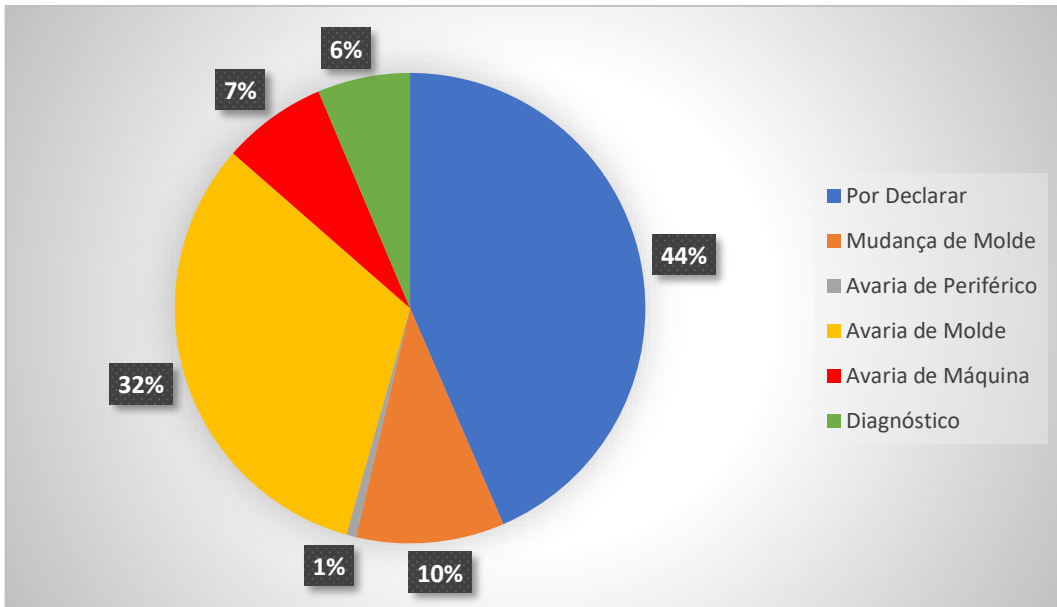


Figura 26: Percentagem de Paragens (Análise Tempo)

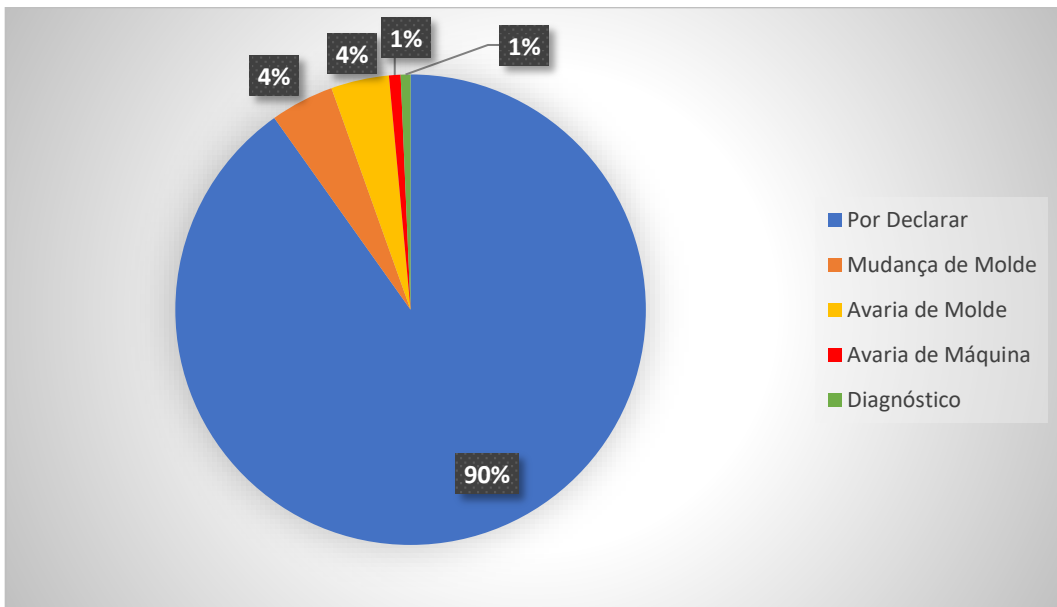


Figura 27: Percentagem de Paragens (Análise Ocorrências)

### **3.2.2 Definição do Estado Alvo**

Após a definição do estado atual, é necessário definir o estado que se pretende atingir após a aplicação de ações com base na metodologia SMED. Como o objetivo é reduzir a duração média do *setup* global em 20%, pretende-se atingir uma duração média de 28 minutos. Esta diminuição de 7 minutos refletir-se-á diretamente na produtividade. É importante realçar que a redução de 7 minutos irá aumentar o tempo de produção e a disponibilidade do técnico em 42 minutos por turno em cada setor. Assim, com o cumprimento do objetivo de redução da duração do *setup*, atinge-se em simultâneo outro objetivo que consiste em aumentar a disponibilidade do técnico para realização de outras tarefas. Para além disso pretende-se conseguir a obtenção de uma base de dados com as paragens categorizadas corretamente para que seja possível perceber a causa raiz das mesmas e assim chegar a possíveis resoluções dos problemas que provocam essas paragens. Neste caso o objetivo é que pelo menos 90% das paragens sejam declaradas.



### 3.2.3 Análise de Causas

De modo a identificar as principais causas de problemas existentes no processo, cada tarefa foi analisada ao pormenor. Assim, foram identificados vários problemas associados às tarefas que se encontram detalhados na Tabela 4.

Tabela 4: Lista de Problemas Identificados

Tarefa	Problemas identificados
Identificar se há mudança de matéria-prima	Dificuldade em perceber qual a matéria-prima que vai sair
Transportar o pote e soprar as águas	Tarefa não cumprida consoante o <i>standard</i>
Transportar o pote e soprar as águas	Nem sempre há um pote disponível no setor
Limpeza do molde que vai sair	Tarefa pode ser realizada externamente
Desapertar calços	Falta de chaves para o operador
Desapertar calços	Apenas alguns calços estão normalizados
Desapertar perno da extração	Desnecessário realizar tarefa internamente
Afinação do prato móvel	Tarefa demorada
Transporte do novo molde para a máquina	Dificuldade em alinhar o molde em cima da máquina
Colocar molde na máquina	Dificuldade em garantir a verticalidade do molde
Ligar o termorregulador e programar as temperaturas	Termorregulares com diferentes formas de programar
Ligar o termorregulador e programar as temperaturas	Dificuldade em distinguir as torneiras de água quente das de água fria
Ligar o termorregulador e programar as temperaturas	Quando o termorregulador sofre uma avaria, não há um termorregulador equivalente de substituição
Limpeza do molde que vai entrar	Tarefa pode ser realizada externamente
Realizar purga da matéria-prima	Tarefa demorada
Ajustamento do <i>robot</i> com a posição da passadeira	Tarefa demorada
Transporte do molde	Dificuldade em encontrar o molde que vai entrar
Transporte do molde	Não existência de local definido para molde a entrar
Transporte do molde	Molde distante da máquina o que leva ao desperdício de tempo

Atualmente existem várias tarefas com causas que originam desperdício de tempo e que podem ser evitadas ou melhoradas. Em primeiro lugar verificou-se que na tarefa em que o operador identifica se há mudança de matéria-prima, há dificuldade em perceber qual a matéria-prima que se encontra na máquina antes da mudança. Em relação ao transporte do pote e sopro das águas, esta é uma tarefa que não está a ser cumprida consoante o *standard* e não há sempre um pote disponível no setor. Considerou-se também que a limpeza do molde é uma tarefa possível de ser realizada externamente, diminuindo o tempo que a máquina permanece parada. Para além disso, na tarefa de aperto e desaperto dos calços, apenas o técnico possui ferramentas para realizar a tarefa, pelo que tem de partilhar as suas com o operador, sendo mais uma vez um desperdício de tempo e movimentação e apenas alguns calços estão normalizados, o que dificulta ainda mais a execução da tarefa. Depois, o desaperto do perno de extração é uma tarefa que a sua execução é desnecessária de ser realizada internamente. A afinação do prato móvel é uma tarefa demorada e

no transporte do novo molde para o cimo da máquina, torna-se complicado alinhar o molde com a posição correta para ser colocado. Posto isto, ao colocar o molde em máquina os colaboradores responsáveis sentem dificuldade em garantir a verticalidade do molde. Seguidamente, o operador deve programar as temperaturas no termorregulador, o que gera complicações devido à existência de várias marcas diferentes com maneiras distintas de programar, há dificuldade em distinguir as torneiras de água quente das de água fria e no caso do termorregulador estar avariado, muitas vezes não há um termorregulador de substituição com as mesmas características, o que impede a máquina de produzir. As tarefas de purgar a matéria-prima e de ajustar o robot com a posição da passadeira são demoradas, pelo que é fundamental agir sobre as mesmas. E por último, na tarefa de transporte do molde existe dificuldade em encontrar o molde que vai entrar na máquina, não existe um local definido para colocar o molde ao pé da máquina e ainda há moldes que estão distantes da máquina onde serão utilizados, o que provoca o desperdício de movimentação.

Todas estas situações referidas representam ineficiência no processo. Assim, o próximo passo consiste em definir soluções para melhorar as tarefas existentes na execução no processo e para situações mais gerais.

#### **3.2.4 Desenho de Soluções**

Após a identificação dos principais problemas, é necessário identificar soluções para os mesmos. De modo a tornar o processo o mais eficiente possível, foram sugeridas medidas que visam a diminuição ou até eliminação das tarefas mais problemáticas. Para isso, foi realizada uma análise de cada tarefa em si e do problema identificado aquando da realização da mesma. Assim, juntamente com os membros que integram o projeto foram discutidas e identificadas as possíveis soluções que estão organizadas numa tabela associadas ao respetivo problema (Tabela 5).

Tabela 5: Lista de Soluções

<b>Problemas identificados</b>	<b>Solução</b>
Dificuldade em perceber qual a matéria-prima que vai sair	Comparar a informação do STAIN com a do plano de moldes
Dificuldade em perceber qual a matéria-prima que vai sair	Desligar abastecimento com antecedência para esvaziar a tremonha
Desnecessário realizar transporte do pote e soprar águas	Implementar válvulas de antirretorno
Falta de pote das águas no setor	Atribuir um pote a cada setor e identificar o pote e a respetiva posição do mesmo
Limpeza do molde que vai sair pode ser realizada externamente	Realizar preparação do molde centralizada
Falta de chaves para o operador apertar/desapertar os calços	Adquirir kits de chaves para cada setor
Apenas alguns calços estão normalizados	Adquirir calços de aperto rápido
Apenas alguns calços estão normalizados	Implementar encaixe do molde por “tectones”
Desnecessário desapertar perno de extração internamente	Realizar tarefa externamente
Afinação do prato móvel demorada	Normalizar espessuras dos moldes que entram na mesma máquina
Dificuldade em alinhar o molde em cima da máquina	Sinalizar a posição na ponte por cima do prato da máquina
Dificuldade em garantir a verticalidade do molde	Colocar cones nos moldes e realizar furos nas máquinas
Dificuldade em distinguir as torneiras de água quente das de água fria	Identificar as torneiras de água quente e de água fria
Termorreguladores com diferentes formas de programar	Criar norma para cada termorregulador
Falta de termorregulador equivalente de substituição	Criar procedimento de substituição de termorregulador por um <i>backup</i> e adquirir termorreguladores de reserva
Limpeza do molde que vai entrar pode ser realizada externamente	Realizar limpeza do molde centralizada
Purga da matéria-prima demorada	Acelerar velocidade inicial do “pigmentador”
Purga da matéria-prima demorada	Alocar moldes que utilizam a mesma tipologia de MP e pigmento à mesma MIP
Purga da matéria-prima demorada	Otimizar o consumo da matéria-prima no fim de produção
Ajustamento do robot demorado	Fixar elementos necessários ao robot (ex: passadeira)
Dificuldade em encontrar o molde que vai entrar	Implementar Sistema RFID/ <i>Bluetooth</i>
Não existência de local definido para molde a entrar	Identificar a posição ideal ao pé de cada máquina
Molde distante da máquina o que leva ao desperdício de tempo	Transferência de moldes inativos para a cave/tenda para colocar outros moldes mais próximos das máquinas onde são utilizados

Relativamente à tarefa de identificar se existe mudança de matéria-prima, o operador sente dificuldade em perceber qual a matéria-prima que vai sair e as soluções encontradas foram comparar a informação da matéria-prima que se encontra em máquina através do STAIN com a informação do plano de moldes que indica a matéria-prima com que a máquina vai trabalhar após a mudança e desligar o abastecimento da matéria-prima antecipadamente para esvaziar a tremonha. De seguida, o operador deverá transportar o pote e soprar as águas, no entanto considerou-se que esta é uma tarefa desnecessária e por vezes não há um pote disponível no setor. A solução para eliminar esta tarefa é a implementação de válvulas antirretorno, mas também pode ser melhorada atribuindo um pote a cada um dos setores e identificando sempre a sua posição para que ninguém o leve por engano e para que seja arrumado no sítio adequado.

Posteriormente, o técnico e o operador limpam as faces do molde, tarefa que é possível passar a externa com a preparação centralizada dos moldes na oficina. Para além disso, durante o aperto e desaperto dos calços verificou-se que alguns calços não estão normalizados e que há falta de chaves, o que implica um tempo de espera por parte do operador até que o técnico lhe faculte as suas chaves para terminar a realização da tarefa. Assim, as soluções propostas passam por adquirir ferramentas para cada setor, utilizar calços de aperto rápido e modificar os moldes e as máquinas para que o encaixe seja realizado por “tectones”, diminuindo assim a tarefa de aperto e desaperto dos calços. Em algumas mudanças, o técnico necessita de desapertar e apertar o perno de extração, tarefa que não necessita de ser realizada internamente e, portanto, a melhoria proposta é realizar esta tarefa externamente. Por outro lado, a afinação do prato móvel é uma tarefa dispendiosa no que diz respeito ao tempo necessário para ser realizada e que pode ser evitada através da normalização da espessura dos moldes.

Relativamente ao transporte do molde, de modo a facilitar o alinhamento do molde na parte superior da máquina, sugere-se a sinalização da posição da ponte por cima do prato da máquina. Posteriormente, ao colocar o molde na máquina é necessário garantir a sua verticalidade e uma forma de o facilitar é realizando furos nas máquinas e cones nos moldes para facilitar a fixação. No que diz respeito à programação das temperaturas nos termorreguladores, o facto de existirem modelos diferentes por vezes dificulta a tarefa e, portanto, uma proposta de melhoria é a criação de *standards* de funcionamento para os diferentes modelos. Ainda em relação aos termorreguladores, para colmatar a dificuldade em distinguir as torneiras de água quente das de água fria propôs-se a identificação das torneiras para facilitar a sua identificação. Outro problema que acontece com alguma frequência é a falta de um termorregulador equivalente de substituição em caso de avaria do termorregulador associado à máquina e para estes casos sugeriu-se criar um procedimento de substituição de termorreguladores e adquirir equipamentos de reserva. Na realização da purga da matéria-prima, as sugestões para melhorar esta tarefa são acelerar a velocidade inicial do “pigmentador”, otimizar o consumo da matéria-prima no final da produção e alocar os moldes que utilizam a mesma tipologia de matéria-prima e pigmento à mesma máquina.

Relativamente ao ajuste do *robot* com a posição da passadeira, esta é uma tarefa desnecessária e como tal, a fixação dos elementos necessários ao *robot* pode extinguir a afinação do mesmo. E por último, na tarefa de transporte do molde por vezes existe dificuldade em encontrar o molde que vai entrar e de modo a eliminar essa dificuldade foi proposta a implementação de um sistema RFID ou *Bluetooth* que permita localizar os moldes. Para além disso, como não existe local definido para colocar o molde que vai entrar em máquina, propôs-se a avaliação e identificação do local

ideal para o efeito. Em relação ao desperdício de tempo em transportar o molde devido à distância que este se encontra da máquina, a solução encontrada foi a transferência de moldes inativos para o armazém de moldes obsoletos de modo a que seja possível aproximar os moldes das máquinas onde são utilizados.

Em paralelo com as soluções sugeridas com base na análise das tarefas individualmente, foram ainda encontradas oportunidades de melhoria que possibilitam a diminuição do *setup* de uma forma geral. Assim foi proposta a realização de 5S's nos carros de ferramentas dos técnicos de injeção, criar um supermercado de consumíveis para a injeção, garantir que os moldes que saem da oficina são entregues à injeção em bom funcionamento realizando uma reunião semanal com a Manutenção de modo a evitar problemas que possam surgir, criar uma matriz contemplando as máquinas de injeção e os seus consumíveis associados e inseri-la na base de dados do IFS, rever o armazém de mãos *robot* existente, implementar o início de sessão dos colaboradores através da picagem do código de barras, rever todos os *standards* da injeção e fazer acompanhamento para garantir que os mesmos estão a ser cumpridos e realizados de forma eficiente. Para além disso, de modo a cumprir o objetivo de conseguir uma correta caracterização das paragens, propôs-se a realização de ações de formação para explicar o procedimento e importância da realização do registo e ainda a elaboração de um *standard* que os colaboradores devem seguir para efetuarem a classificação das paragens.

No entanto, algumas das medidas propostas implicam um maior investimento e, portanto, mais recursos para serem implementadas. Como tal, é importante definir a prioridade das soluções propostas tendo sido realizada uma matriz custo-benefício para o efeito (Figura 28). Relativamente à classificação das soluções encontradas de acordo com a matriz custo-benefício, foram definidas como prioritárias as medidas que acarretam um maior benefício e um menor custo, em segundo lugar as que implicam um menor benefício e um menor custo, depois as que possibilitam um maior benefício e maior custo e por último as que trazem um menor benefício e um maior custo.

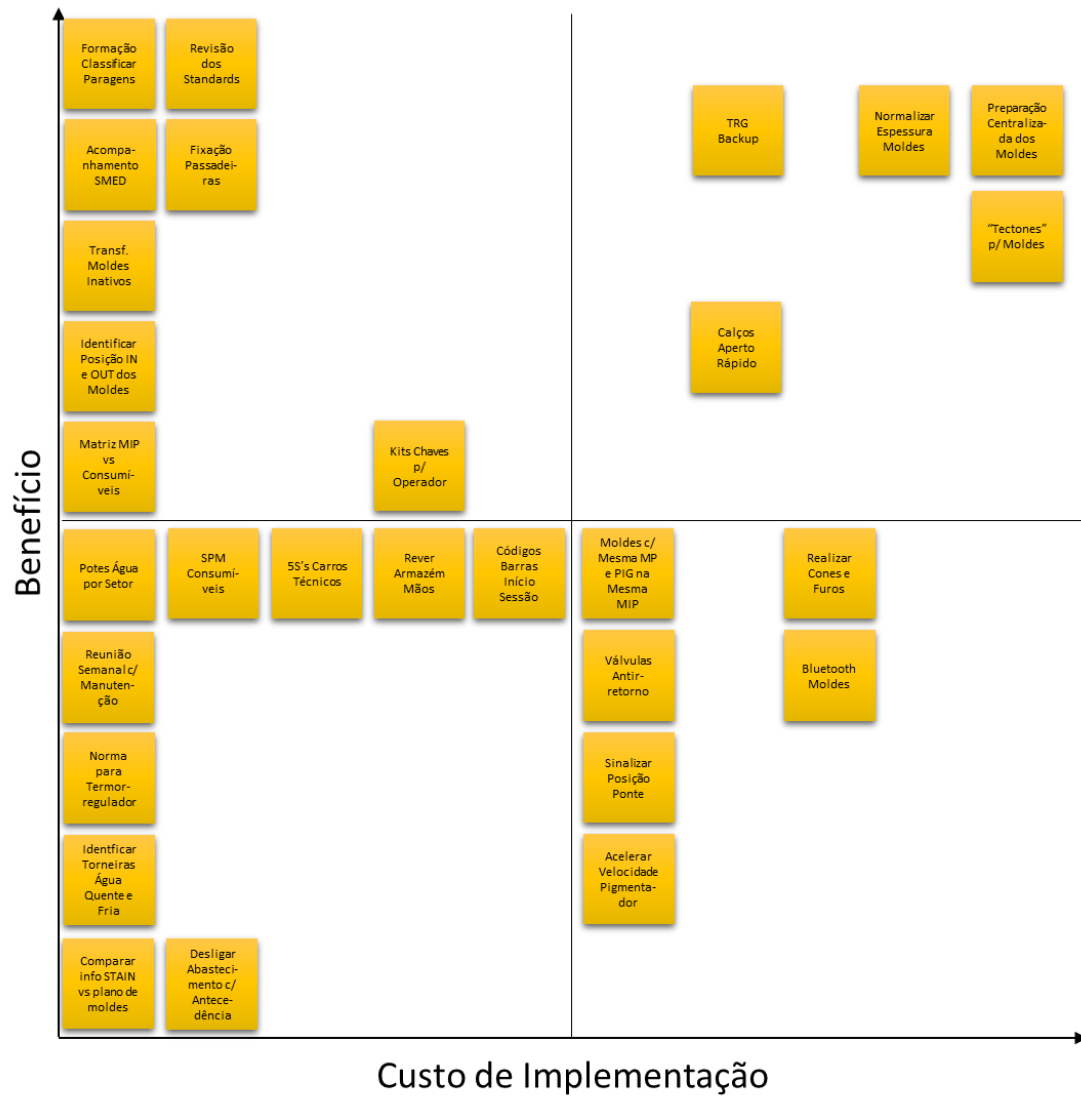


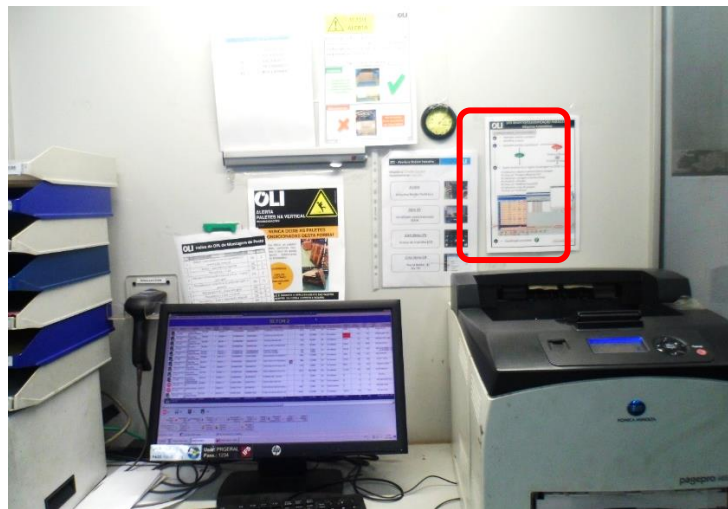
Figura 28: Matriz Custo-Benefício

### 3.2.5 Teste de Soluções

Neste subcapítulo serão apresentadas com maior detalhe as soluções implementadas, mostrando o trabalho desenvolvido para as concretizar e as principais dificuldades encontradas aquando da sua execução.

- Garantir uma Correta Caracterização das Paragens

Como já foi referido na secção de análise do estado atual, até ao momento não era realizada a caracterização das paragens das máquinas de injeção, não havendo assim nenhum registo das causas que levam à ocorrência das mesmas, pelo que 90% das paragens são não declaradas. A OLI utiliza um software de gestão de produção designado por STAIN que já possui uma funcionalidade que permite aos operadores fazer este registo. Assim, foi criado um *standard* de classificação de paragens que explica todos os passos a seguir para registar as causas de paragens (Anexo 2). De seguida, foram realizadas ações de formação individuais de 15 minutos a cada um dos colaboradores do chão de fábrica que estão responsáveis por máquinas automáticas para explicar o procedimento, a importância da classificação das paragens e esclarecer todas as dúvidas que podiam existir. Para além disso, foi colocado um exemplar do *standard* na bancada de cada setor onde está disponível um computador com acesso ao STAIN para que em caso de dúvida os colaboradores o possam consultar de imediato e proceder à justificação das paragens (Figura 29).



**Figura 29: Bancada do Setor 2**

Deste modo, sempre que uma máquina entre em alarme e pare, o operador deve tentar resolver o problema e de seguida dirigir-se à bancada do setor em questão para justificar a paragem ocorrida. No software existem várias opções que os operadores podem selecionar como: Mudança de Molde, Mudança de Postiços, Gito/Peça Presa no Molde, Fuga de água, Fuga de Óleo, Afiinação de Periférico, Avaria de Molde, Avaria de Máquina, Falta de Matéria-Prima, entre outros. Apesar do alarme poder ser resolvido pelo técnico ou pelo chefe de equipa em caso do operador não o conseguir fazer, o operador consegue facilmente perceber a causa da paragem para proceder ao seu registo. No final do turno, o operador deve garantir que classificou todas as paragens das máquinas do seu setor justificando as que possam estar por declarar.

Para verificar se a classificação de paragens está a ser cumprida pelos operadores, a forma mais fácil e rápida é recorrendo ao sistema *andon* que está implementado em toda as máquinas da OLI (Figura 30).



**Figura 30: Andon da MIP 59 e MIP 60**

O *andon* é uma técnica que permite identificar no imediato o que está a acontecer em cada máquina a partir de sinais luminosos e sonoros. Este sistema está equipado com quatro cores: verde, vermelho, azul e amarelo. O sinal verde constante significa que a máquina está em produção e o sinal verde intermitente quer dizer que a máquina está a produzir fora do seu tempo de ciclo. Por outro lado, o sinal vermelho constante mostra que a máquina está parada e o sinal vermelho intermitente (ativado em conjunto com um sinal sonoro) significa que a máquina está em alarme, ou seja, parou de produzir porque ocorreu algum problema que deve ser resolvido o mais rápido possível para voltar a produzir. O sinal azul constante significa que a máquina tem paragens por declarar nos últimos dois turnos e o sinal azul intermitente significa que falta realizar o autocontrolo das peças que estão a ser produzidas. E por último, o sinal amarelo constante quer dizer que está a ser realizada uma mudança de molde na máquina. Outra forma de controlar a caracterização das paragens e as restantes ocorrências referidas anteriormente é através do acesso à base de dados do STAIN.

- Revisão dos Standards

Na injeção existem vários *standards* para diversas tarefas e operações que se encontram desatualizados. Para além do *standard* de mudança de molde foram analisados os seguintes:

- *standard* de operação – operador;
- *standard* de operação – técnico;
- *standard* de pausa para refeição;
- *standard* da cadeia de ajuda;
- *standard kamishibai*.

Em relação ao operador, este deve iniciar o turno pela reunião do *Kaizen* Diário, onde são transmitidos os principais problemas e o trabalho realizado do turno anterior. De seguida, deve verificar no plano de moldes qual dos operadores irá realizar a primeira mudança de molde e depois organiza o seu setor esvaziando as caixas onde estão a cair as peças da produção. Posteriormente efetua a mudança de molde em conjunto com o técnico e prepara a mudança de molde seguinte, transportando o molde, colocando-o em pré-aquecimento e ligando a máquina caso esta esteja



desligada. Posto isto, o operador é responsável por realizar o autocontrolo, esvaziar caixas da produção, declarar paragens e realizar os 5S's às máquinas pelas quais é responsável. Quando terminar estas tarefas, volta a realizar uma mudança de molde e repete as mesmas tarefas referidas anteriormente. Por último, no final do turno o operador deve garantir que deixou a próxima mudança preparada para o turno seguinte, que os autocontrolos foram realizados e que as paragens foram todas declaradas (ver Anexo 3).

Tal como o operador, o técnico inicia o turno pela reunião do *Kaizen* Diário e de seguida a reunião técnica onde são transmitidos os problemas técnicos do turno anterior. De seguida, o técnico prepara as ferramentas para a mudança de molde, efetua a mudança de molde, arruma as purgas, declara os não conformes de arranque e garante a limpeza da máquina. Por último, o técnico deve tentar resolver alarmes e volta a realizar as tarefas referidas anteriormente (ver Anexo 4). Quando realizar as 6 mudanças de molde do turno, o técnico deve criar/aprovar GFM's, verificar tempos de ciclo das máquinas, limpar moldes críticos, realizar manutenção de mãos *robot*, realizar próximas mudanças de matéria-prima e pigmento e verificar o método de separação das máquinas (criar para aqueles que não existem e verificar se os já existentes são adequados). Os elementos da equipa devem cumprir os horários de refeição que se encontram no Anexo 5 para garantir que o chefe de equipa substitui os operadores enquanto estes almoçam/jantam e assim evitar que as máquinas fiquem sem um responsável.

Relativamente ao *Standard* da Cadeia de Ajuda (Anexo 6), o seu principal objetivo é indicar quem deve intervir na resolução de alarmes das máquinas. Deste modo, em primeiro lugar o operador deve tentar resolver o problema, se não conseguir deve chamar o técnico e por último o chefe de equipa no caso do técnico não estar disponível ou de ser necessário abrir uma OT (Ordem de Trabalho) e entrar em contacto com a Manutenção.

Em último lugar, foi implementado o sistema *Kamishibai* e foi criado um *standard* para o funcionamento mesmo (Anexo 7). Como é possível observar na Figura 31, foi realizado um quadro *Kamishibai* indicando as diferentes equipas e os seus respetivos elementos. Este quadro contém uma área para colocar os cartões resultantes da auditoria do chefe de equipa que se encontra dividida em 5 semanas, ou seja, o chefe de equipa deve auditar todos os elementos da sua equipa uma vez por semana auditando um elemento diferente por dia. A auditoria do chefe de equipa deve ser realizada na última hora de cada turno e quando estiver concluída, este deve entregar os cartões aos elementos para que estes os coloquem no quadro e no caso de ter atribuído um cartão vermelho, deve sempre explicar quais os pontos que falharam. Por outro lado, o responsável de área audita uma equipa diferente todas as semanas e entrega o cartão ao chefe de equipa para que este o coloque no quadro. Os tópicos a auditar para cada elemento encontram-se detalhados na Tabela 6. Esta informação encontra-se fixa no quadro para que todos os elementos tenham acesso.

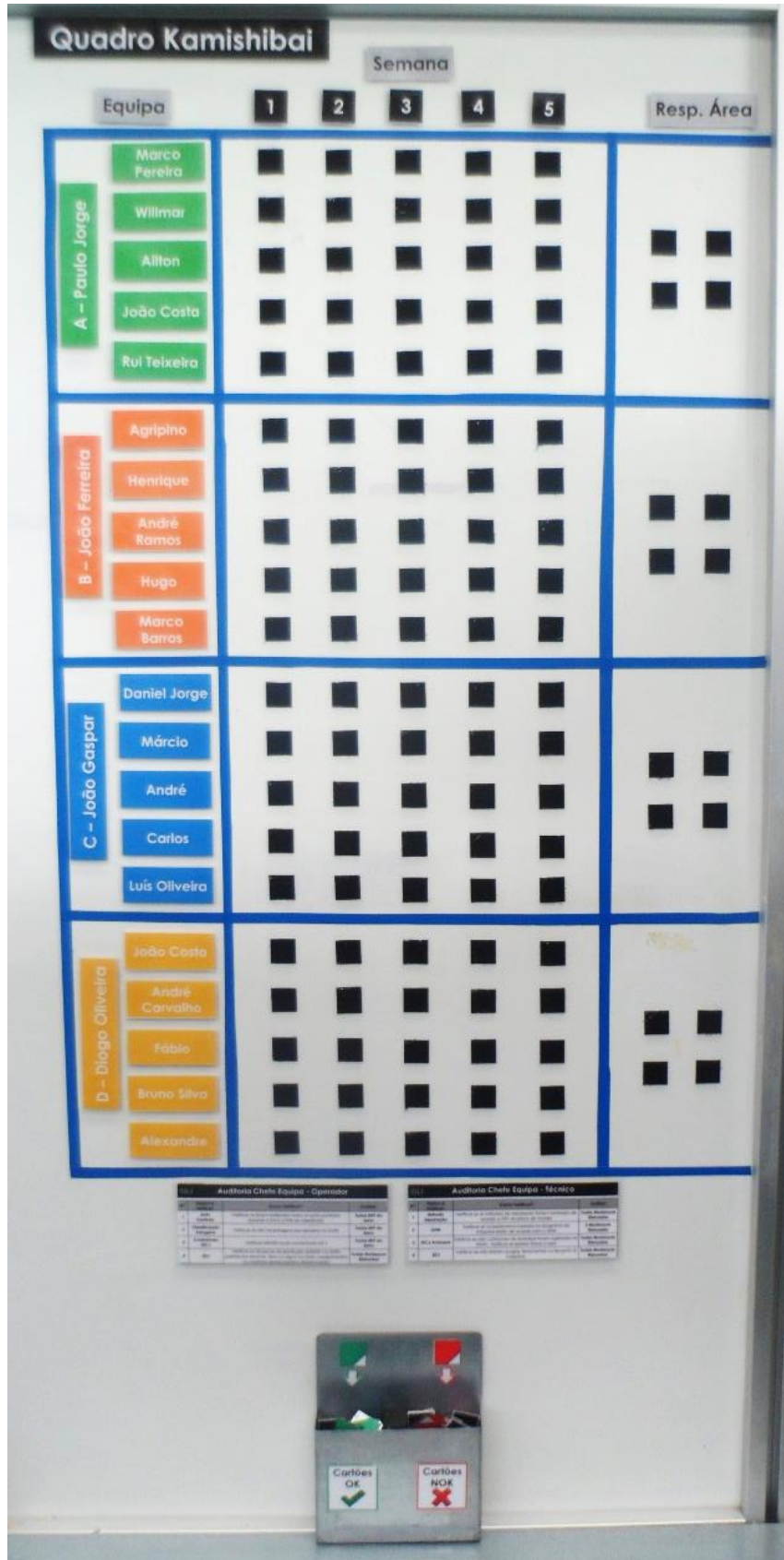


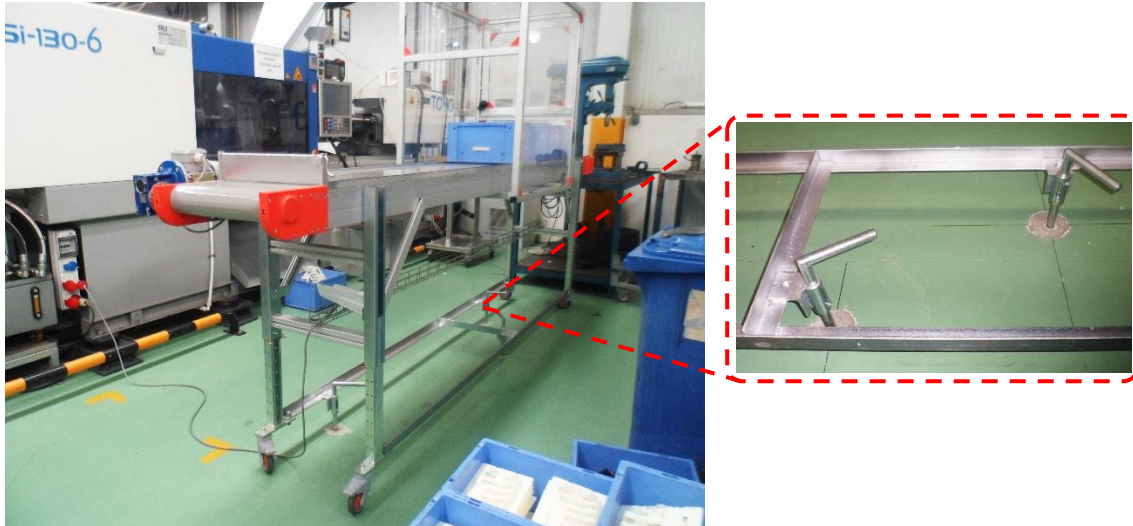
Figura 31: Quadro *Kamishibai* da Injeção

Tabela 6: Tópicos a Auditar

Elemento	Tópico a Verificar:	Como Verificar?
Operador	Autocontrolo	Verificar se foram realizados todos os autocontrolos durante o turno (1h30 de tolerância)
	Classificação de Paragens	Verificar se não há paragens por declarar no STAIN
	Contentores NC's	Verificar identificação dos contentores de NC's
	5S's	Verificar se há peças da produção anterior no chão, paletes por arrumar, óleo ou água no chão, equipamentos ou materiais desnecessários desarrumados
Técnico	Método de Separação	Verificar se os métodos de separação foram montados de acordo a OPL do plano de moldes
	GFM	Verificar se os parâmetros inseridos no programa da máquina estão de acordo com o GFM
	NC's de Arranque	Verificar se os não conformes de arranque foram registados no STAIN - Verificar se existem linhas a zero
	5S's	Verificar se não existem purgas, ferramentas ou lixo junto à máquina
	Atualização dos Indicadores	Verificar se os indicadores de produtividade, qualidade e mudanças estão atualizados
Chefe de Equipa	Contentores Vazios	Verificar se os contentores de desperdício são esvaziados regularmente
	Atualização do <i>Kamishibai</i>	Verificar se os elementos da equipa preencheram quadro <i>kamishibai</i> na semana anterior

- Fixação dos Elementos Necessários ao Robot

Na realização de uma mudança de molde numa máquina com um *robot* associado, é necessário realizar o ajuste da passadeira ao *robot* ou, em último caso, são ajustados os parâmetros do *robot* à posição da passadeira. Esta tarefa pode ser eliminada através da fixação das passadeiras ao chão. Com esta solução basta ajustar o *robot* uma única vez, pois nas restantes a passadeira irá estar sempre no mesmo local e de acordo com a posição da mão *robot*. Assim, foi realizada uma análise de modo a perceber quais as máquinas que trabalham sempre com a passadeira associada e em que essa mesma passadeira não é utilizada em mais nenhuma máquina para que se possa fixar a mesma ao chão. As máquinas com as características mencionadas são a MIP 117, a MIP 119 e a MIP 120. Posto isto, esta ação foi encaminhada para o responsável pela área da injeção do Departamento de Engenharia para proceder à fixação destas passadeiras. Na Figura 32 é possível visualizar a passadeira da máquina 119 já fixa ao chão.



**Figura 32: Passadeira da MIP 119**

- Transferência de Moldes Inativos

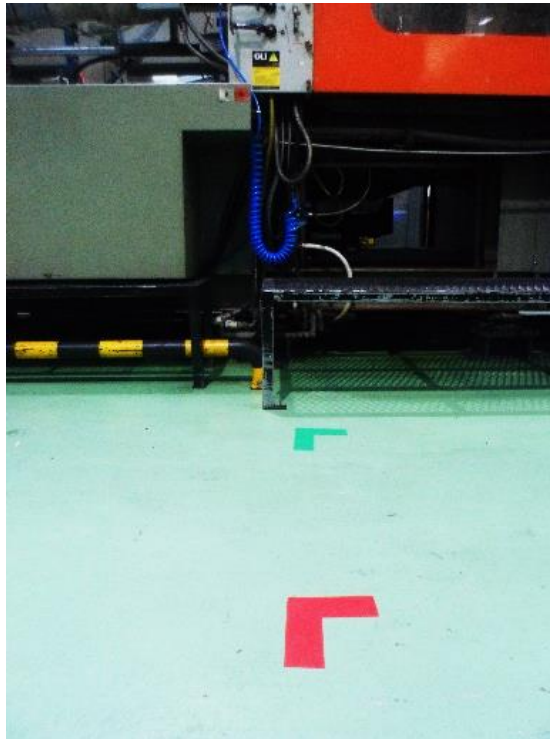
Muitas vezes os moldes estão localizados em estantes afastadas das máquinas onde são utilizados para produzir e, portanto, é importante realizar esta aproximação. De modo a libertar espaço nas estantes existentes, analisaram-se os moldes que não entraram em máquina desde o ano de 2016. A partir desta análise, obteve-se uma lista de 28 moldes obsoletos que foram transferidos para a cave e para a tenda, os locais onde estão armazenados os moldes inativos. Posteriormente foram atualizadas as localizações de alguns moldes de modo a atribuir a localização mais próxima possível da máquina onde entram com mais frequência. Na Figura 33 é possível observar algumas das estantes de moldes existentes na injeção. Para garantir que este processo seja feito periodicamente, foi ainda criada uma IT (Instrução de Trabalho) onde foi definido que esta análise deve ser realizada todos os anos a fim de evitar o desperdício de espaço. Na IT encontram-se descritos todos os passos necessários para movimentar os moldes e as suas respetivas mãos *robot*, assim como tarefas associadas a este processo como a eliminação dos programas dos moldes das máquinas para libertar memória e o tratamento dos moldes.



**Figura 33: Estantes de Moldes**

- Identificação das Posições de Entrada e Saída do Molde

No momento do transporte do molde para perto da máquina onde será realizada a mudança, não existe uma localização definida para o colocar no chão e o mesmo acontece para o molde que sai da máquina durante a mudança. Deste modo, foi delineado no chão, ao lado das máquinas, a posição do molde a entrar a verde e a posição do molde a sair a vermelho (Figura 34) para definir o local onde o molde deve ser colocado.



**Figura 34: Posições de Entrada e Saída do Molde**

Contudo, quando colocada em prática, esta solução revelou-se uma ameaça para a segurança dos colaboradores pelo facto dos moldes ficarem atrás dos mesmos e não lhes permitir recuar da zona de operação da máquina em segurança. Assim, como o *layout* atual não permite a definição de um novo local de forma segura, não se avançou com esta medida, ficando ao critério dos operadores colocar o molde na zona que considerem mais adequada.

- Criação de uma Matriz Máquinas vs. Consumíveis

De modo a facilitar o processo de compra de consumíveis para as máquinas, como por exemplo uma resistência, um parafuso para os calços ou um filtro sugeriu-se a criação de uma matriz que contemple a máquina em questão e os seus consumíveis associados. Até ao momento existia uma grande dificuldade em perceber quais as características destes componentes, o que se tornava um obstáculo para encontrar o componente necessário no mercado. Com esta matriz, quando for necessário substituir algum componente basta consultá-la para saber as características do mesmo e proceder à encomenda. Como se pode ver na Tabela 7 os principais componentes foram identificados. Esta tabela apresenta uma secção da matriz que contém a informação relativa a algumas máquinas do Setor 1.



Tabela 7: Secção da Matriz Máquinas vs. Consumíveis

Setor	Máquina	Filtro	Resistências			Mantas		Parafusos de aperto dos calços	
			Dimensão (DxComp)	Q	Potência (W)	Tensão (V)	D (LxC)		Q
1	40	CU 630 M250/RH150 MDC1/FAM80MDCB90	115 x 250	3	4000	3 x 380 Estrela	80x600	1	24 mm
		MF 400 2M 60 NB / RE 100MS1					200x780	4	
1	42	MSZ 3020 MCV B10	85 x 100	6		230	230x440	2	18-19 mm
							110x440	2	
1	46	STR 140 3BG1 M90	95 x 85	6	870	230	200x530	2	10 mm
		HP SND 32A					150x530	1	
1	50	STR 140 4SG1 M250 / FAM 80MDCB90	135 x 240	4	4000	3 x 380 Estrela	350x810	1	12 mm
		MPF 400 2AG2+M60NB/ RE 100 MS1					250x810	2	
								1	
1	53	STR 140 3BG1 M90	95 x 85	6	870	230	200x530	2	10 mm
		HP SND 32A					150x530	1	
1	54	STR 140 3BG1 M90	95 x 85	6	870	230	200x530	2	10 mm
		HP SND 32A					150x530	1	
1	55	STR 140 3BG1 M90	95 x 85	6	870	230	200x530	3	10 mm
		HP SND 32A							
1	56	STR 140 3BG1 M90	95 x 85	6	870	230	200x530	3	10 mm
		HP SND 32A							
1	59	STR 140 2SG1 M250 / FAM 60 MDCB80	75 x 210	2	2600	3 x 380 Estrela	100x650	1	19 mm
		ESA 41 B16 WMF	75 x 95	1			250x430	1	
1	60	STR 140 2SG1 M250 / FAM 60 MDCB80	75 x 210	2	2600	3 x 380 Estrela	100x650	1	18-19 mm
		ESA 41 B16 WMF	75 x 95	1			200x430	1	
							250x430	1	

- Aquisição de Ferramentas para Cada Setor

De acordo com o panorama atual do processo de mudança de molde, durante a execução da tarefa de aperto ou desaperto dos calços, o técnico utiliza as ferramentas que tem no seu carro de ferramentas e posteriormente passa as suas chaves ao operador para que ele desaperte igualmente os calços do outro lado da máquina. De modo a evitar este desperdício de tempo, inicialmente pensou-se na aquisição das chaves necessárias para fixar em todas as máquinas do lado do operador, já que o técnico anda sempre acompanhado do seu carro de ferramentas. Assim, procedeu-se ao levantamento das ferramentas necessárias para cada máquina em específico. No entanto, como o número de máquinas é elevado seria necessário um investimento mais elevado, então optou-se por adquirir um conjunto de chaves para cada setor para utilizar nas diferentes máquinas. Posto isto, aproveitou-se os painéis de ferramentas que existem em cada setor, onde estão expostas as chaves para troca de bico e afinação das pás dos tapetes (Figura 35). Nestes painéis manteve-se as chaves referidas e adicionou-se as chaves para o aperto/desaperto dos calços identificando cada uma delas com a informação das máquinas onde são utilizadas para que o operador consiga identificar rapidamente qual a chave que precisa para a máquina onde vai ser realizada a mudança de molde (Figura 36).



Figura 35: Pannel de Ferramentas Setor 4 (Antes)    Figura 36: Pannel de Ferramentas Setor 4 (Depois)

Assim, o operador transporta as chaves para junto da máquina e desaperta e aperta os calços em simultâneo com o técnico. Em alguns casos as ferramentas são utilizadas exclusivamente numa máquina e por isso com a ajuda da engenharia as ferramentas foram fixadas à máquina. As máquinas 50 e 123 são dois dos casos em que isso acontece, onde foram fixadas a chave de *umbrako* de 12 mm e a chave de luneta de 18-19 mm, respetivamente (Figura 37). De forma a evitar que as ferramentas se percam por esquecimento de as voltar a colocar no seu respetivo local, foi realizada a gravação a laser em todas as ferramentas indicando a máquina ou o setor a que pertencem.



Figura 37: Ferramentas das MIP 50 e MIP 123

- Potes de Sopro de Água por Setor

Uma das tarefas do processo de mudança de molde é o sopro das águas. Esta tarefa consiste em remover a água que ainda se encontra no interior do molde que está na máquina. É de extrema importância que esta tarefa seja realizada uma vez a existência de água no interior do molde pode danificar os canais e provocar a sua oxidação e o conseqüente aparecimento de ferrugem. Existem alguns potes na zona de injeção que não estão identificados nem têm um local definido, levando a que muitas vezes sejam levados para outras zonas e quando são necessários na zona de injeção não estão disponíveis (Figura 38). Para solucionar este problema foram limpos quatro potes de sopro de águas (um para cada setor), foram identificados e foi marcada a sua posição no chão (Figura 39). Deste modo, o operador vai buscar o pote do seu setor, utiliza-o para soprar as águas quando for necessário e posteriormente volta a colocá-lo na localização definida.



**Figura 38: Pote de Sopro de Água (Antes)**



**Figura 39: Pote de Sopro de Água (Depois)**



- Supermercado de Consumíveis

Durante o processo de mudança de molde por vezes os técnicos deparam-se com problemas provenientes de componentes com algum desgaste e quando isso acontece é necessário substituí-los de imediato. Por exemplo no caso das mãos *robot*, se as ventosas não aderirem bem à peça injetada é necessário realizar a sua troca ou no caso das mangueiras, o desgaste dos acoplamentos pode causar fugas de água. Mas o que acontece na maioria das vezes é que esses componentes não se encontram disponíveis no momento. Para colmatar esta lacuna, foi recolhida junto dos técnicos de injeção uma lista dos diferentes tipos de componentes que necessitam de substituição para posteriormente proceder à atualização do supermercado já existente. Este supermercado não se encontra organizado e muitos dos componentes não estão identificados dificultando a sua compra (Figura 40). Para facilitar o processo de compra, inicialmente foi criada uma lista com todos os consumíveis necessários, com o seu código de artigo, uma imagem do mesmo, a sua descrição, a quantidade de *stock* mínimo, a quantidade de encomenda, o nome do fornecedor e o código de fornecedor. Na Tabela 8 encontra-se uma secção da lista de consumíveis. Posteriormente aplicou-se a metodologia dos 5S's ao supermercado existente, identificando cada um dos componentes e inserindo a quantidade de *stock* mínimo e uma imagem na sua etiqueta para que seja facilmente identificado se é necessário realizar a sua compra (ver Figura 41).





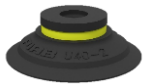



**Figura 40: Supermercado de Consumíveis (Antes)**



**Figura 41: Supermercado de Consumíveis (Depois)**

**Tabela 8: Exemplos da Lista de Consumíveis**

Artigo	Imagem	Descrição	Qtd Mínima (uni.)	Qtd Encomenda (uni.)	Nome Fornecedor	Código Fornecedor
RMI 09.1102/JV		Soquete com válvula de fecho, rosca fêmea	2	10	STAUBLI FAVERGES SCA	OF01070
RPL 08.6810		Straight plug for hose 10	2	10	STAUBLI FAVERGES SCA	OF01070
334B 3/4"		Automatic female threaded connector	2	10	Palpite completo	OF01850
BUCHEM ANTIKOR RS		BUCHEM ANTIKOR RS	12	60	AUGUSTO GUIMARAES & IRMAO LDA	OF00115
101148		Ventosa PIAB 0101148	6	30	SLOAP - SOC. IND. COMÉRCIO MÁQUINAS, LDA	OF01020
101104		Ventosa PIAB B30-2.20 0101104	6	30	TECLENA - AUTOMA EST E REPRESENT S	OF01088

De modo a garantir o bom funcionamento do supermercado foi também criado um procedimento de reposição do supermercado explicando como se realiza a reposição dos seus componentes (ver Anexo 8).

- Aplicação da Metodologia 5S aos Carros dos Técnicos

Todos os técnicos de injeção possuem um carro de ferramentas onde devem estar todas as ferramentas que necessitam para realizar o seu trabalho. Estes carros encontram-se desorganizados e com ferramentas desnecessárias (Figura 42). De forma a melhorar a utilização destes carros foi utilizada a metodologia dos 5S's. Para iniciar selecionou-se apenas um carro para aplicar a metodologia, pelo que posteriormente foi replicada para os outros carros. Em primeiro lugar foram retiradas do carro as ferramentas desnecessárias com a ajuda de um técnico, pois só ele é que tem sensibilidade para avaliar as ferramentas que precisa e as que não precisa para realizar o seu trabalho. Depois, as ferramentas necessárias foram organizadas nas diferentes gavetas. Posto isto, foi feita uma limpeza ao carro e às suas ferramentas. De seguida, as ferramentas foram organizadas recorrendo a quadros sombra, estojos de ferramentas e caixas. E por último, os técnicos foram incentivados a manter o seu carro de ferramentas organizado para que não percam tempo desnecessário à procura da ferramenta que precisam. Na Figura 43 é possível visualizar duas das gavetas do carro depois da implementação dos 5S's. Posto isto, o mesmo foi feito para os restantes carros de ferramentas.



Figura 42: Carro de Ferramentas (Antes)



Figura 43: Carro de Ferramentas (Depois)

- Revisão do Armazém de Mãos Robot

Para a operação de *setup*, em alguns casos o técnico precisa de procurar e transportar a mão *robot* para perto da máquina por isso é muito importante que este consiga localizar rapidamente aquela que precisa para evitar o desperdício de tempo. O armazém de mãos *robot* atual encontra-se desorganizado, não havendo suportes suficientes para armazenar todas as mãos existentes. Na Figura 44 é possível observar que algumas das mãos estão pousadas na parte superior, o que pode danificar as mesmas e dificultar a sua localização.



Figura 44: Suporte de Mãos Robot (Antes)



Assim, foi realizado um levantamento das mãos *robot* e das posições existentes para armazenar as mesmas. Como os suportes existentes não são suficientes foi criado um suporte para armazenar as mãos. Para além disso, verificou-se que muitas mãos não estão identificadas ou têm a sua etiqueta de identificação danificada, portanto foi pedido ao responsável do Departamento de Engenharia para as substituir. Posto isto, foi realizada uma análise de modo a perceber em que máquinas é que as mãos são mais utilizadas (de acordo com o molde associado) para lhes atribuir a localização mais próxima. Assim, foram definidas as localizações X (Figura 45), Y (Figura 46) e Z (Figura 47) e foram atribuídas localizações específicas para cada uma das posições onde foram alocadas as mãos. Esta informação foi colocada fisicamente através de etiquetas e informaticamente através da inserção das localizações no IFS, o software da empresa. Para localizar as mãos *robot* os técnicos devem consultar no Guia de Funcionamento do Molde (GFM) a mão robot associada ao molde e verificar a sua respetiva localização. Para tal, foi requerida a alteração da aplicação ao departamento Técnico que criou um campo designado “Mão Robot” onde está disponível o número da mão e a sua respetiva localização, informação proveniente do IFS.



**Figura 45: Suporte de Mãos Robot X**



**Figura 46: Suporte de Mãos Robot Y**



**Figura 47: Suporte de Mãos Robot Z**

- Criação de um *Standard* de Programação de Termorreguladores

Os termorreguladores são equipamentos essenciais para o processo de injeção. Estes equipamentos são responsáveis por controlar a temperatura dos moldes auxiliando no processo de aquecimento e arrefecimento do material termoplástico. Uma das etapas do processo de mudança de molde consiste na programação do termorregulador de acordo com a temperatura ideal para o molde e temperatura em questão. O técnico de injeção tem acesso à informação das temperaturas e comunica com o operador para que este as programe. No entanto, devido à existência de nove modelos diferentes, o operador tem dificuldade em inserir a temperatura da forma mais rápida possível.

Assim, com o auxílio de um operador da oficina, foi recolhida informação sobre a forma de programar os diferentes modelos de termorreguladores. A partir dessa informação, foi criado um *standard* para cada modelo, em que o operador pode facilmente perceber os passos a seguir para a programação do termorregulador. Com esta solução pretende-se que a tarefa de programação do termorregulador seja realizada de forma mais rápida e que seja possível a sua concretização mesmo por alguém com pouca experiência. Na Figura 48 encontra-se um exemplo do *standard* realizado para os modelos de termorreguladores da marca TOOL-TEMP. Por fim, foi colocado um *standard* na parte exterior de todos os termorreguladores da fábrica para qualquer pessoa que trabalhe com eles consiga programar as temperaturas facilmente.



Figura 48: Norma de Programação de Termorregulador TOOLS-TEMP

- Identificação das Torneiras de Água

Ainda em relação aos termorreguladores, o técnico indica ao operador que deve abrir ou fechar as torneiras de água quente ou fria dependendo dos casos. No entanto, como estas torneiras não estão identificadas (ver Figura 49), o técnico tem de se deslocar para mostrar ao operador o que deve fazer.



Figura 49: Torneira sem identificação



Figura 50: Torneiras com identificação

Para facilitar a identificação das torneiras, foram coladas etiquetas azuis com um "F" para as torneiras de água fria e para as de água quente colocou-se etiquetas vermelhas com "T1" para a torneira do termorregulador principal e com "T2" para o termorregulador de reserva, no caso de existir (Figura 50).

- Termorregulador *Backup*

Outro problema que está relacionado com os termorreguladores acontece quando se inicia a mudança de molde e ao programar as temperaturas no mesmo verifica-se que este se encontra avariado. Nestes casos, para resolver a situação momentaneamente os operadores procuram um termorregulador da mesma tipologia que está disponível noutra máquina que não esteja em produção. Esta solução, apesar de não ser a mais correta, funciona a curto prazo, mas a longo prazo é insustentável porque quando a outra máquina iniciar a produção irá estar em falta o seu termorregulador. Para além disso a reparação destes equipamentos não é organizada da forma mais correta. Para solucionar este problema sugeriu-se a aquisição de termorreguladores *backup* para substituir o principal em caso de avaria e definiu-se o procedimento para estes casos.

Assim, em caso de avaria o operador deve contactar o chefe de equipa que por sua vez abre a OT (Ordem de Trabalho) e contacta a Manutenção. A Manutenção é responsável por substituir o termorregulador avariado por um da mesma tipologia, por iniciar a reparação do termorregulador principal e depois de reparado por trocar o *backup* pelo original.

Neste momento esta ação não se encontra ainda implementada porque se aguarda a análise dos orçamentos de compra de novos termorreguladores para substituição ou reserva.

- Outras Ações de Melhoria

Para agilizar o processo de mudança de molde os operadores foram alertados para comparar a informação da matéria-prima que se encontra em máquina consultando o STAIN no computador da bancada com a informação que vem no plano de moldes para que o operador perceba facilmente se será necessário trocar a matéria-prima.

No caso de efetivamente haver mudança de matéria-prima os operadores devem desligar o abastecimento com antecedência para otimizar o consumo no final da produção e evitar que fique matéria-prima na tremonha e assim seja necessário retirá-la.

Os técnicos de injeção também foram incentivados a aumentar a velocidade inicial do “pigmentador” de modo a que a cor se propague mais rapidamente, acelerando assim todo o processo.

E por último todas as semanas é realizada uma reunião com elementos do Departamento de Manutenção para facilitar o fluxo de informação relevante para a Injeção, nomeadamente problemas existentes com moldes, prazos de entrega, entre outros.

- Acompanhamento da Injeção

De forma a garantir que os *standards* criados são cumpridos e que o processo é realizado de forma eficiente, foi realizado o acompanhamento nos 3 turnos durante 5 dias. Apesar do acompanhamento ter sido considerado uma ação que acarreta maior benefício, só faz sentido que seja realizado após a realização das restantes ações de melhoria. Assim, os elementos do *workshop* dividiram-se, estando 2 elementos a acompanhar em cada turno, ou seja, um elemento para cada conjunto de setores (Setor 1 e 2 e Setor 3 e 4) de forma a acompanhar as equipas com maior rigor. Para isso foi criando um *standard* de acompanhamento onde estão descritos os principais pontos a ter em atenção que se encontra no Anexo 9. O principal objetivo da realização deste acompanhamento foi garantir que os colaboradores cumprem todos os *standards* de forma eficiente para que posteriormente o façam autonomamente e registar oportunidades de melhoria.



Essas oportunidades de melhoria foram registadas ao longo dos dias e podem ser observadas na Tabela 9. Posteriormente estas ações resultantes do acompanhamento foram realizadas em conjunto por todos os elementos do *workshop*. Por último, o *standard* de mudança de molde foi atualizado (Anexo 10) uma vez que o existente se encontrava desatualizado e foram implementadas melhorias que alteraram a realização de algumas tarefas.

**Tabela 9: Oportunidades de Melhoria Identificadas no Acompanhamento**

Oportunidades de Melhoria
Comprar chave boca/luneta 36 mm para setor 1
Definir no <i>standard</i> momento de arrumo do pote usado para soprar água dos moldes
Definir quem e em que momento é retirada FVA e peças de arranque da produção anterior
Adicionar opções de classificação de paragens: Mudança de Óleo; Falta de Racords; Falta de Lubrificação da Extração
Criar procedimento de entrega de moldes: injeção tem de ser informada da entrega de moldes para que seja criada localização
Falar com operadores para que potes de água e baldes da esfregona sejam despejados por quem os deixou cheios
Contactar engenharia para criar marcas no chão/calhas para a posição de periféricos como por exemplo o dispositivo de porcas da MIP50
Criar local para colocar <i>sprays</i> do operador ( <i>sprays</i> ficam sempre espalhados pelas máquinas)
Formar operadores para necessidade de também prepararem mudanças de moldes com “tectones”
Mudanças do TWINS têm de ser coordenadas pelo chefe de equipa
Tirar bloqueio dos <i>tablets</i> com <i>password</i> (técnicos estão constantemente a iniciar sessão)
Avaliar com planeamento trocas de pigmento preto para branco e vice-versa (desperdício de MP, pigmento e tempo)
Colocar chapa a tapar tubagens da MIP 96 do lado da passadeira (ação para engenharia)
Guardar início de sessão no STAIN durante 2/3 minutos
Computadores da bancada do setor 1 e 4 muito lentos
Reforçar análise aos métodos de separação, eles encontram melhorias, mas não comunicam no DK
Comprar escadote para o TWINS para facilitar acesso às máquinas



### 3.2.6 Confirmação de Objetivos

Como já foi referido anteriormente, um dos pontos de partida deste projeto foi uma duração média do *setup* de 35 minutos, sendo que o objetivo associado passa por atingir os 28 minutos de duração média. A partir do início do ano de 2019, momento em que se implementou a maioria das soluções propostas, foram analisados os valores do *setup* médio ao longo das semanas de modo a perceber a evolução deste indicador. Na Figura 51 encontra-se o gráfico que representa a evolução do indicador do *setup* médio.

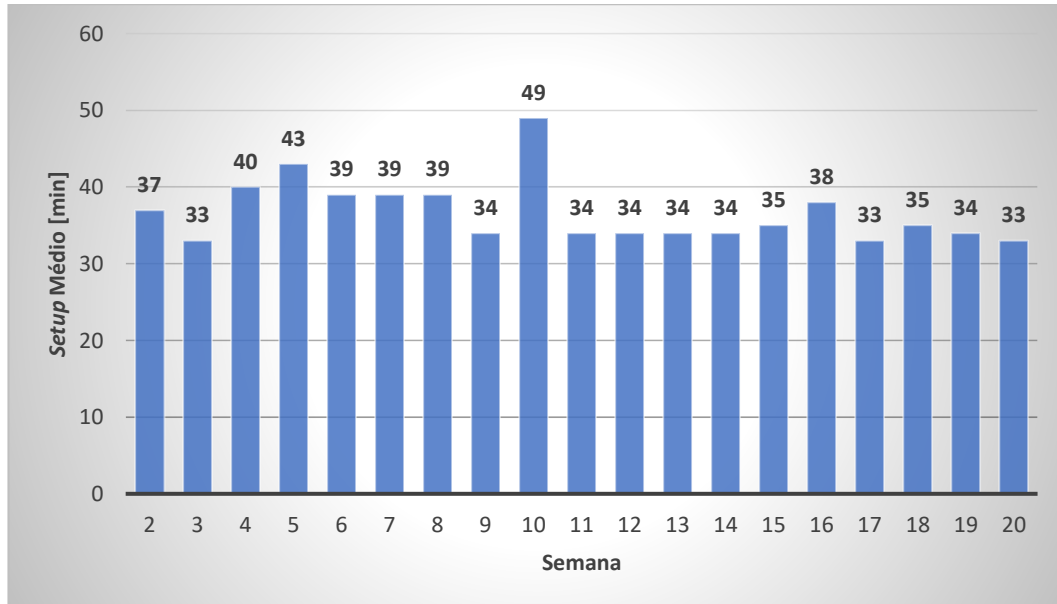


Figura 51: Evolução do Valor do *Setup* Médio

A partir do gráfico da Figura 49 verificou-se que nas primeiras 10 semanas de 2019, o *setup* médio encontrava-se na maioria dos casos mais elevado que o valor base. Esta situação levou a uma análise de todo o processo e dos seus envolventes de modo a perceber as causas que possam ter provocado este aumento em relação ao valor de partida. Após este estudo conclui-se que há três fatores que originaram o aumento do *setup* médio, sendo eles:

- Alterações nos recursos humanos no Departamento de Manutenção de Moldes. Este departamento é responsável por resolver problemas relacionados com os moldes de injeção e por realizar a sua manutenção. No segundo semestre de 2018 saíram dois elementos experientes, o que levou ao aumento dos problemas com moldes. Tal como se pode verificar no gráfico da Figura 52, nos meses Janeiro, Fevereiro e Abril do ano de 2019 obteve-se o número de Ordens de Trabalho criadas para moldes mais elevado dos últimos dois anos, o que comprova que consequentemente aumentou o número de problemas nos moldes. Muitos destes problemas são identificados pelo técnico de injeção durante a mudança de molde, o que acaba por comprometer a duração da mesma uma vez que atualmente o técnico tenta resolver o problema se for algo simples e o molde apenas é encaminhado para a Manutenção de Moldes se for algo que não esteja ao alcance das suas capacidades.

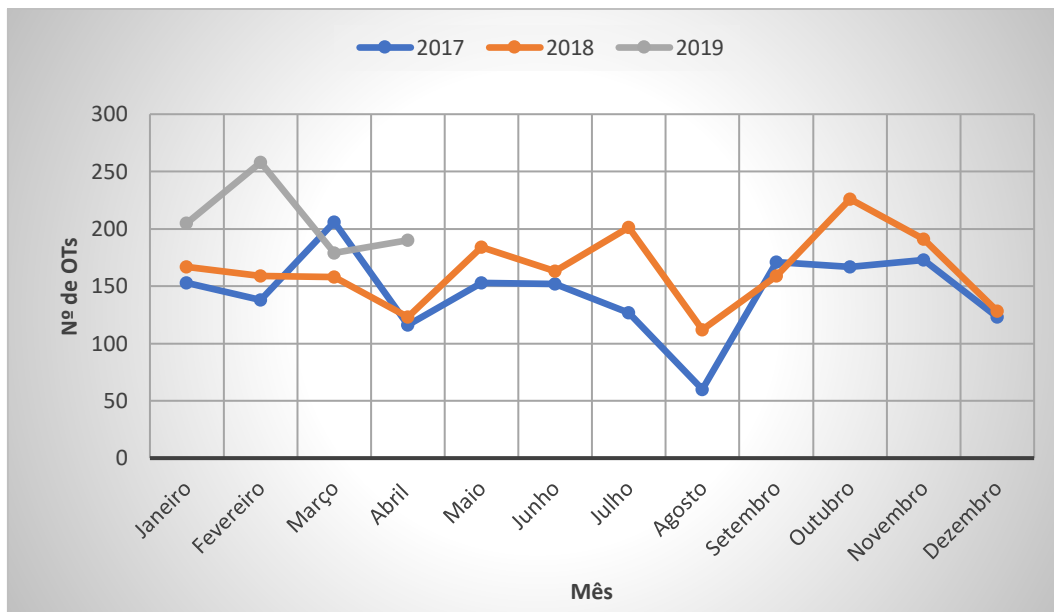


Figura 52: Análise das OT's Criadas para Moldes

- Saída de dois técnicos de injeção e de um operador experiente que prestava auxílio na resolução de problemas enquanto o técnico avançava para a mudança seguinte. A saída destes elementos levou a que as equipas ficassem com menos recursos provocando diretamente o aumento do tempo médio de mudança de molde. Por outro lado, com a saída do operador mais experiente, quando o técnico encontra um problema é necessário ser o próprio a tentar resolvê-lo, não avançando para a mudança seguinte. Para além do técnico de injeção despende mais tempo na máquina devido à resolução do problema em questão, esse tempo será contabilizado na duração da mudança de molde.
- Colaboradores da injeção (operadores, técnicos e chefes de equipa) em formação. Por consequência da saída dos elementos da injeção referidos anteriormente, houve a necessidade de contratar novos elementos para os substituir. Elementos esses que durante o período de formação ainda não se encontram aptos para realizar as suas funções de forma autónoma. O processo de formação exige que as tarefas sejam realizadas de forma prolongada, levando também ao aumento da duração média do *setup*. Por outro lado, enquanto os elementos não possuem a aptidão necessária para realizar as suas tarefas, como por exemplo realizar uma mudança de molde, tarefa que exige algum treino, será necessário que outros elementos realizem as tarefas por si como é o caso do chefe de equipa que substitui o operador.

Tendo em conta que o tempo dedicado à resolução de problemas de moldes pelo técnico de injeção durante a mudança de molde atualmente está a ser contabilizado para a duração do *setup*, considerou-se necessário conseguir uma forma de contabilizar estes tempos separadamente. A solução encontrada consiste em rodar a chave assim que seja detetado um problema no molde e classificar a paragem correspondente à resolução do mesmo como “Avaria de Molde”. Desta forma,

ao realizar a análise do *setup* médio será possível contabilizar como mudança de molde apenas as tarefas deste processo e sempre que houver uma “Avaria de Molde” imediatamente depois saber-se-á que esta foi uma mudança com um problema associado. Devido à necessidade de formar os técnicos de injeção acerca desta alteração do procedimento, não é possível avaliar de imediato o valor do *setup* médio porque será necessário um tempo de adaptação e de registo de dados. Desta forma propôs-se o alcance dos 28 minutos de tempo médio da mudança de molde para o final do mês de julho de 2019, altura em que se prevê que já exista uma base de dados com as avarias de molde separadas da mudança de molde e que os colaboradores da injeção já tenham concluído a formação estejam aptos para desempenhar as suas funções autonomamente.

Consequentemente ao alcance do objetivo de diminuição da duração média das mudanças de molde, irá atingir-se o objetivo relacionado com o aumento da disponibilidade de técnico que foi proposto inicialmente.

Relativamente à percentagem de paragens por declarar, o valor inicial encontrava-se nos 90%. Na semana 3 do ano de 2019 os operadores foram formados acerca do *standard* de classificação de paragens e a partir desse momento foi acompanhado o processo de modo a verificar se o *standard* estava a ser cumprido. Na Figura 53 encontra-se o gráfico da evolução do indicador relativo à classificação de paragens.

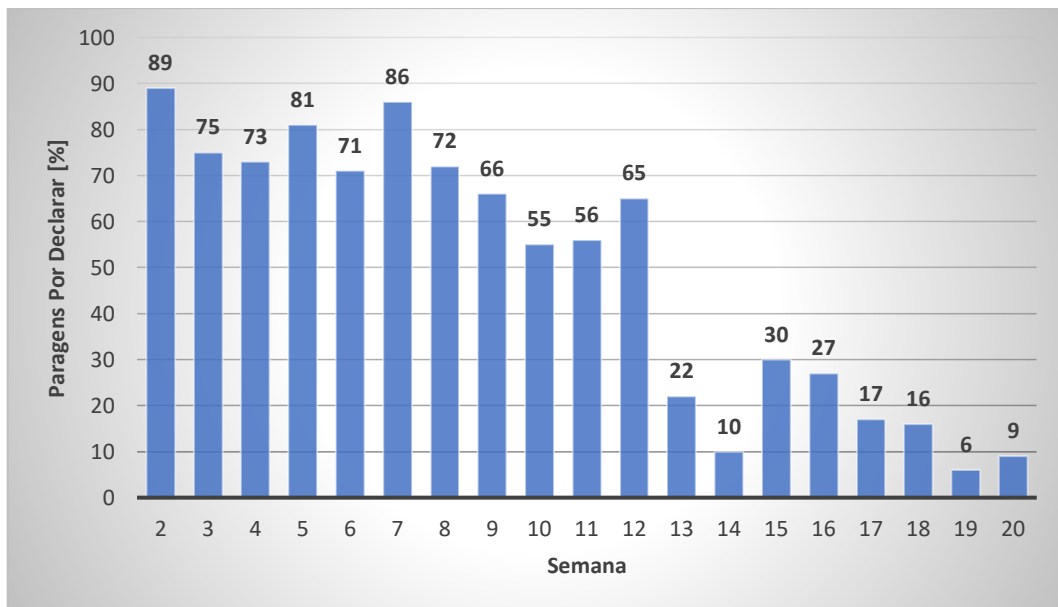
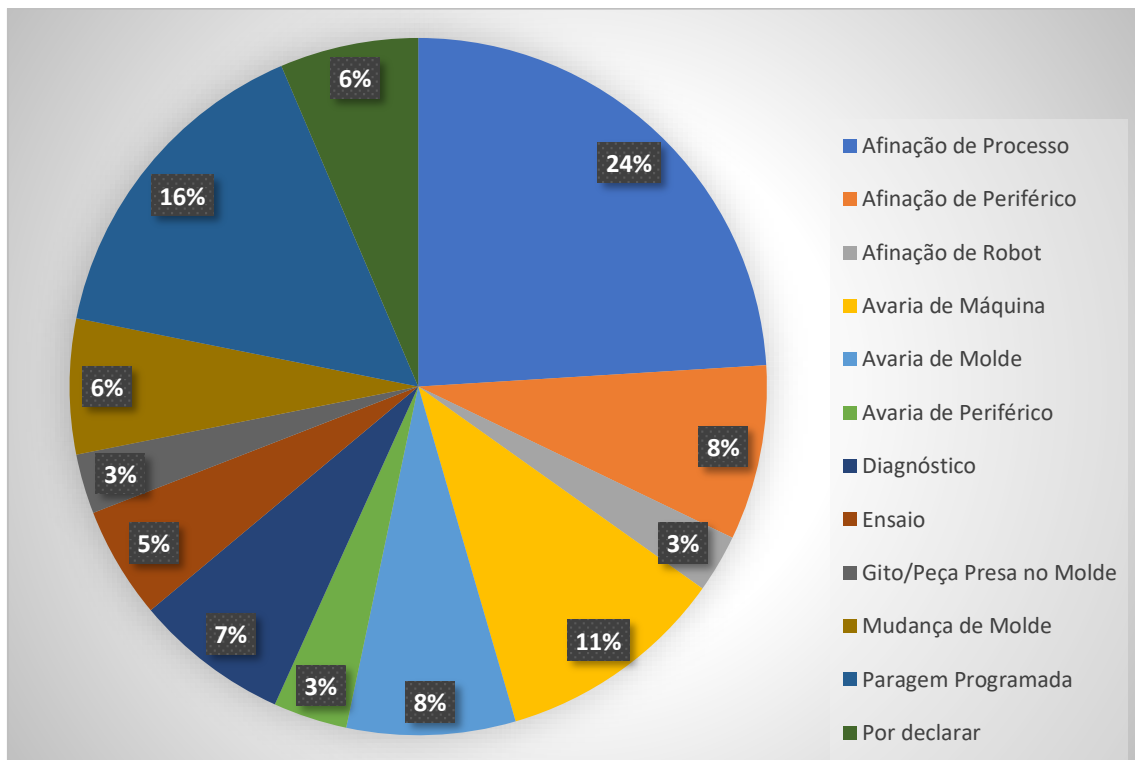


Figura 53: Evolução da Percentagem de Paragens por Declarar

Como se pode verificar através do gráfico da Figura 51, inicialmente os operadores não cumpriam o procedimento na totalidade, apenas classificavam algumas das paragens do turno. No entanto, ao longo do tempo os operadores foram advertidos acerca da importância da realização desta tarefa e o valor da percentagem de paragens por declarar foi diminuindo até atingir o valor objetivo na semana 19, onde foi inferior a 10%.

A título de exemplo, na Figura 54 encontram-se representadas as causas de paragens das máquinas automáticas na semana 19 de 2019 onde foram registadas 13181 paragens fazendo um total de 8429 horas de paragem. Nesta semana, 24% das paragens ocorreram por Afinação de

Processo, 16% foram Paragens Programadas e 11% ocorreram devido a Avaria de Máquina. De acordo com estes dados esta seria a avaria com maior prioridade e poderá indicar que é necessário intervir nas máquinas, como por exemplo realizando manutenção preventiva para diminuir as suas paragens. No entanto, estes dados não são representativos pois são referentes apenas a uma semana, mas no futuro com uma base de dados mais robusta será possível realizar este tipo de análises e tirar conclusões acerca as mesmas com o objetivo de minimizar as paragens das máquinas. Por outro lado, é importante referir que uma possível solução para reduzir a duração destas paragens das máquinas poderia passar por aumentar a mão de obra, uma vez que se houver mais pessoas será possível responder mais rapidamente aos alarmes das máquinas.



**Figura 54: Análise das Causas de Paragens das Máquinas Automáticas**

Por último, foi atualizado o relatório A3 do projeto com os resultados atingidos até à data final do projeto (ver Anexo 11).

## 4. Conclusão

Neste capítulo final será apresentada a conclusão do presente relatório de projeto, onde são descritas as principais dificuldades na implementação do projeto e ainda são expostas sugestões de trabalho futuro com o objetivo de acompanhar o trabalho já desenvolvido e dar continuidade ao projeto implementando soluções que não foram possível concretizar.

### 4.1 Conclusões

A metodologia SMED não é uma novidade para a OLI – Sistemas Sanitários, S.A., nem para o processo de mudança de molde na empresa em concreto. Esta filosofia já foi implementada para este processo mais do que uma vez, o que comprova que existe sempre algo a melhorar nos processos, ou seja, é importante acompanhar os processos aliados com a filosofia de melhoria contínua.

O principal objetivo do SMED é minimizar a duração das trocas de ferramentas, realizando-as no menor tempo possível. Desta forma um dos objetivos do projeto foi a redução do *setup* médio em 20% e consequentemente o aumento da disponibilidade de técnico. Para tentar atingir este objetivo, foi realizada uma análise de todo o processo acompanhando a realização do mesmo no terreno, onde foram identificadas as causas de problemas e posteriormente foram encontradas soluções para as mesmas. Posto isto, algumas dessas soluções foram implementadas enquanto que outras não chegaram a ser realizadas uma vez que através da sua relação custo-benefício se verificou que não se justificava o investimento imediato.

As soluções implementadas passaram por rever e criar *standards* para a injeção, fixar ao chão os elementos necessários ao *robot*, movimentar para a cave os moldes inativos de modo a libertar espaço e aproximar os moldes das máquinas onde trabalham, criar suportes em cada setor com as ferramentas necessárias a cada operador, criar um supermercado de consumíveis, implementar os 5S's nas zonas de trabalho, organizar o armazém de mãos *robot*, entre outras. Os resultados comprovaram que as ações implementadas contribuíram para a diminuição do *setup* médio e consequentemente o aumento da disponibilidade de técnico, no entanto o objetivo definido inicialmente não foi atingido até ao momento mas não se pode considerar apenas esse indicador para o sucesso deste projeto uma vez que as ações implementadas acarretaram resultados positivos, facilitando a realização das tarefas dos colaboradores da injeção e melhorando a execução do processo de mudança de molde.

Para além do objetivo de redução do *setup* médio e do aumento da disponibilidade de técnico, este projeto também teve como objetivo a diminuição das paragens por declarar de 90% para um valor inferior a 10% uma vez que inicialmente não havia qualquer conhecimento acerca das paragens ocorridas. Para atingir este objetivo foi criado um *standard* de classificação de paragens e os operadores foram formados de modo a dar-lhes conhecimento acerca da forma como se realiza a tarefa e da sua importância. Este objetivo foi cumprido pelo que no futuro já será possível realizar análises às principais causas de paragens e posteriormente agir sobre as mesmas.

Na implementação das ações mencionadas surgiram alguns obstáculos e limitações. O mais difícil foi lidar com as pessoas, convencê-las de que as ações iriam facilitar o desempenho do seu trabalho e mostrar-lhes que sem a sua participação não seria possível alcançar os resultados pretendidos. No entanto, com persistência e paciência, as pessoas acabaram por perceber a importância do cumprimento das tarefas que lhes foram propostas para o sucesso deste projeto e

que o seu contributo foi essencial. Por outro lado, os suportes de ferramentas, a implementação dos 5S's nos carros dos técnicos e a criação do supermercado de consumíveis foi muito bem recebida pelos técnicos e operadores, uma vez que veio facilitar diretamente o seu trabalho.

## 4.2 Trabalho Futuro

No futuro é essencial que se continue a acompanhar todo o processo realizando as auditorias relativas ao quadro *kamishibai* de modo a garantir que os *standards* continuam a ser cumpridos da forma que foi definida. Mas para além das soluções implementadas durante este projeto, há muitas outras que não foram executadas porque o período do estágio não o permitiu. Deste modo, as propostas de trabalho futuro são:

- Acompanhar o trabalho já desenvolvido e confirmar o alcance do objetivo de 28 minutos de mudança de molde até ao final do mês de julho de 2019 através do indicador do valor do *setup* médio;
- Normalizar a espessura de moldes para que sempre que se efetua uma mudança de molde não seja necessário realizar a afinação do prato móvel;
- Implementar um sistema de preparação centralizada de moldes de modo a que os moldes sejam limpos e aquecidos externamente à mudança de molde;
- Adquirir calços de aperto rápido para as máquinas que possuem calços de aperto manual, facilitando a realização da tarefa;
- Alteração dos moldes com o encaixe por “tectones” libertando o operador, eliminando a tarefa de aperto e desaperto dos calços e facilitando a fixação do molde à máquina;
- Associar moldes que trabalham com a mesma matéria-prima e mesmo pigmento na mesma máquina para evitar as trocas de cor e matéria-prima e assim diminuir o desperdício;
- Implementar válvulas antirretorno para que não seja necessário vaziar a água que fica no interior do molde para um pote;
- Sinalizar a posição da ponte para facilitar o alinhamento com a posição de entrada do molde em máquina;
- Realizar cones e furos nos moldes e nas máquinas de modo a facilitar a colocação do molde em máquina;
- Implementar sistema RFID ou *Bluetooth* para os moldes para permitir saber a localização dos mesmos facilmente;
- Implementar início de sessão no STAIN através de códigos de barras para operadores diminuindo o tempo que estes despendem a fazê-lo manualmente, uma vez que esta é uma tarefa realizada inúmeras vezes durante o turno;
- Analisar as causas de paragens de máquina mais frequentes e encontrar soluções para as minimizar.

## Referências Bibliográficas

- 5S Today. (n.d.). What is 5S? [Online]. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- Ahmad, R., Syazwan, M., & Soberi, F. (2018). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- Al-Aomar, R. (2011). Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59, 2014–2019. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.294.4667&rep=rep1&type=pdf>
- Andrew P. Dillon, S. S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2010). Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. In Euroma (Ed.) (pp. 1–10). Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/19111>
- Arunagiri, P., & Babu, A. G. (2013). Review on Reduction of Delay in manufacturing process using Lean six sigma (LSS) systems. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(2). Retrieved from <http://www.ijsrp.org/research-paper-0213.php?rp=P14780>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014a). Identification of High Impact Lean Production Tools in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014b). Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.12.460>
- Avecilla, F., Fameronag, J., & Polled, N. (2015). Set-up Time Reduction at Stamping Station 1 of Tri-R Allied Industries Incorporated. In *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Dubai, United Arab Emirates: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093846>
- Baudin, M., & Bard, J. (2007). A Review of: “Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods.” *IIE Transactions*, 38(9), 797–798. <https://doi.org/10.1080/07408170600684165>
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & Merino-Díaz de Cerio, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 217–230. <https://doi.org/10.1108/02656711011014320>
- Baysan, S., Kabadurmus, O., Cevikcan, E., Satoglu, S. I., & Durmusoglu, M. B. (2019). A simulation-

- based methodology for the analysis of the effect of lean tools on energy efficiency: An application in power distribution industry. *Journal of Cleaner Production*, 211, 895–908. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.11.217>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Sanctis, I. De, Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2015). A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector. *Assembly Automation*, 35(1), 22–34. <https://doi.org/10.1108/AA-05-2014-035>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2016). Enhancing SMED: Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. *Production Planning & Control*, 27(4), 328–342. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1126370>
- Bryce, D. M. (1996). *Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals*. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers.
- Daniel, S., & Cristina-elena, B. (2014). Lean Manufacturing Benefits in a Pharmaceutical Production Plant. *Applied Mechanics and Materials*, 657, 991–995. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.657.991>
- Dave, Y., & Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2). Retrieved from [http://thinkinglean.com/img/files/Single\\_Minute\\_Exchange\\_of\\_Dies\\_Literature\\_Review.pdf](http://thinkinglean.com/img/files/Single_Minute_Exchange_of_Dies_Literature_Review.pdf)
- Deros, B. M., Mohamad, D., Idris, M. H. M., Rahman, M. N. A., Ghani, J. A., & A.R, I. (2011). Setup Time Reduction in an Automotive Battery Assembly Line. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS APPLICATIONS, ENGINEERING & DEVELOPMENT*, 5(5), 618–625. Retrieved from <http://www.naun.org/main/UPress/saed/20-750.pdf>
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., & Ponnambalam, S. G. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Do, D. (2017). The Five Principles of Lean [Online]. Retrieved March 6, 2019, from <https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>
- El-namrouy, K. A., & Abushaaban, M. S. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study “Gaza Strip Manufacturing Firms”. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), 68–80. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- FlexPro Consultoria Empresarial. (n.d.). Lean Manufacturing [Online]. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.flexproconsultoria.com.br/lean>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.



- Grzybowska, K., & Gajdzik, B. (2012). OPTYMISATION OF EQUIPMENT SETUP PROCESSES IN ENTERPRISES. *METALURGIJA*, 51(4), 555–558.
- Hall, R. W. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence: Just-in-time, Total Quality, Total People Involvement*. Homewood, Illinois: Dow Jones-Irwin.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64.  
<https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Ibrahim, M. A., Mohamad, E., Arzmi, M. H., Rahman, M. A. A., Saptari, A., Shibghatullah, A. S., ... Ali, M. A. M. (2015). Enhancing Efficiency of Die Exchange Process Through Single Minute of Exchanging Die at a Textile Manufacturing Company in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, 15(3), 456–464. <https://doi.org/10.3923/jas.2015.456.464>
- Ikuma, L. H., Nahmens, I., & James, J. (2011). Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(9), 551–560. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000330](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000330).
- Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169–196. <https://doi.org/10.1108/14637151311294912>
- Kemal Karasu, M., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., & Demirel-Ortabas, N. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. *Measurement*, 47, 741–748.  
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.09.035>
- Kitayama, S., & Natsume, S. (2014). Multi-objective optimization of volume shrinkage and clamping force for plastic injection molding via sequential approximate optimization. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 48, 35–44.  
<https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2014.07.004>
- Kitayama, S., Yamazaki, Y., Takano, M., & Aiba, S. (2018). Numerical and experimental investigation of process parameters optimization in plastic injection molding using multi-criteria decision making. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 85, 95–105.  
<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.04.004>
- Knechtges, P., & Decker, M. C. (2014). Application of Kaizen Methodology to Foster Departmental Engagement in Quality Improvement. *Journal of the American College of Radiology*, 11(12), 1126–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.08.027>
- Kochańska, J., & Burduk, A. (2019). Rationalization of Retooling Process with Use of SMED and Simulation Tools. In *International Conference on Information Systems Architecture and Technology* (pp. 303–312). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99993-7>
- Kumar, V., & Bajaj, A. (2015). The Implementation of Single Minute Exchange of Die with 5'S in Machining Processes for reduction of Setup Time. *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering*, 2(2), 32–39. Retrieved from <http://www.ijrmee.org/>

- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw Hill.
- Lopes, R. B., Freitas, F., & Sousa, I. (2015). Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries. *Journal of Technology Management & Innovation*, 10(3), 120–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0718-27242015000300013>
- Ma, X. (2017). Design of a Metronome Based on the Idea of “ANDON.” In *Second International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering Design* (pp. 79–82). <https://doi.org/10.1109/ICMCCE.2017.17>
- Meredith, J. R., & McCutcheon, M. (1993). Conducting case study research in operations management. *Journal of Operations Management*, 11(3), 239–256. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0272-6963\(93\)90002-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0272-6963(93)90002-7)
- Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(3), 339–344. Retrieved from <https://docplayer.net/20621768-Lean-thinking-reduction-of-waste-lead-time-cost-through-lean-manufacturing-tools-and-technique.html>
- Monden, Y. (1994). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. London: CHAPMAN & HALL.
- Moreira, A. C., & Pais, G. C. S. (2011). Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(1), 129–146. <https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000100011>
- Müller, E., Schillig, R., Stock, T., & Schmeiler, M. (2014). Improvement of Injection Moulding Processes by Using Dual Energy Signatures. *Procedia CIRP*, 17, 704–709. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2014.01.110>
- Niederstadt, J. (2014). *Kamishibai Boards: A Lean Visual Management System That Supports Layered Audits*. Boca Raton: CRC Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press.
- OLI - Sistemas Sanitários, S. A. (n.d.). OLI [Online]. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.oli-world.com/pt/>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.139>
- Panizzolo, R. (1998). Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management. *International Journal of Production Economics*, 55, 223–240. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00066-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00066-8)
- Powell, D., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., & Dreyer, H. (2013). The concurrent application of lean production and ERP: Towards an ERP-based lean implementation process. *Computers in*

- Industry*, 64(3), 324–335. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.12.002>
- Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work for the Shopfloor*. Portland, United States: Productivity Press.
- Rajemi, M. F., & Mohd, H. M. (2015). Sustainable Manufacturing in Injection Molding: Development of Energy Map. *Applied Mechanics and Materials*, 735, 91–95. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.735.91>
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11, 1069–1076. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute.
- Saravanan, V., Nallusamy, S., & Balaji, K. (2018). Lead Time Reduction through Execution of Lean Tool for Productivity Enhancement in Small Scale Industries. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 34, 116–127. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.34.116>
- Sarkar, D. (2006). *5S for Service Organizations and Offices: A Lean Look at Improvements*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.
- Shmula. (n.d.). Shmula.com [Online]. Retrieved March 6, 2019, from <https://www.shmula.com/what-are-different-types-of-kanban/22435/>
- Souza, M. S. de, Brandão, L. C., Rascalha, A., Fernandes, W., & Souza, M. G. de. (2012). Implantation of the SMED Technology into an Auto Parts Industry: A Case Study. In *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Retrieved from [https://mafiadoc.com/implantation-of-the-smed-technology-into-an-auto-parts-industry-a-\\_598c5e3c1723ddcf69a3da01.html](https://mafiadoc.com/implantation-of-the-smed-technology-into-an-auto-parts-industry-a-_598c5e3c1723ddcf69a3da01.html)
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, 8, 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112–132. <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
- 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. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>

- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.12.341>
- Władysiak, R. (2007). Reengineering of Permanent Mould Casting with Lean Manufacturing Methods. *Archives of Foundry Engineering*, 7(3), 205–212. Retrieved from <http://www.afe.polsl.pl/index.php/pl/565/reengineering-of-permanent-mould-casting-with-lean-manufacturing-methods.pdf>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.
- Zahraee, S. M., Hashemi, A., Abdi, A. A., Shahpanah, A., & Rohani, J. M. (2014). Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study. *Jurnal Teknologi*, 68(3), 119–124. <https://doi.org/10.11113/jt.v68.2957>

Anexos

PROGRAMA DIÁRIO DE MUDANÇA DE MOLDES														19-03-2019		Revisão: 0	
Tumc	Máq.	Molde	Local	Materia-Prima	% Rec	Código Piment	Código Designação	Nº cav.	Quant.	C.U.	soPL	93%					
1º	3T	70	2	799	E1 3.2	pp + amr	0	201856	43053	BLOQUEADOR REGULAVEL TORNAZOR A	4	7000	OPL3				
2º	3T	89	1	927	E1 1.4	pp ntr	0	13190	879737	CHAPELUP/ ATLAS CABOS	1	2800	OPL6				
3º	3T	108	4	845	A2 4.5	pp + crz	0	125883	BA%5549	JANELA REG ATLAS CNZ	2	3500	OPL6	veio da olimoides - ensaio MN			
4º	1T	58	2	522	MAQ 123	abs brc	50	590001	PILETE H50 ATLAS AUT SPEED	2	1500	OPL6		posições mudados			
5º	1T	111	1	694	TWINS	ps sccstrórb	0	7767	CORPO VAL TWINS IFO	2	10000	OPL5					
6º	1T	59	1	66	F3 6.7	POM NTR	0	22661	FREIO LIG 48 MM	2	1200	OPL5					
7º	1T	109	1	704	TWINS	abs GP22 + brc	0	590023	ESCALA NIVEL PBOIA DT DO T2	4	10000	OPL4					
8º	1T	53	1	434	F2 2.4	POM NTR	0	50372	ANILHA TIR N/ HOST	10	60000	K		conf 6000			
9º	1T	87	4	1127	C1 1.3	POM NTR	0	12584	ALAVANCA SUP ATLAS V3	4	12000	OPL6		conf 9007/300/300			
10º	1T	40	1	227	E4 1.3	PS REC brc	100	51354	CORPO SUP VAL DD	1	600			posições mudados			
11º	1T	123	2	836	MAQ 92	abs GP22 + crz	0	60211	HASTE H33-ATLAS V3 CNZ S/ OL-HAL	2	1000	X					
12º	1T	116	2	1100	D0	abs GP22 + azul	0	201829	PESANTE DP EVOLI	1	7000			conf 1000			
13º	1T	106	4	80	A2 4.4	pompntr	100	493331	ANCORINA AUT TIPO/ALTO	2	12000			conf 6000 - 50134			
14º	1T	64	2	D18	E4 2.4	abs GP22 + brc	0	22661	ALAVANCA 6L DO DP	2	500	X		conf 1000 - 493464			
15º	1T	78	3	1065	A2 3.7	pp + crz	0	125883	BOIA TORNTC101 CNZ	1	800			conf 20000			
16º	1T	59	1	1214	E1 1.7	POM NTR	0	208632	FIXADOR CONI CX TURB/BAT OU74	1	400			conf 1000			
17º	2T	40	1	244	E1 4.3	PS 32IP + brc	0	BA%6351	FIX ESTR METAL BETTER-CUN7191815	2	1500			conf 8000			
18º	2T	40	1	244	E1 4.3	PS 32IP + brc	0	201802	CONFABRACA OCEANO	1	500			conf 500			
19º	2T	96	4	794	A2 1.5	pp ntr	0	601526	FREIO VEDANTE ATLAS V2 D47	8	40000			conf 10000			
20º	2T	89	1	E18	S2 4.4	pp ntr	0	BA%12779	ANILHA RIX TESO/OUTA	1	7000			conf 2500 - 625455 (X2)			
21º	2T	70	2	1151	C2 4.1	pp + azul	0	581337	BOIA TORNAZOR/SILZ BOT/LAZ	4	12000			conf 3000 - em reparação na OLIMOIDES - ensaio MN			
22º	2T	59	1	1068	S2 1.2	entex75A prt	0	87520	SENFIM TC101	4	10000			conf 200			
23º	2T	64	2	797	H1 4.2	abs GP22 + brc	0	590401	CX BOT TWI LISA BRC	1	2500			conf 300 - anular 590337			
24º	2T	56	1	226	F3 4.1	pp + brc	0	60141	CASOLIG PN COREXP NTR	2	3000			conf 30000 - confirmar versão			
25º	2T	94	1	700	TWINS	POM NTR	0	590006	LIG.ACAO E NTR AGUA TWINS NTR	8	20000			conf 20000			
26º	2T	95	1	708	TWINS	pp brc	100	590016	BOIATORIEIRA TWINS	4	10000			conf 25000			
27º	2T	78	3	1189	A1 2.7	pp ntr	0	163405	ANIL PORTA VEDANTE VALE VOLI	2	18000			conf 600			
28º	2T	42	1	290	F4 1.8	PS REC brc	100	50168	FIXADOR AUT ZAF BRC	4	20000						
29º	2T	66	3	156	B1 1.3	pp prt + prt	100	860118	BOIAI/VDF B	2	4500			conf 1300 - ensaio MN			
30º	113	4	828	MAQ 115	H1 3.2	POM NTR	0	13761	RACIUM PLAST 38X43.3 QUADRA	2	PULL			em reparação na oficina - ensaio MN			
31º	65	2	850	H1 3.2	abs GP22	0	BA%1052	CASQUILHO BOT PI/PLI MET CRMG	1	500			conf 6000 - anular capa				
32º	55	1	135	F4 3.5	POM NTR	0	50207	COPO P/BOT PI	2	4000			conf 15000 - posições mudados - ensaio MN				
33º	123	2	283	MAQ 92	abs prt + prt	0	120121	PORCA PHATIC D78	8	50000			conf 800				
34º	63	2	624	H1 4.1	abs GP22	0	50821	BOT SIMP ESF CRG	4	2500			conf 2000				
8h:30	113	4	1205					220143	TUBO INF RAC 12M TC102	1				177511 - mudar posições máquina - ensaio (chamar Ze Luis)			
9h:30	115	4	829					47761	CONI RAC TOR CPT V3 38X45+CA5	4	PULL			mudar posições máquina			
T	58	2	522					119911	PILETE ATLAS TOP DOWN	2	8000			OPL6			
T	108	4	845					BA%149	JANELA REG ATLAS BRC	2	7000			OPL6	conf 3000 - mudar mp		
2T	109	1	704					590011	ESCALA NIVEL PBOIA DT IFO TWIN	4	10000			OPL4	conf 10000 - mudar posições máquina - mudar pigmento		
22h	100	4	677					612172	FIX ABRACA DE IRA EURO A78.5	1	4000			OPL1	612118, 612131 - mudar posições máquina		

Anexo 1: Programa Diário de Mudança de Moldes

OLI
STD REGISTO/CLASSIFICAÇÃO PARAGENS  
Máquinas Automáticas

**A máquina parou. Como proceder?**

**0**

- Operador deteta a paragem
- Identifica a causa

**1**

- Operador resolve o problema?

**SIM**

↓

**NÃO**

↓

Chama o Técnico

**OU**

O Chefe de Equipa

↓

**2**

- Operador faz o registo da paragem no STAIN. Como?

- 1º) Selecionar máquina a declarar/alterar paragem
- 2º) Clicar em “Paragens Máquinas (F5)”
- 3º) Selecionar a paragem a declarar/alterar
- 4º) Introduzir utilizador
- 5º) Clicar em “Modificar Causa (F9)”
- 6º) Selecionar o tipo de paragem
- 7º) Clicar em “Confirmar”

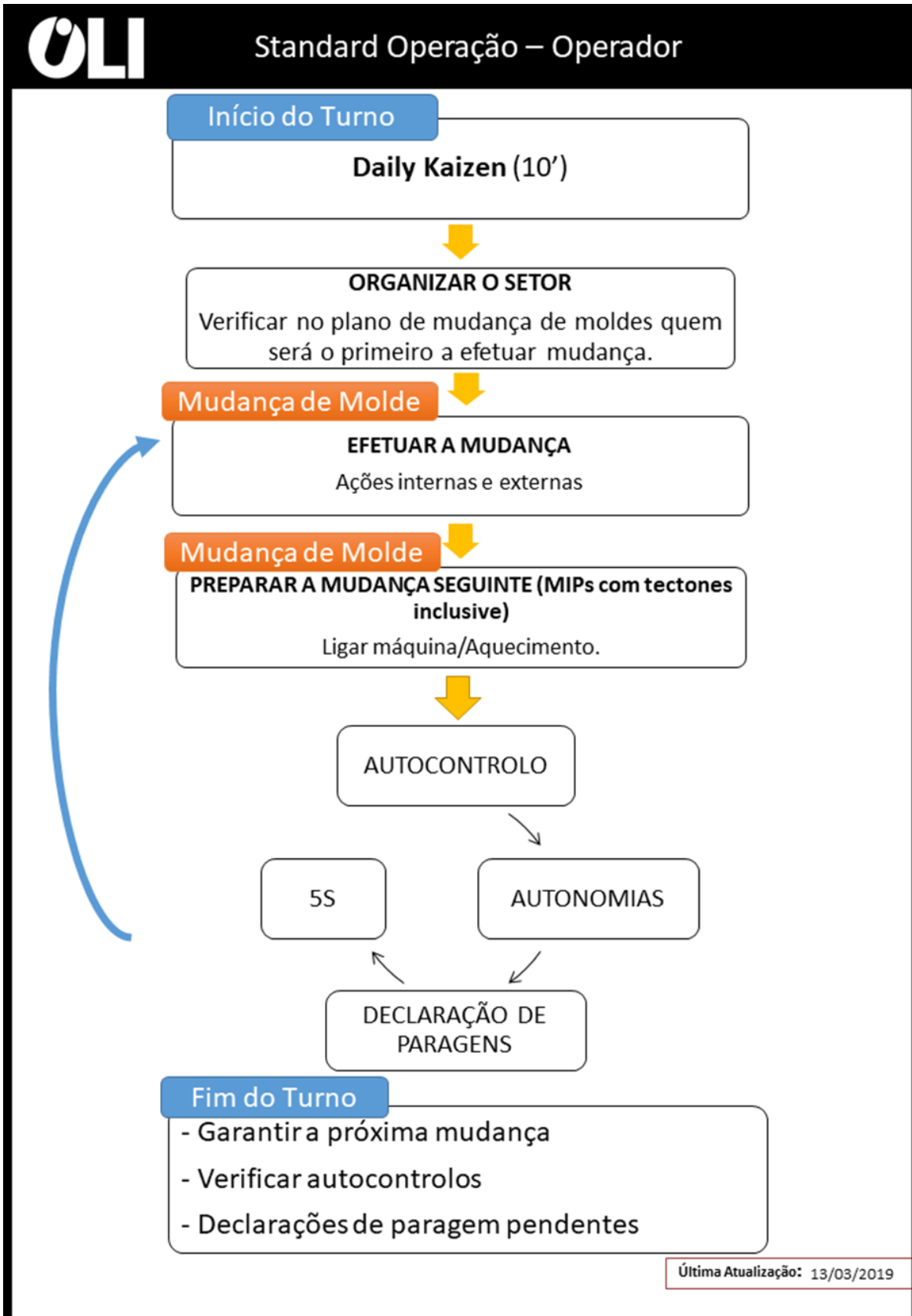
Última Atualização: 30/01/2019

The screenshot shows the STAIN software interface. At the top, there's a menu bar with options like 'Utilizadores', 'Configuração', 'Interrupções', 'Produção', 'Módulo', 'Análises', 'Fichas Técnicas', and 'Janela'. Below the menu is a table with columns for 'Máquina', 'Operador', 'Orden de Produção', 'Lote', and 'Ações'. A red circle labeled '1º' points to the 'Máquina' column. Another red circle labeled '2º' points to a button labeled 'Paragens Máquinas (F5)'. A third red circle labeled '3º' points to a row in the table. A fourth red circle labeled '4º' points to a button labeled 'Modificar Causa (F9)'. A fifth red circle labeled '5º' points to another 'Modificar Causa (F9)' button. A sixth red circle labeled '7º' points to a 'Confirmar' button in a dialog box titled 'STAIN - Causa de paragens'.

**3**

- Classificação concluída! ✓

Anexo 2: Standard de Classificação de Paragens

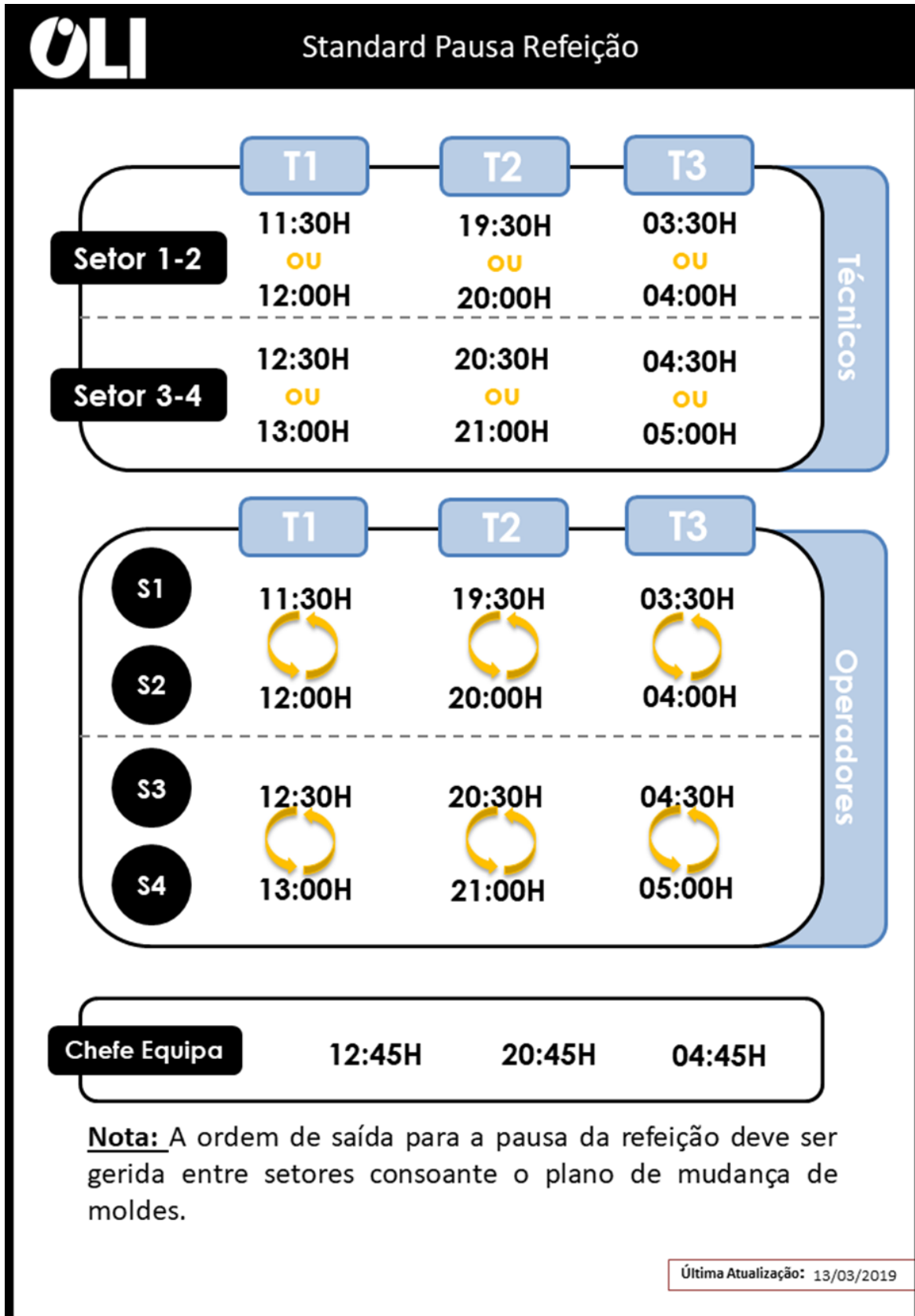


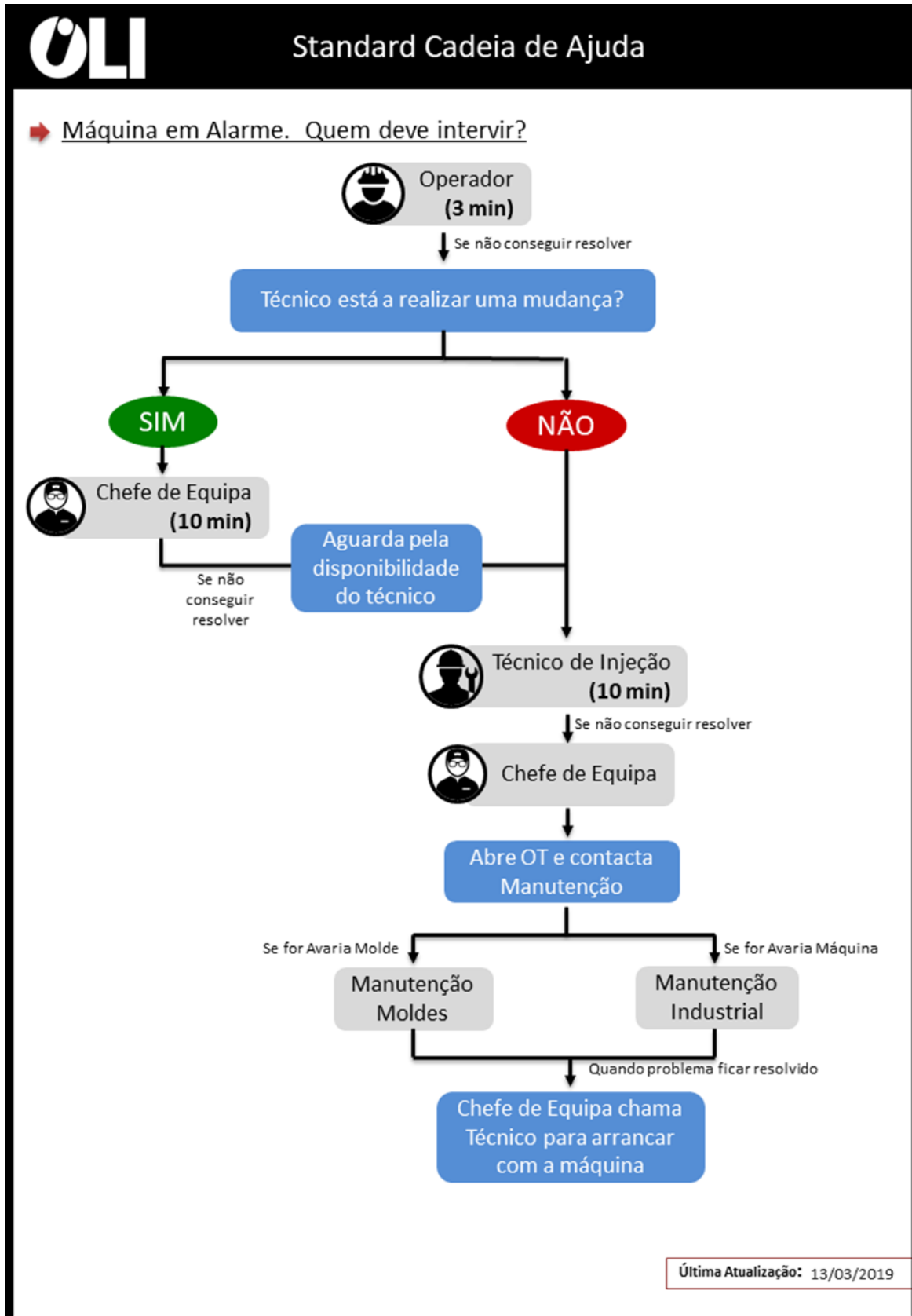
Anexo 3: Standard de Operação – Operador



Anexo 4: Standard de Operação – Técnico







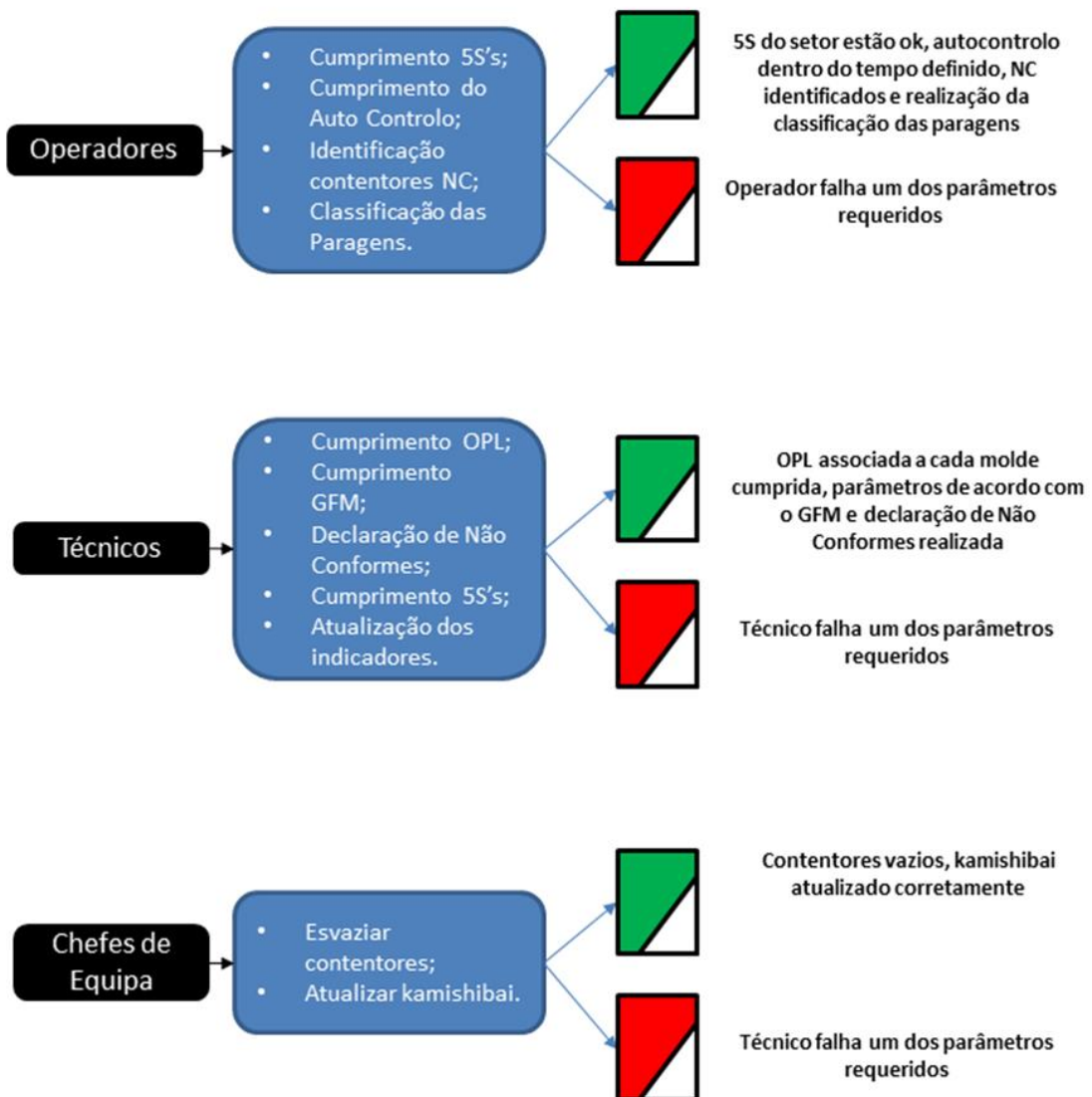
Anexo 6: Standard Cadeia de Ajuda



## Kamishibai Injeção

### Kamishibai

- O kamishibai operacional é uma ferramenta de controlo de processos e comportamentos que deve ser assegurado pelo **chefe de equipa** a todos os elementos da sua equipa até ao final da semana e pelo **responsável de área** a uma equipa por semana.



Última Atualização: 13/03/2019



## Kamishibai Injeção

### Layout do quadro kamishibai

- Quando o mês estiver completo deve-se apagar os dados do quadro;
- Os operadores estão organizados no quadro por equipas estando a equipa de cada um assinalada .

Quadro Kamishibai		Semana					Resp. Área
Equipa		1	2	3	4	5	
A - Paulo Jorge	Marco Pereira	■	■	■	■	■	■ ■ ■ ■
	Wlmar	■	■	■	■	■	
	Allon	■	■	■	■	■	
	João Costa	■	■	■	■	■	
	Rui Teixeira	■	■	■	■	■	
B - João Ferreira	Agripino	■	■	■	■	■	■ ■ ■ ■
	Henrique	■	■	■	■	■	
	André Ramos	■	■	■	■	■	
	Hugo	■	■	■	■	■	
	Marco Barros	■	■	■	■	■	
C - João Gaspar	Daniel Jorge	■	■	■	■	■	■ ■ ■ ■
	Márcio	■	■	■	■	■	
	André	■	■	■	■	■	
	Carlos	■	■	■	■	■	
	Luis Oliveira	■	■	■	■	■	
D - Diogo Oliveira	João Costa	■	■	■	■	■	■ ■ ■ ■
	André Carvalho	■	■	■	■	■	
	Fábio	■	■	■	■	■	
	Stano Silva	■	■	■	■	■	
	Alexandre	■	■	■	■	■	

Cada colaborador deve preencher a verde (OK) ou a vermelho (NOK) no espaço correspondente de acordo com o cartão atribuído pelo chefe de equipa

O Responsável de Área audita uma equipa por semana, atribuindo um cartão a cada equipa preenchendo o quadro até ao final do mês

Última Atualização: 13/03/2019





## Standard de Acompanhamento



Operador		Técnico		Chefe de Equipa	
Verificar		Verificar		Verificar	
Sabe quem vai fazer a 1ª mudança do turno?	✓	Deixou a máquina limpa após a mudança?	✓	Realizou Auditoria Kamishibai?	✓
Preparou moldes das mudanças seguinte?		Dimensão Purga OK?		Contentores do Lixo Equipa OK?	
Colocou moldes em pré-aquecimento (Tmax: 200ºC)		Respeitou GFM?		Drenos Óleo Máquinas Equipa OK?	
Se a máquina da próxima mudança estava parada, ligou-a para aquecer?		Se ainda não existe, criou GFM?			
Cumpriu o horário de refeição?		Declarou NC's de Arranque ?			
Trocou os filtros das máquinas? (Se necessário)		Cumpriu o horário de refeição?			
Identificou corretamente os contentores de NC?		<b>Quando realizar as 6/7 mudanças o técnico deve:</b>	✓		
Deixou as suas máquinas limpas?		Aprovar/criar GFMs (do turno anterior)			
Classificou todas as paragens do turno?		Verificar tempos de ciclo (luz verde a piscar)			
Esvaziou o pote sopro água quando ficou cheio?		Limpar Molde - Moldes Críticos			
		Realizar Manutenção de Mãos Robot			
		Realizar próximas mudanças de PIG/MP			
		Verificar método de separação (definir os que ainda não existem e verificar existentes)			

### Notas:

Se MIP parada - operador muda MP e PIG, senão muda apenas quando o técnico de deslocar à MIP para a mudança  
 No aquecimento de MIPs paradas, a ficha do molde deve estar desligada

Anexo 9: Standard de Acompanhamento

**Standard de Mudança de Molde** **OLI**

Ordem	Operador	Operação	Técnico
<b>Preparação P/ Mudança</b>			
1	Verifica se existe mudança de MP (STAIN vs plano de moldes)	E	Prepara o material p/ troca de bico (bico e filtro limpos, chave 38) (1)
2	Retira a boca da MP	E	Transporta o carro de ferramentas para a máquina a mudar
3	Leva a Ferramenta e o Pote para máquina a mudar	E	Leva as folhas da nova OF, FIC e FVA
4	Alinha a ponte com a máquina e fecha a guilhotina da tremonha para cortar a alimentação	E	Leva a mão robot correspondente ao molde para máquina
5	Retira a MP e leva-a para o contentor, liga tubo de aspiração à nova MP e coloca a aspirar	E	Regista o fim de produção no STAIN
6	Troca o pigmento e abastece pigmentador	E	Ativa nova produção no STAIN
7	Limpa Parte Exterior Máquina	E	Limpa parte exterior máquina
8		E	Desliga Periféricos
<b>Início da Mudança</b>			
8	Sopra as Águas (Circuito Águas deve estar Fechado)	I	Roda a chave, passa a máquina a manual e abre a porta frontal
	Remove Peças do interior da Máquina	I	
9	Auxilia Técnico na Limpeza Molde	I	Limpa faces, guias e movimentos do molde, lubrifica as guias e aplica spray anti-corrosão
10	Fixa Gancho da Ponte no Olhal do Molde	I	Fecha o molde
11	Desliga a placa de óleo/Desliga Placa Óleo - Obrigatório ter a Bomba Desligada	I	Coloca a barra de travamento
12	Desliga Placa Água (Termorregulador deve estar Desligado)	I	Retira a ficha da caixa de controladores
13	Desliga Ficha Extração	I	
14	Desaperta Calços Lado Extração	I	Desaperta os calços da extração
15		I	Coloca a chave de desengate rápido / desaperta parafusos dos tirantes da extração
16		I	Abre o prato para desacoplar a ligação da extração
17		I	Desaperta o perno/tirante da extração
18	Desaperta Calços Lado Injeção	I	Desaperta os calços do lado da injeção
19	Retira Molde e Coloca-o no Chão	I	Fecha ar / troca a mão robot / abre ar
20		I	Afina o prato móvel e limpa pratos da máquina
21	Insere Novo Molde na Máquina	I	Troca o bico e o filtro da máquina
22	Fixa Calços Lado Injeção	I	Aperta os calços no lado da injeção
23	Remove Gancho e fixa-o no molde anterior	I	Liga a ficha e caixa de controladores
24		I	Termina a afinação fina do prato móvel
25		I	Aperta o perno/tirante da extração e fecha prato móvel
26	Fixa Calços Lado Extração	I	Aperta os calços do lado da extração
27	Liga Placa Água	I	Remove a barra de travamento
28	Liga Placa Óleo	I	Carrega o programa o molde na máquina e confirma parâmetros do GFM (2)
29	Liga Acessórios Pneumáticos	I	Verifica os sinais dos radiais
30	Liga Ficha de Extração	I	Abre o molde
31	Abre Circuito Águas - Verificar Movimento Borboletas	I	Ensaia os movimentos mecânicos (abertura/fecho, radiais e extração)
32	Liga o Termorregulador e Programa Temperatura	I	Limpa o excesso de gordura (spray anti-corrosão) das faces do molde
33		I	Afina a cota de alta pressão corretamente
34		I	Afina o sensor/cota de consenso de injeção e extração
35		I	Purga a MP e deixa a carga feita
36		I	Afina os parâmetros de injeção
<b>Fim de Mudança</b>			
37	Arruma Ferramenta e Pote de Água	E	Averigua o acondicionamento de periféricos
38	Garante Limpeza Exterior Máquina mudada	E	Verifica conformidade das peças e roda a chave
39	Arruma Molde	E	Verifica o funcionamento do circuito de águas
40	Transporta Molde Próxima Mudança	E	Preenche a FVA e coloca no posto de qualidade
41	Coloca o Molde em Pré Aquecimento	E	Retira peças de arranque da produção anterior e coloca as novas no posto de qualidade
42	Deixa Ponte Alinhada com Molde em Máquina	E	Arruma a(s) purgas no carro das purgas
43	Retira Aviso de Produção	E	Declara os Não Conformes de Arranque

**(1) CASOS OBRIGATORIOS PARA TROCA DE BICO:**

- Produção anterior em reciclado com mudança para molde de canal quente e MP virgem;
- Produção anterior com cor preta e mudança para uma cor clara.

**(2) VERIFICAR OBRIGATORIAMENTE NO ARRANQUE:**

- Temperaturas dos canais/bicos quentes, câmara e respectivas tolerâncias;
- Pressões de injeção (1ª e 2ª fase);
- Enchimento das peças com a 1ª fase;
- Tempo 1ª fase e tempo total injeção;
- Almofada constante;
- Tempos de ciclo;
- Águas e temperaturas dos termorreguladores;
- Velocidade de carga, valor contrapressão e velocidade de rotação do fuso do pigmentador.

**LEGENDA:**

I - Operação Interna

E - Operação Externa

MP - Matéria Prima

**NOTAS:**

- O operador deve vaziar o pote de águas quando este ficar cheio
- O operador deve deixar a máquina limpa (sem MP, pigmento e peças da produção anterior)
- O operador deve limpar o balde da esfregona depois de usar

**Anexo 10: Standard de Mudança de Molde**





# A3

# SMED Automáticas

DATA INÍCIO: 18/09/2018 DATA ATUAL: 15/05/2019 DATA FIM: 17/05/2019



**1. DESCRIÇÃO DO OBJETIVO:** GO NO GO

**1. Redução do Tempo de SETUP GLOBAL**  
(última peça OK – 1ª peça OK) em 20%

**2. Ganhar Disponibilidade Técnico entre Mudanças**

**3. Garantir uma correta categorização das paragens (atingir uma % de PD de 10%)**

**4. ANÁLISE DE DESVIOS E CAUSAS:** GO NO GO

Item	Descrição	Causa	Impacto
1	Encostar o molde na prensa	Caldeira com sistema libertado	0
2	Encostar o molde na prensa	Caldeira	0
3	Alinhar o molde de boca de fecho para o molde M	0	0
4	Definição e colocação do molde no molde	0	0
5	Mudar o molde para o molde de boca de fecho	0	0
6	Definição e colocação do molde M	0	0
7	Definição e colocação do molde M	0	0
8	Definição e colocação do molde M	0	0
9	Definição e colocação do molde M	0	0
10	Definição e colocação do molde M	0	0
11	Definição e colocação do molde M	0	0
12	Definição e colocação do molde M	0	0
13	Definição e colocação do molde M	0	0
14	Definição e colocação do molde M	0	0
15	Definição e colocação do molde M	0	0
16	Definição e colocação do molde M	0	0
17	Definição e colocação do molde M	0	0
18	Definição e colocação do molde M	0	0
19	Definição e colocação do molde M	0	0
20	Definição e colocação do molde M	0	0
21	Definição e colocação do molde M	0	0
22	Definição e colocação do molde M	0	0
23	Definição e colocação do molde M	0	0
24	Definição e colocação do molde M	0	0
25	Definição e colocação do molde M	0	0
26	Definição e colocação do molde M	0	0
27	Definição e colocação do molde M	0	0
28	Definição e colocação do molde M	0	0
29	Definição e colocação do molde M	0	0
30	Definição e colocação do molde M	0	0
31	Definição e colocação do molde M	0	0
32	Definição e colocação do molde M	0	0
33	Definição e colocação do molde M	0	0
34	Definição e colocação do molde M	0	0
35	Definição e colocação do molde M	0	0
36	Definição e colocação do molde M	0	0
37	Definição e colocação do molde M	0	0
38	Definição e colocação do molde M	0	0
39	Definição e colocação do molde M	0	0
40	Definição e colocação do molde M	0	0
41	Definição e colocação do molde M	0	0
42	Definição e colocação do molde M	0	0
43	Definição e colocação do molde M	0	0
44	Definição e colocação do molde M	0	0
45	Definição e colocação do molde M	0	0
46	Definição e colocação do molde M	0	0
47	Definição e colocação do molde M	0	0
48	Definição e colocação do molde M	0	0
49	Definição e colocação do molde M	0	0
50	Definição e colocação do molde M	0	0

**7. ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE AÇÕES:** GO NO GO

Formação Paragens	<span style="color: green;">GO</span>
Revisão dos Standards	<span style="color: green;">GO</span>
Transferência Moldes Inativos	<span style="color: green;">GO</span>
Fixação das Passadeiras	<span style="color: green;">GO</span>
Ferramentas por Setor e por MIP	<span style="color: green;">GO</span>
Potes por Setor	<span style="color: green;">GO</span>
SPM Consumíveis	<span style="color: green;">GO</span>
SS's Carros Técnicos	<span style="color: green;">GO</span>
Armazém Mãos Robot	<span style="color: green;">GO</span>
STD Termorre reguladores	<span style="color: green;">GO</span>
ID Tomeiras Água	<span style="color: green;">GO</span>
Separar Indicador por Tempo STD + Avaria	<span style="color: green;">GO</span>
Acompanhamento SMED	<span style="color: green;">GO</span>

**2. ANÁLISE ESTADO ATUAL:** GO NO GO

Média da Duração do Setup **T médio = 35min.**

Média da Duração do Setup (semana 4 e 5 de 2019)

**5. DESENHO DE SOLUÇÕES:** GO NO GO

- Classificação das tarefas em passíveis de fazer internamente ou não
- Matriz de custo benefício

**8. CONFIRMAÇÃO DE OBJETIVOS:** GO NO GO

**3. DEFINIÇÃO ESTADO ALVO:** GO NO GO

**T médio Objetivo Global = 28min**

Média da Duração do Setup - Estado Alvo

**6. TESTE DE SOLUÇÕES:** GO NO GO

**9. LIÇÕES APRENDIDAS:** GO NO GO

- A diminuição da duração do setup permite aumentar o tempo de produção das máquinas e libertar os operadores e técnicos para a realização de outras tarefas
- Através de uma base de dados das classificações de paragens será possível tirar conclusões acerca das mesmas e agir sobre elas com vista a minimizá-las

Gestor Projeto: Manuel Gomes  
Consultora: Márcia Monteiro

Equipa: Manuel Gomes (DIN), Jorge Ramos (DIN), Cátia Fernandes (DIN), Carolina Rodrigues (DMC), João Teixeira (DMI)

Patrocinadores: Rui Miguel Oliveira