



ESTUDO DO IMPACTO DO SMED NA PRODUTIVIDADE E SEGURANÇA NUMA EMPRESA DE INJEÇÃO PLÁSTICA

LEANDRO SILVA CARDOSO

novembro de 2022

ESTUDO DO IMPACTO DO SMED NA PRODUTIVIDADE E SEGURANÇA NUMA EMPRESA DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Leandro Silva Cardoso

1120530

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



ESTUDO DO IMPACTO DO SMED NA PRODUTIVIDADE E SEGURANÇA NUMA EMPRESA DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Leandro Silva Cardoso

1120530

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica de Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor José Carlos Viera de Sá e coorientação da Professora Marlene Ferreira de Brito

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Professor Doutor Hélio Cristiano Gomes Alves de Castro

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Professor Mestre Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Professora Doutora Marlene Ferreira de Brito

Professora Adjunta Convidada, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Professor Associado, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho

AGRADECIMENTOS

A toda a equipa da Delfingen que me permitiu desenvolver este trabalho e me tem feito crescer a nível pessoal e profissional ao longo dos últimos anos. Especial destaque para a Elsa Vieira pelos conselhos e sabedoria transmitidos. Ao departamento PTD e todos os colegas que fizeram parte dele e me impulsionaram para terminar o Mestrado.

Ao Professor José Carlos Vieira de Sá pela disponibilidade em orientar este trabalho e a orientação prestada.

A toda a minha família e amigos que me acompanharam até aqui.

À Suse por não me deixar desistir e pela paciência demonstrada.

Aos meus pais e irmã pelo esforço que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui e pelo apoio incondicional.

PALAVRAS-CHAVE

Lean, Safety, Setup, SMED, Injeção de Plástico

RESUMO

O trabalho aqui apresentado vem ao encontro da necessidade da empresa de injeção de plásticos Delfingen PT-Porto se adaptar a um quadruplicar do seu número de máquinas e moldes de injeção. A aquisição de uma empresa concorrente na Alemanha e a transferência da sua produção para fábrica de Portugal aumentou a diversidade de máquinas e de moldes existentes na fábrica, criando também uma necessidade constante de trocar ferramentas, colocando desafios aos operadores, tanto a nível técnico como de segurança. Os tempos de *setup* demasiado elevados das máquinas que foram transferidas em comparação com as do processo previamente existente e a crescente preocupação com os acidentes/incidentes de trabalho ocorridos durante esta fase do processo, levantaram a necessidade de fazer algo para os reduzir. Inicialmente um estudo de SMED (*Single Minute Exchange of Die*) foi realizado a duas gamas de máquinas distintas, <100t e ≥100t, cujo objetivo era de atingir os tempos de *setup* de 60min e 90min respetivamente. Seguiu-se a aplicação de otimizações no processo de *setup* e por fim realizado um inquérito aos colaboradores sobre a sua perceção do impacto das medidas adotadas na sua Saúde e Segurança.

O estudo SMED realizado nas duas gamas de máquinas identificadas, demonstrou a existência de vários desperdícios ao longo do processo, podendo estes ser eliminados ou reduzidos com a aplicação de ferramentas *lean* como 5S, gestão visual e standardização. Após a realização das cinco etapas do SMED verificaram-se melhorias de 46,10% e 44,19% no tempo de *setup* das duas gamas de máquinas.

Os resultados do questionário distribuído aos colaboradores envolvidos no *setup* de moldes, onde foi analisada a sua perceção do impacto de cada medida, revelou um impacto positivo em todas as medidas adotadas. Foram ainda notadas diferenças na perceção de segurança de diferentes medidas entre colaboradores com mais e menos experiência. No geral, 100% dos colaboradores concordaram que as práticas *lean* tiveram um impacto positivo na sua perceção em relação à SST (Segurança e Saúde no Trabalho).

KEYWORDS

Lean, Safety, Setup, SMED, Plastic Injection

ABSTRACT

The presented work meets the need of the plastic injection company Delfingen PT-Porto to adapt to a quadruplication of its number of machines and injection molds. The acquisition of a competitor company in Germany and the displacement of its production to the Portuguese plant increased the diversity of machines and molds from those already existing in the plant, which together with the constant need to change tools, posed technical and safety challenges to the operators. The very high setup times in the transferred machines comparing with the ones in the already existing process and the growing concern with the work accidents/incidents occurring during this phase of the process, raised the need to do something to reduce them. First, a SMED study was carried out on two different ranges of machines, $<100t$ and $\geq 100t$, which goal was to reach the setup time of 60min and 90min respectively. It was followed by the application of optimizations in the setup process and, finally, a survey was carried out among employees to know their perception of the impact of the measures adopted on their Health and Safety.

The SMED study carried out on the two ranges of machines identified, demonstrated the existence of several wastes throughout the process, which can be eliminated or reduced with the application of lean tools such as 5S, visual management and standardization. After carrying out the five steps of SMED, improvements of 46.10% and 44.19% were achieved in the setup time of the two ranges of machines.

The results of the survey for the employees involved in the mold setup, where their perception of the impact of each measure was analyzed, revealed a positive impact on all the measures adopted. There were noted differences in the perception of safety from the different measures between employees with more and less experience. Overall, 100% of employees agreed that lean practices had a positive impact on their perception of OSH (Occupational Safety and Health).

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OHS	<i>Occupational Safety and Health</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
SEVSM	<i>Safety Efficiency Value Stream Mapping</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SSM	<i>Safety Stream Mapping</i>
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VM	<i>Visual Management</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WID	<i>Waste Identification Diagram</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>

Lista de Unidades

€	Euro
%	Porcentagem
h	Horas
min	Minutos
s	Segundos
t	Toneladas

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	5 Palavras japonesas: <i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsum Shitsuke</i>
Chante	Ligação secundária de mangueira de água no próprio molde
Lead Time	Tempo de espera entre um pedido de um cliente e a entrega do produto
Muda	Termo japonês para desperdícios
Setup	Período em que existe uma interrupção da produção para troca ou ajuste de equipamentos.
Supply Chain	Inglês para “cadeia de abastecimento”. Sequência das atividades logísticas de um produto desde a obtenção da matéria-prima até ao consumidor.
Tier 1	Fornecedores que entregam produtos diretamente aos OEM

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Logo Delfingen.....	5
Figura 2 - Partilha de conhecimento utilizando VM, adaptado de (Jaca et al., 2014)	14
Figura 3 - Exemplo de VSM numa fábrica de tintas (Rohani & Zahraee, 2015).....	16
Figura 4 - Representação de tempo de Setup, adaptado de (Ulutas, 2011)	17
Figura 5 - Metodologia SMED segundo Ferradás e Salonitis(Ferradás & Salonitis, 2013).....	18
Figura 6 - Exemplo de produtos de catálogo produzidos pela Delfingen PT-Porto.....	26
Figura 7 - Processo de <i>setup</i> de moldes de injeção na Delfingen	27
Figura 8 - a) Estante com caixas de armazenamento de mangueiras b) Caixa de cartão com mangueiras no chão	59
Figura 9 - Suporte para mangueiras de ligações de águas e caixa para “chantes”	60
Figura 10 - Esquema de ligação de águas presente na folha de preparação de setup.....	61
Figura 11 - Montagem de mangueiras de acordo com a cor da marcação	61
Figura 12 - Ligação de mangueiras sem distribuidor.....	62
Figura 13 - Mangueira danificada devido à fricção com a máquina.....	62
Figura 14 - Distribuidores HASCO Z920 aplicado numa máquina de 100t	63
Figura 15 - Diferentes tipos de grampos montados no mesmo molde	64
Figura 16 - Molde fixo com grampos de aperto rápido.....	65
Figura 17 - Operador entre a máquina e o molde para apertar grampo	66
Figura 18 - utilização de roquete para aperto de grampos	66
Figura 19 - Utilização de chave com punho em "T" para desapertar KO	66
Figura 20 - Excerto da folha de preparação de setup relativo às ferramentas necessárias	67
Figura 21 - Organização do carro de ferramentas antes a) e depois b)	68
Figura 22 - Caixa com fichas na mesa de apoio.....	69
Figura 23 - Zona para termochillers marcada junto ao corredor	69
Figura 24 - Exemplo de informação do programa gravado na máquina	70
Figura 25 - Exemplo de cabeçalho da folha de parâmetros antes a) e depois b).....	71
Figura 26 - Marcação da posição do Pica-Jitos antes a) e depois b).....	72

Figura 27 - Gráfico dos anos de contrato dos colaboradores que executam <i>setups</i>	75
Figura 28 - Resultados questão 2	76
Figura 29 - Resultados questão 1	75
Figura 30 - Resultados questão 3	77
Figura 31 - Resultados questão 4	77
Figura 32 - Resultados questão 5	78
Figura 33 - Resultados questão 6	79
Figura 34 - Resultados questão 7	79
Figura 35 - Resultados questão 8	80
Figura 36 - Resultados questão 9	81
Figura 37 - Resultados médios do questionário por pergunta e anos de contrato	81
Figura 38 - Percentagem de operadores que concordam com medidas estudadas	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – As oito categorias de desperdícios	10
Tabela 2 - Estudos de aplicação da metodologia 5S	12
Tabela 3 - Estudos de aplicação da standardização	15
Tabela 4 - Estudos de aplicação de SMED	19
Tabela 5 - Estudos de aplicação de ferramentas <i>lean</i> e o seu impacto na SST	21
Tabela 6 - Acidentes e Incidentes de trabalho no processo de injeção entre janeiro de 2021 e junho de 2022	27
Tabela 7 - Primeira etapa do SMED para a gama <100t	29
Tabela 8 - Riscos de SST identificados no <i>setup</i> para a gama <100t	32
Tabela 9 - Segunda etapa do SMED para a gama <100t	33
Tabela 10 - Segunda etapa do SMED revista para a gama <100t	37
Tabela 11 - Terceira etapa do SMED para gama <100t	40
Tabela 12 - Quarta etapa do SMED para a gama <100t	42
Tabela 13 - Quinta etapa do SMED para gama <100t	44
Tabela 14 - Primeira etapa do SMED para a gama ≥100t	45
Tabela 15 - Riscos de SST identificados no <i>setup</i> para a gama ≥100t	48
Tabela 16 - Segunda etapa do SMED para a gama ≥100t	48
Tabela 17 - Segunda etapa do SMED "corrigida" para a gama ≥100t	52
Tabela 18 - Terceira etapa do SMED para a gama ≥100t	55
Tabela 19 - Quarta etapa do SMED para a gama ≥100t	56
Tabela 20 - Quinta etapa do SMED para a gama ≥100t	58
Tabela 21 - Análise final de tempos do SMED	73
Tabela 22 - Poupança de tempo anual após aplicação do SMED por máquina	74
Tabela 23 - Plano de ações implementação do SMED	85

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura do relatório	5
1.5	Apresentação Delfingen	5
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Filosofia <i>Lean</i>	9
2.2	Desperdícios	10
2.3	Ferramentas <i>Lean</i>	12
2.3.1	5S	12
2.3.2	Gestão Visual	13
2.3.3	Standardização	14
2.3.4	Value Stream Mapping	15
2.3.5	SMED	16
2.4	<i>Lean Safety</i>	20
3.	DESENVOLVIMENTO	25
3.1	Caracterização da empresa	25
3.2	Processo de injeção de plástico na Delfingen PT Porto	25
3.3	Contextualização do problema	26
3.4	Definição de objetivos	28
3.5	Análise SMED	28
3.5.1	Gama <100t	28

3.5.1.1	Classificação de atividades.....	28
3.5.1.2	Separação de atividades	32
3.5.1.3	Conversão de atividades	40
3.5.1.4	Redução de atividades internas.....	42
3.5.1.5	Redução de atividades externas	43
3.5.2	Gama $\geq 100t$	44
3.5.2.1	Classificação de atividades.....	44
3.5.2.2	Separação de atividades	48
3.5.2.3	Conversão de atividades	54
3.5.2.4	Redução de atividades internas.....	56
3.5.2.5	Redução de atividades externas	58
3.6	Otimizações efetuadas.....	58
3.6.1	Gestão de mangueiras e ligação de águas	58
3.6.1.1	Definição de local próprio para armazenar mangueiras.....	58
3.6.1.2	Utilização de sistema de cores nas mangueiras.....	60
3.6.1.3	Utilização de esquema de águas e marcação colorida no molde	60
3.6.1.4	Aplicação de distribuidores de água com encaixe rápido.....	62
3.6.2	Aperto do molde	63
3.6.2.1	Grampos iguais e de aperto rápido.....	63
3.6.2.2	Utilização de ferramentas Corretas	65
3.6.3	Organização das ferramentas e equipamentos.....	67
3.6.4	Folha de parâmetros	70
3.6.5	Posicionamento do Pica-Jitos	71
3.6.6	Formação aos colaboradores	72
3.7	Análise de Resultados	73
3.7.1	Análise resultados de produtividade.....	73
3.7.2	Análise resultados SST	74
3.8	Plano de ações a longo prazo	83

4.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	89
4.1	Limitações do trabalho	89
4.2	Conclusões	89
4.3	Proposta de trabalhos futuros	90
5.	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	95
6.	ANEXOS.....	103
6.1	Anexo A – Folha de Preparação de Setup.....	104
6.2	Anexo B – Ficha técnica distribuidor de água	105
6.3	Anexo C – Ficha técnica grampos de aperto rápido	106
6.4	Anexo D – Modelo Folha de parâmetros	108
6.5	Anexo E – Modelo questionário.....	109

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

1.5 APRESENTAÇÃO DELFINGEN

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Numa economia globalizada em que a adaptação é a chave para o sucesso, os últimos anos têm posto à prova várias indústrias, sendo que a Automóvel tem sido uma das que tem sentido mais impacto. As recentes adaptações a novos requisitos e normas ambientais, estão a levar a indústria a um rápido avanço tecnológico, ao mesmo tempo que se debatem com a crise provocada pela pandemia Covid-19 e pela instabilidade geopolítica global que levou a uma escassez de matérias-primas e produtos. Esta escassez aumenta ainda mais a necessidade de as empresas se tornarem competitivas, com os custos dos materiais cada vez maiores torna-se imperativo otimizar os recursos para produzir de forma mais eficaz e eficiente.

Este estudo será desenvolvido na empresa Delfingen PT-Porto, que foi recentemente alvo de uma grande mudança no seu negócio, mais do que quadruplicando o seu número de máquinas e moldes de injeção de plástico. A aquisição de empresas concorrentes e o deslocamento da sua produção para a unidade fabril portuguesa coloca a fábrica sob grande pressão para que se consiga adaptar rapidamente aos novos processos e exigências dos clientes. O maior número de produtos, aumenta também consideravelmente a necessidade de trocas de ferramentas, pois os novos clientes pretendem lotes mais reduzidos. Cada uma das unidades concorrentes tinha os seus próprios métodos de trabalho, pelo que os moldes e máquinas transferidos não estão adaptados à realidade da Delfingen PT-Porto. Estas diferenças colocaram desafios aos seus operadores, tanto a nível de conhecimento técnico como da segurança.

Para que a empresa não perca competitividade, a adaptação deve ser rápida, pelo que a aplicação de ferramentas *lean* surge como uma necessidade para a eliminação de desperdícios.

1.2 Objetivos

O objetivo deste presente trabalho consiste em verificar quais os impactos da aplicação do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) na redução dos tempos de *setup* e na SST (Segurança e Saúde no Trabalho) dos colaboradores que realizam esta operação.

Espera-se que através da ferramenta SMED sejam analisados os pontos a melhorar na fase de *setup*, e, aplicando outras metodologias *lean* seja possível otimizar todo o processo de montagem de moldes.

Espera-se que no final deste trabalho se tenham atingido os seguintes objetivos:

- Reduzir as atividades do *setup* através do SMED e com apoio de outras ferramentas *lean*
- Atingir os 60min de *setup* para a gama de máquinas <100t e 90min para a gama de máquinas ≥100t
- Melhorar as condições de segurança para os colaboradores que realizam a montagem de moldes
- Elaborar plano de ações a longo prazo para aplicação das ações com resultados positivos a todo o processo

1.3 Metodologia

A realização deste trabalho seguiu a metodologia Investigação-Ação, onde a teoria e prática se unem, juntando assim o conhecimento científico ao conhecimento organizacional, de maneira a abordar os problemas reais de uma organização com as pessoas ligadas à mesma (Maestrini, Luzzini, Shani, & Canterino, 2016).

É realizada num ciclo espiral de etapas onde é feito um planeamento, ações e uma análise sobre o resultado das mesmas (Carr, 2007).

Foram neste trabalho realizadas as seguintes etapas:

1. Identificação do problema nos *setups* e gravação dos mesmos em vídeo.
2. Análise dos vídeos com a aplicação de metodologia SMED para identificar os desperdícios e identificação de atividades com riscos de saúde e segurança para os colaboradores.
3. Testar ações de melhoria no processo de *setup*, utilizando ferramentas *lean*.
4. Analisar impacto das ações na redução de tempo de *setup* e na segurança dos colaboradores através de um questionário utilizando a Escala *Likert*.
5. Concluir quais as ações de melhoria que são vantajosas para o processo tanto em redução de tempo como em segurança e sugerir plano de implementação das mesmas.

1.4 Estrutura do relatório

Este relatório está dividido em quatro capítulos.

No primeiro capítulo, um enquadramento ao tema do projeto é realizado, é descrita a metodologia de investigação que será aplicada, assim como a apresentação da empresa onde será desenvolvido.

No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica, onde são explicados os conceitos teóricos do *lean*, o conceito e categorias de desperdícios e ferramentas associadas que serão aplicadas no estudo. É também realizada uma revisão ao *lean safety* com os resultados obtidos em trabalhos de outros autores.

No terceiro capítulo, é descrito todo o desenvolvimento prático efetuado, recorrendo ao SMED, e às várias otimizações efetuadas com a utilização de ferramentas *lean*. No fim deste capítulo é feita uma avaliação dos resultados quer a nível da poupança de tempo no *setup* como na SST dos operadores.

No quarto, e último, capítulo é possível encontrar as conclusões retiradas da análise ao trabalho prático assim como as limitações do mesmo e propostas para trabalhos futuros.

1.5 Apresentação Delfingen

Este estudo será desenvolvido na empresa Delfingen PT-Porto SA. A Delfingen é um grupo multinacional francês, gerido pela família dos seus fundadores com presença em 22 países por todo o mundo. O seu principal mercado é a indústria automóvel, para os quais oferece soluções de proteção de cablagens, sistemas de transferência de fluídos, fixações, entre outros. Em Portugal, a Delfingen dedica-se essencialmente a injeção de pequenos componentes plásticos, usados na proteção de cablagens em ambientes agressivos no compartimento do motor, conectores para transporte de combustível e peças visíveis com acabamentos cuidados.



Figura 1 - Logo Delfingen

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FILOSOFIA *LEAN*

2.2 DESPERDÍCIOS

2.3 FERRAMENTAS *LEAN*

2.4 *LEAN SAFETY*

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Filosofia *Lean*

Numa indústria global atual, as empresas são forçadas a adaptarem-se a um mercado cada vez mais competitivo de maneira a garantirem a sua sobrevivência (Maurizio Bevilacqua, Ciarapica, & De Sanctis, 2017). Um dos mercados mais competitivos é a Indústria Automóvel, sendo o seu nível de exigência muito elevado e onde a base para o sucesso são a flexibilidade e capacidade de resposta (Rosa, Silva, & Ferreira, 2017). Com todos estes obstáculos, as empresas necessitam de reduzir os seus custos sem comprometer a qualidade dos seus produtos. Apenas desta forma será possível manter a sua competitividade no mercado. Com esse objetivo, tem sido notório nos últimos anos a adesão cada vez maior das empresas à filosofia *lean*, estando provado o seu impacto positivo na performance das mesmas (Jastia & Kodali, 2015).

Filosofia *Lean* é um conceito descrito pela primeira vez no livro “*The Machine That Changed the World*”, sendo o seu principal objetivo a eliminação de desperdícios no processo produtivo (Womack, Jones, & Roos, 1992). Tal como o nome sugere, sendo que *lean* significa magro, a ideologia é de fazer mais com menos, aumentar o valor do produto consumindo menos recursos. A sua base vem da indústria japonesa, quando após a Segunda Guerra Mundial a Toyota, com o engenheiro Taiichi Ohno, desenvolveu o TPS (*Toyota Production System*) sendo esta empresa a grande impulsionadora desta filosofia (Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014). A evolução desta filosofia foi introduzida por Womack e Jones, onde definem os seguintes princípios fundamentais do *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1997):

- **Identificação de Valor:** Deve ser determinado o que o cliente pretende.
- **Identificação da Cadeia de Valor:** Os processos necessários à criação do produto devem ser definidos e eliminados aqueles que não acrescentam valor.
- **Criação de fluxo:** De forma a diminuir os desperdícios, o fluxo deve ser otimizado para reduzir paragens e inventário.
- **Produção *Pull*:** Produzir apenas o que é requisitado pelo cliente.
- **Melhoria Contínua:** Manter na organização uma mentalidade de melhoria diária, focando na busca pela perfeição.

De forma a implementar uma produção mais *lean*, várias ferramentas têm sido desenvolvidas e implementadas nas organizações. Estas são o meio de chegar a uma organização *lean*, onde os processos estão otimizados e os desperdícios foram eliminados (Choomlucksana, Ongsaranakorn, & Suksabai, 2015; Zhou, 2016).

2.2 Desperdícios

Todas as atividades realizadas que não acrescentem valor são consideradas desperdícios (*Muda*). Uma atividade que consuma recursos em excesso tornará o produto ou serviço mais caro e menos atrativo. Torna-se indispensável para uma implementação de princípios *lean* que seja realizada inicialmente uma identificação e eliminação dos desperdícios existentes (Belvedere, Cuttaia, Rossi, & Stringhetti, 2019).

As atividades que não geram valor, podem corresponder até 95% do tempo de uma organização. Embora todo esse tempo possa ser considerado desperdício, o mesmo deve ser dividido em dois tipos (Pinto, 2014):

- **Desperdício Puro:** Todas as atividades dispensáveis, como reuniões não produtivas, deslocações, paragens e avarias. Pode representar até 65% dos desperdícios nas empresas.
- **Desperdício Necessário:** Todas as atividades que embora não acrescentem valor, são essenciais para a sua criação. Exemplos como *setups* e inspeções de matérias-primas, que mesmo sendo necessários, também devem ser reduzidos.

De maneira a identificar os maiores desperdícios, estes foram identificados em sete categorias, sendo acrescentada mais tarde uma oitava. Estes podem ser consultados na Tabela 1 (Liker, 2004; de Souza & Carpinetti, 2014).

Tabela 1 – As oito categorias de desperdícios

Categoria de desperdício	Definição
1. Excesso de Produção	Produzir mais do que necessário ou em antecedência. Implica um consumo excessivo de matérias-primas, excesso de stock, ocupação de mão-de-obra e espaço.
2. Tempo de Espera	Todo o tempo despendido pelos operadores ou máquinas em espera de algo. Podem ser causas deste problema, o mau planeamento, mau balanceamento, fluxo obstruído ou existência de <i>bottlenecks</i> no processo.

Categoria de desperdício	Definição
3. Transporte de Material	O transporte de materiais, seja matéria-prima, WIP (<i>Work In Progress</i>) ou produto acabado, não acrescenta valor ao produto final.
4. Excesso de Processamento	Etapas de processos desnecessárias ou demasiado complexas, utilização de ferramentas desadequadas que provocam movimentos desnecessários. É considerado desperdício quando um produto tem mais qualidade do que a necessária.
5. Excesso de Inventário	Demasiado stock de qualquer componente aumenta consideravelmente o seu espaço de armazenamento. Isto implica um aumento dos seus custos para armazenar e transportar tal como um aumento do <i>lead time</i> . O excesso de inventário pode encobrir problemas no funcionamento da produção ou na <i>supply chain</i> .
6. Movimentações Desnecessárias	Todos os movimentos realizados pelos operadores ou máquinas em que não estejam a criar valor para o produto.
7. Defeitos	A produção de peças defeituosas com a consequência de as sucatar ou retrabalhar, implica um gasto excessivo de recursos. Processos inadequados ou falta de formação podem estar nas suas origens.
8. Não utilização do potencial dos colaboradores	Não escutar os colaboradores que lidam diariamente com os problemas. As suas ideias e competências podem ser essenciais para melhorar os processos.

2.3 Ferramentas *Lean*

2.3.1 5S

Os 5S são uma das fundações nos sistemas de produção *lean* (Costa, Pinto Ferreira, Sa, & Silva, 2018). Esta ferramenta tem como princípio fundamental a organização do local de trabalho, com o objetivo de o tornar mais eficiente, limpo e produtivo. Um local de trabalho limpo e organizado, cria um ambiente que motiva o operador levando a um aumento da segurança e qualidade dos produtos gerando menos desperdício (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018).

O seu nome deriva de cinco palavras japonesas, em que cada uma representa uma das seguintes etapas (Pinto, 2014):

- **SEIRI (Separar/Eliminar):** Selecionar e manter apenas o que é necessário. O que não for necessário ao processo deve ser eliminado.
- **SEITON (Organizar):** Tudo deve ter o seu lugar. Nesta etapa, todos os materiais devem ser organizados e identificados em sítios próprios, preferencialmente tendo em conta a sua frequência de utilização. Devem ser fáceis de localizar, utilizar e arrumar.
- **SEISO (Limpar):** A manutenção de um ambiente limpo torna-o mais agradável, e deve ser da responsabilidade de todos.
- **SEIKETSU(Normalizar):** Estabelecer regras e rotinas para que seja possível manter os três primeiros S. Os operadores devem ser sensibilizados para a importância de manter o local de trabalho limpo e organizado.
- **SHITSUKE (Disciplina):** Garantir que todos os passos anteriores são respeitados. Deve ser controlada a seguida a eficácia dos mesmos.

A metodologia 5S pode ser vista como a fase inicial para implementação do *lean* nas empresas. Reduz desperdícios e riscos para os trabalhadores e promove um ambiente mais agradável para todos. Na Tabela 2, é possível observar os benefícios da implementação desta ferramenta em outros trabalhos.

Tabela 2 - Estudos de aplicação da metodologia 5S

Referências	Descrição do Trabalho
(Cordeiro et al., 2020)	A implementação dos 5S promoveu um ambiente mais seguro numa empresa de serviços de manutenção hospitalar. A melhor organização e

Referências	Descrição do Trabalho
	limpeza, promoveu um melhor fluxo e movimentação de material e pessoas.
(Rodrigues, de Sá, Ferreira, Silva, & Santos, 2019)	A introdução da metodologia foi fácil e bem recebida pelos operadores, existindo um aumento da eficiência dos mesmos. Os ganhos foram elevados tendo em conta a facilidade de implementação.
(Mourato et al., 2020)	Ao aplicar os 5S no abastecimento de uma linha de produção de autocarros foi possível aumentar o espaço disponível e melhorar a utilização do mesmo ao lado da linha. Foi também obtida uma melhor organização das zonas de armazenamento ao longo da mesma.
(Costa et al., 2018)	Numa empresa metalúrgica foi implementada a metodologia dos 5S e observada uma diminuição da sucata. Foi também reduzido o tempo de produção, com impacto positivo na fiabilidade do processo e datas de entrega aos clientes.
(Ribeiro et al., 2019)	Ao implementar os 5S num processo de injeção de plásticos, foi possível reduzir o tempo de procura de materiais e ferramentas em 65% assim como obter uma melhoria geral nas condições de trabalho.

2.3.2 Gestão Visual

Gestão Visual ou em inglês *Visual Management* (VM), é um conceito tradicionalmente focado na partilha de informação rápida no chão de fábrica. Para esse efeito, podem ser utilizados quadros, sinais luminosos, códigos de cores e qualquer meio que facilite a passagem de informação mais rapidamente aos destinatários (Jaca, Viles, Jurburg, & Tanco, 2014). A utilização de meios visuais promove uma absorção de informações mais rápida e intuitiva, devendo estar exposta em locais de fácil acesso. A sua implementação permite uma visualização clara e rápida da mensagem que é pretendida passar, quer sejam indicadores de performance ou a própria identificação de objetos. Contribui para um local de trabalho mais organizado, ajudando à rápida identificação de problemas (Hao, Wei, & Tian, 2014). Embora seja considerada como um suporte para a

implementação de práticas *lean*, pode ser utilizada independentemente, estando associada a práticas comuns de melhoria contínua (Bateman, Philp, & Warrender, 2016; Bititci, Cocca, & Ates, 2016).

Uma grande vantagem, consiste na partilha de informações e conhecimento, evitando a perda dos mesmos quando estão concentrados no mesmo local (Jaca et al., 2014). Na Figura 2, podemos verificar esquematicamente que com VM o conhecimento passa a estar acessível a todos, não tornando a empresa dependente de conhecimento individualizado.

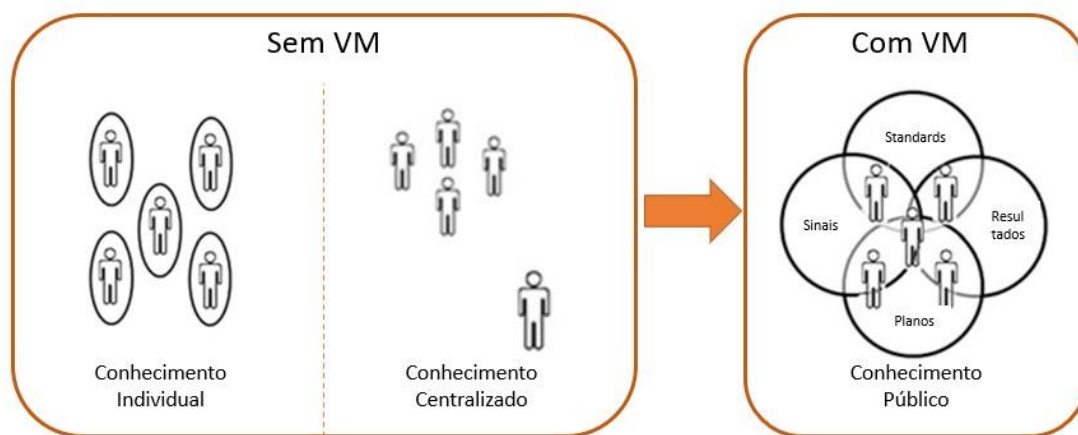


Figura 2 - Partilha de conhecimento utilizando VM, adaptado de (Jaca et al., 2014)

2.3.3 Standardização

A standardização é um dos elementos-chave do *lean*, desenvolvido por Ohno e essencial para uma organização que pretenda trabalhar em melhoria contínua. Trata-se de uma ferramenta poderosa, mas nem sempre utilizada sendo que os standards definem as melhores práticas para a implementação do trabalho, permitindo realizar as tarefas bem à primeira (Ml'kva, Prajová, Yakimovich, Korshunov, & Tyurin, 2016).

Com a aplicação desta ferramenta são eliminadas as variações no processo, pois é criado um método comum de trabalho para todos os intervenientes.

A simplificação dos processos permite executar tarefas com colaboradores menos qualificados visto que os procedimentos passam a ser executados sempre da mesma forma independentemente de quem o está a realizar (Antoniolli, Guariente, Pereira, Ferreira, & Silva, 2017). A sua utilização acaba por promover um espaço de trabalho mais limpo e organizado, reduzindo o número de ferramentas necessárias (Shingo, 1983).

Podem ser obtidos resultados muito positivos combinando esta e outras ferramentas *lean*. Ao implementar uma ferramenta *lean* com sucesso, o próximo passo será standardizá-la para obter resultados semelhantes em outros processos. Na Tabela 3, é

possível verificar os resultados de trabalhos onde foi aplicada com sucesso a standardização.

Tabela 3 - Estudos de aplicação da standardização

Referências	Descrição do Trabalho
(Vieira et al., 2020)	Ao combinar o SMED com uma melhoria na standardização dos métodos de trabalho, foi possível uma empresa de tubagens de ar condicionado para automóveis melhorar o seu <i>setup</i> . A facilidade na preparação do trabalho permitiu uma melhoria de 53% no <i>setup</i> interno e de 38% no total, tendo ainda sido registada uma melhoria de 7,7% no OEE.
(Rosa, Silva, Ferreira, Pereira, & Gouveia, 2018)	A otimização de uma linha de produção de cabos de controlo para a indústria automóvel fazendo uma análise de tempos e métodos ao longo da linha e standardizando o trabalho ao longo dos vários postos permitiu um aumento de produção de 43% reduzindo a ocupação da linha.
(Edwin Joseph et al., 2020)	No fabrico de correias de distribuição, a criação de métodos de trabalho standard permitiu um aumento de produção diário de 19,1%.
(Cichos, Linsky, Wei, Minnich, & Cerfolio, 2017)	A standardização dos instrumentos médicos presentes nos quatro tabuleiros cirúrgicos utilizados numa sala de cirurgias torácicas reduzindo o número de instrumentos em 75%, 62%, 61% e 42%. O peso total dos tabuleiros reduziu em 70% resultando numa poupança anual de \$69,412. Para além disso, foi possível eliminar a necessidade de esterilizar novamente tabuleiros (anteriormente 2%).

2.3.4 Value Stream Mapping

O VSM (*Value Stream Mapping*) ou Mapeamento do fluxo de valor, deve ser encarado como uma ferramenta essencial para ter uma visão real do processo a analisar. Segue todo o percurso da cadeia de valor, desde o fornecedor até ao cliente. Pode ser encarado como uma das ferramentas mais úteis para a aplicação de metodologias *lean*, ajudando a identificar vários desperdícios ao longo da cadeia (Rohani & Zahraee, 2015; Womack & Jones, 1997). Trata-se de uma representação gráfica do estado geral do processo onde podem ser observadas em cada etapa os seus detalhes, criação de valor, tempos de ciclo, desperdícios e interligações entre várias etapas (El Kihel, Amrani, Ducq, & Amegouz, 2019).

O VSM pode ser uma ferramenta bastante abrangente e complexa, podendo ser utilizado em diferentes escalas desde um mapeamento interno para uma determinada família de produtos, até um mapeamento entre empresas distintas (Rosa et al., 2017).

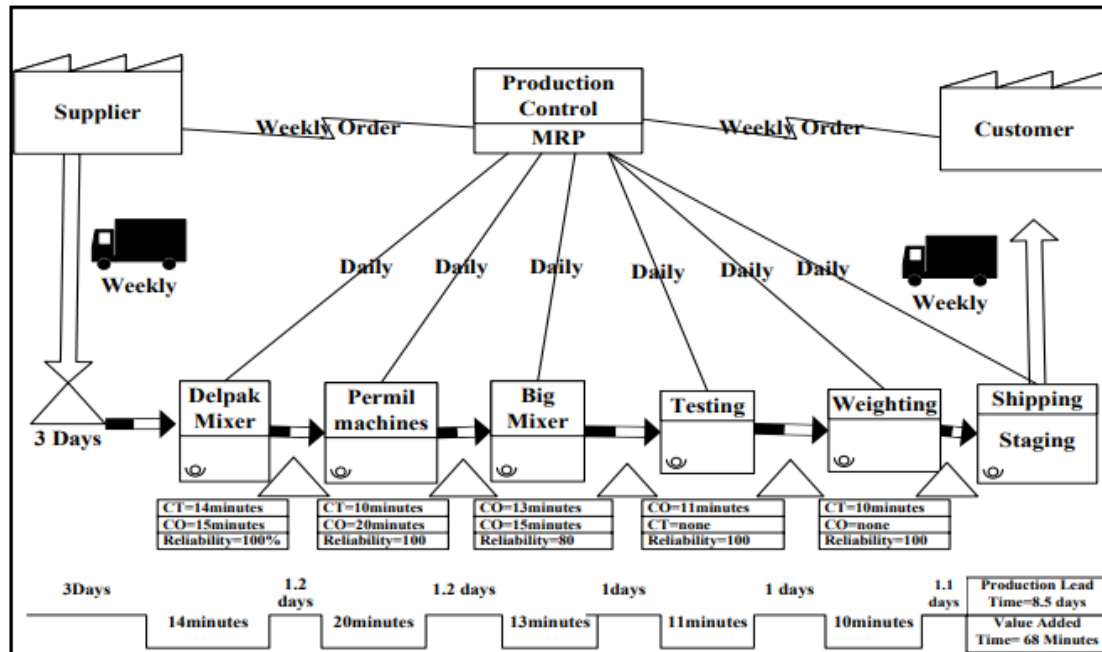


Figura 3 - Exemplo de VSM numa fábrica de tintas (Rohani & Zahraee, 2015)

2.3.5 SMED

O SMED é um método desenvolvido por *Shigeo Shingo* em 1950, com o objetivo de reduzir os tempos de *setup* (Wilson, 2009). O tempo de *setup* é considerado o intervalo de tempo entre o fabrico da última peça boa de um lote e a primeira peça boa do lote seguinte (Figura 4) (Ulutas, 2011). Este intervalo de tempo é crítico para as empresas, pois contém atividades que não adicionam qualquer valor ao produto, mas são necessários para a sua produção (Silva et al., 2020).

Segundo Shingo & Dillon (1985), o *setup* pode ser dividido em dois tipos de Atividades, podendo ser internas ou externas:

- **Atividades Internas:** Atividades que apenas podem ser realizadas com a máquina parada, tal como montar e desmontar ferramentas.
- **Atividades Externas:** Atividades que podem ser realizadas ao mesmo tempo que a máquina trabalha, tal como transportar materiais e preparar ferramentas.

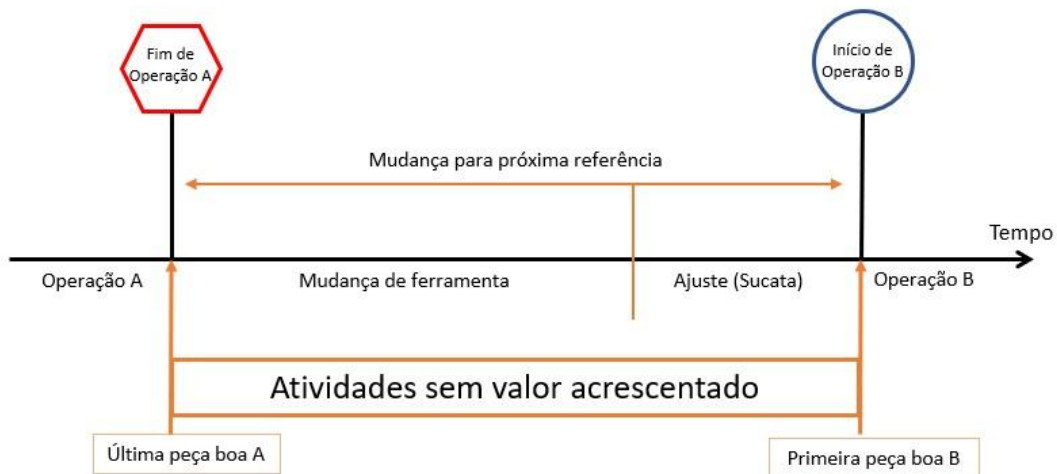


Figura 4 - Representação de tempo de Setup, adaptado de (Ulutas, 2011)

A aplicação original da metodologia SMED deve ser progressiva e composta 3 etapas onde são aplicadas várias técnicas para otimizar o *setup* (Pellegrini, Shetty, & Manzione, 2012). Ferradás & Salonitis (2013), propuseram uma metodologia SMED aplicada num fornecedor da indústria automóvel com melhorias de 33% no tempo de *setup* (Figura 5). Esta proposta consiste nas cinco etapas seguintes:

- **1ª Etapa (Classificar atividades):** Recorrendo a filmagens e diagramas, todas as atividades devem ser registadas e identificadas como sendo internas ou externas.
- **2ª Etapa (Separar atividades):** As atividades internas e externas devem ser separadas. Deste modo todas as atividades externas devem ser realizadas antes ou depois do *setup* interno.
- **3ª Etapa (Converter atividades internas em externas):** Todas as atividades internas que podem ser otimizadas mediante ações externas, devem ser convertidas, tais como, pré-montagens, pré-aquecimentos, utilização de gabaritos.
- **4ª Etapa (Reduzir atividades internas):** Nesta etapa devem ser otimizadas todas as atividades internas de maneira que sejam realizadas no menor tempo possível. Simplificação de tarefas, realização de tarefas em paralelo, eliminação de ajustes e utilização de ferramenta apropriadas, são alguns princípios que podem ser utilizados para implementar esta etapa com sucesso.
- **5ª Etapa (Reduzir atividades externas):** A última etapa tem como objetivo reduzir ao máximo o tempo gasto nas atividades externas.

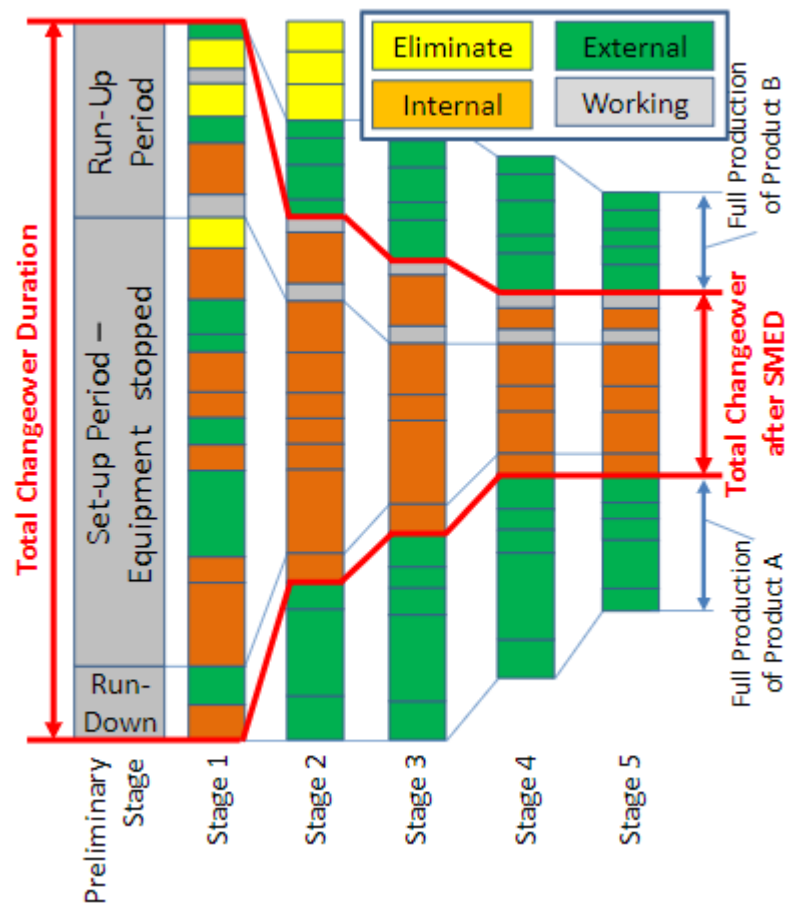


Figura 5 - Metodologia SMED segundo Ferradás e Salonitis(Ferradás & Salonitis, 2013)

A aplicação da metodologia SMED apresenta vários benefícios como: (Moreira & Pais, 2011; Pinto, 2014)

- Redução de tempo de *setup*
- Redução de erros durante troca de ferramentas
- Aumento da segurança
- Redução de inventário
- Maior flexibilidade de produção
- Racionalização de instrumentos
- Redução de custos
- Redução de tamanho de lotes

Na Tabela 4, é possível verificar vários estudos onde o SMED foi implementado com sucesso e os seus resultados.

Tabela 4 - Estudos de aplicação de SMED

Referências	Descrição do Trabalho
(Ribeiro et al., 2019)	Aplicação de SMED num processo de injeção plástica, com ganhos de 36,79% no tempo de troca de moldes e redução do número de falhas devido à criação de procedimentos.
(Sousa et al., 2018)	Numa linha de encapsulamento de rolhas de cortiça foi possível reduzir o tempo de <i>setup</i> em 43% com um ganho mensal de 2340€.
(E. S. M. da Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013)	Este trabalho mostra um ganho entre 53% e 67% nos tempos de <i>setup</i> de prensas mecânicas numa metalomecânica. Juntamente com outras ferramentas <i>lean</i> , existiram ganhos até 78% nas distâncias percorridas e de 50% no WIP. Os ganhos anuais foram de 1628,70€.
(Silva et al., 2020)	Neste artigo, uma linha de corte de pavimento flutuante beneficiou da aplicação de SMED, reduzindo o número de operadores para realizar o <i>setup</i> de três para dois, utilizando aproximadamente o mesmo tempo.
(Agung & Hasbullah, 2019)	A implementação de SMED para a mudança de moldes numa indústria de injeção de plásticos resultou em um ganho de 18% na troca de moldes e uma redução de 38% no número de atividades.
(Rosa et al., 2017)	Neste estudo, numa empresa de cabos metálicos para a indústria automóvel, em apenas uma semana foi possível verificar uma redução de 58,3% nos tempos de <i>setup</i> após implementação de SMED e outras ferramentas <i>lean</i> .
(Vieira et al., 2019)	Após implementação de SMED na produção de perfis metálicos, foi possível obter uma melhoria média de 10,8% no OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>).
(Monteiro et al., 2019)	Num estudo realizado em duas fresadoras (Vertical e Horizontal), numa empresa metalomecânica, a aplicação de SMED em conjunto com outras ferramentas <i>lean</i> , permitiu diminuir os tempos de <i>setup</i> em 40% e 57%.

2.4 *Lean Safety*

O termo *lean safety* refere-se ao impacto que a utilização das ferramentas *lean* têm na SST dos colaboradores. No contexto atual o foco na SST por parte da administração de algumas empresas ainda não é aplicado, não sendo compreendido o impacto que a mesma tem nos seus processos. É essencial que a compreensão dos benefícios da aplicação das ferramentas *lean* neste aspeto e o envolvimento da administração de maneira a motivar todos os participantes (Cordeiro et al., 2020). Olhando para o futuro das empresas, a segurança é vista como um ponto crítico para o seu crescimento, podendo ser continuamente melhorada com a utilização de ferramentas *lean* (Santos, Sá, Oliveira, Ramos, & Ferreira, 2019). A aplicação de várias metodologias *lean* deve ter sempre em conta a saúde e segurança dos envolvidos, pois são eles parte integrante do processo. Pode-se considerar que o não zelar pelos colaboradores é em si um desperdício (Singh, Singh, & Khamba, 2020). A utilização de ferramentas *lean* pode ter um impacto positivo ou negativo na SST, embora maioritariamente o impacto seja favorável (Jilcha & Kitaw, 2016). Para que seja criado um impacto positivo é necessário envolvimento de todos, particularmente da gestão, que deve ter particular atenção aos impactos da aplicação de ferramentas *lean* (Hamja, Maalouf, & Hasle, 2019). O objetivo de conciliar *lean* com segurança passará sempre por obter melhorias tanto na performance da produção como na saúde dos colaboradores (Sakouhi & Nadeau, 2016).

Em 2013, Gnoni, Andriulo, Maggio, & Nardone, constataram que até à data poucos estudos tinham sido realizados a nível industrial tendo em conta a segurança na aplicação de ferramentas *lean* (Gnoni et al., 2013). Também Hasle, Bojesen, Jensen, & Bramming (2012), já tinham chegado à mesma conclusão, acrescentando que os efeitos das ferramentas *lean* na segurança dependiam do contexto em como eram aplicadas. Grande parte dos artigos em que a matéria é abordada, foram desenvolvidos após o ano 2016, embora seja necessário recorrer a termos como *lean tools* e *safety* em separado, sendo o termo *lean safety* ainda pouco utilizado (Raquel & Alves, 2020).

A atenção dada à segurança após a implementação de ferramentas *lean* tem sido cada vez mais visada, existindo já várias adaptações das metodologias mais utilizadas. Ferramentas como o SSM (*Safety Stream Mapping*), onde Gonçalves, Sá, Santos, & Gonçalves (2019), combinam o VSM com o WID (*Waste Identification Diagram*), onde com um esquema de cores permitem obter uma visão macro de fácil interpretação do nível de riscos nos vários locais/processos de uma empresa. Também Marques et al., (2021), com a intenção de observar rapidamente os indicadores do processo, segurança eficiência, desenvolveu o SEVSM (*Safety Efficiency Value Stream Mapping*), que combina o VSM, OEE e SSM. O fluxograma ErgoSMED foi desenvolvida por Marlene Brito & Gonçalves (2020), com o intuito de melhorar as condições ergonómicas ao mesmo tempo que aplicava SMED para redução de tempos de *setup*.

É possível observar na Tabela 5, quais os efeitos da aplicação de *lean safety* em vários estudos efetuados por diversos autores.

Tabela 5 - Estudos de aplicação de ferramentas *lean* e o seu impacto na SST

Referências	Resultados	Ferramentas Aplicadas
(Fernandes, Godina, Pimentel, & Matias, 2019)	O estudo realizado numa empresa do ramo automóvel, mostra que a implementação de 5S apresentou uma melhoria considerável nos riscos identificados. Numa análise quantitativa o risco desceu de 70 para 25 pontos, tendo uma redução de riscos de 64% na perceção dos operadores.	5S
(Sá et al., 2021)	A aplicação de metodologias <i>lean</i> numa fábrica de mobiliário, permitiu um aumento da produtividade, reduzindo o desperdício em 40%. Um inquérito aos colaboradores demonstrou que no geral após a implementação de ferramentas <i>lean</i> , os operadores sentem melhorias em termos de Saúde e Segurança.	VM, 5S
(M. Brito, Ramos, Carneiro, & Gonçalves, 2017)	A mudança para ferramenta mais adequadas para efetuar um <i>setup</i> de máquina numa empresa metalúrgica, permitiu uma melhoria ergonómica, reduzindo os riscos de doenças profissionais associadas, ao mesmo tempo que diminuiu em 46% o tempo de <i>setup</i> .	SMED
(Tezel & Aziz, 2017)	Ao aplicar ferramentas <i>lean</i> ao setor dos transportes, foi verificada um aumento de tarefas concluídas, melhor autogestão dos colaboradores, melhor coordenação de equipas ao mesmo tempo que foram melhoradas condições de trabalho e de segurança.	VM, 5S
(Brito et al., 2020)	Neste estudo realizado numa fábrica de embalagens de plástico a aplicação de 5S e SMED (ErgoSMED) no processo de impressão, o tempo	5S, SMED

Referências	Resultados	Ferramentas Aplicadas
	de <i>setup</i> foi reduzido em 50% em simultâneo com a melhoria da ergonomia.	
(Srinivasan, Ikuma, Shakouri, Nahmens, & Harvey, 2016)	A implementação de 5S neste estudo aumentou o clima de segurança na empresa tendo também impacto positivo na redução de custos e desperdícios.	5S
(Bevilacqua, Ciarapica, Mazzuto, & Paciarotti, 2013)	Modificações num carro de componentes numa linha de montagem automóvel, melhoraram a carga de trabalho mental e o bem-estar dos operadores.	VM, 5S

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 PROCESSO DE INJEÇÃO NA DELFINGEN PT-PORTO

3.3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.4 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

3.5 ESTUDO DO SMED

3.6 OTIMIZAÇÕES EFETUADAS

3.7 ANÁLISE DE RESULTADOS

3.8 PLANO DE AÇÕES A LONGO PRAZO

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

Com foco na injeção de plástico, a Delfingen PT-Porto, é neste momento uma empresa em processo de transformação e adaptação.

Em 2020 o grupo Delfingen adquiriu o negócio da Europa e África da *Schlemmer*, empresa alemã e maior concorrente no mercado. Esta aquisição teve grande impacto, levando a uma reestruturação global sendo a Delfingen PT-Porto uma das fábricas mais afetadas.

Sendo anteriormente uma empresa com foco em montagens de componentes para sistemas de limpa-vidros automóveis, a Delfingen PT-Porto era a única do grupo com uma pequena unidade de produção de peças por injeção de plástico. Na sua maioria eram produzidas peças injetadas de catálogo e vendidas a fornecedores *Tier 1*. Com a reestruturação global, a empresa em Portugal ficou quase na sua totalidade dedicada a injeção de plástico, fruto da transferência de equipamentos de fábricas da ex-*Schlemmer*. Esta transformação aumentou o leque de produtos produzidos pela Delfingen PT-Porto, sendo agora fornecedora não só de empresas *Tier 1*, como também diretamente aos *OEM (Original Equipment Manufacturer)*. Esta nova realidade levou a empresa a adaptar-se para se manter competitiva neste novo mercado de onde surgem previsões futuras de novos e mais ambiciosos projetos.

3.2 Processo de injeção de plástico na Delfingen PT Porto

O processo de injeção na Delfingen PT-Porto pode ser dividido em duas partes distintas, a injeção “antiga” que era o processo já existente onde maioritariamente são produzidas peças de catálogo da Delfingen (Figura 6), e a injeção “nova” que se refere a todas as máquinas e moldes transferidos com a aquisição da *Schlemmer*. O processo da injeção “antiga” conta com 11 máquinas entre as 50 e 150 toneladas de força de fecho e 174 moldes.

O processo da injeção “nova” contou com a transferência de 32 máquinas de 2 fábricas distintas, com idades distantes e de vários fabricantes. Juntamente com as máquinas foram transferidos 526 moldes de quatro fábricas. A força de fecho das prensas de injeção varia entre 28 e 300 toneladas.



Figura 6 - Exemplo de produtos de catálogo produzidos pela Delfingen PT-Porto

3.3 Contextualização do problema

A grande reestruturação a que a empresa foi sujeita teve fortes implicações nos seus equipamentos e processos. O processo de injeção que existia previamente, foi desenvolvido de raiz para um grande grupo de produtos de catálogo da Delfingen. Em consequência disso, todas as máquinas e moldes eram semelhantes e foram desenvolvidos com os mesmos princípios, tendo um elevado nível de standardização entre eles.

A transferência da “nova” injeção foi feita no curto espaço de tempo de um ano, sendo que as máquinas e moldes transferidos, vindo de locais diferente, foram desenvolvidos para *standards* também eles diferentes entre si. O rápido crescimento do processo de injeção dificultou a adaptação dos operadores existentes, e a formação dos novos que foram contratados.

Após mais de um ano com o novo processo, a estabilidade ainda não tinha sido atingida sendo notório que os tempos de *setup* eram demasiado elevados, levando a atrasos no planeamento. O tempo definido para o processo previamente existente era de 1h, já para o novo processo, foi definido um tempo de 2h para um *setup* em que já existe

matéria-prima pronta para uso, ou 4h nos casos em que é necessário desumidificar o material por esse período nas estufas portáteis. Devido a limitações no sistema de gestão interno, não é possível fazer uma análise real dos tempos de *setup* ao longo do tempo, nem a separação entre os dois processos. Após consulta de registos fidedignos e falar com operadores, é possível concluir que na maior parte das vezes o limite de 2h é ultrapassado.

Embora o processo de *setup* (Figura 7) seja semelhante para todos os casos, dependendo da complexidade dos moldes, pode exigir mais ou menos tempo a completar. O processo é iniciado pelo operador responsável pela montagem de moldes, passando na fase de afinação até ao arranque de produção para a responsabilidade do afinador.

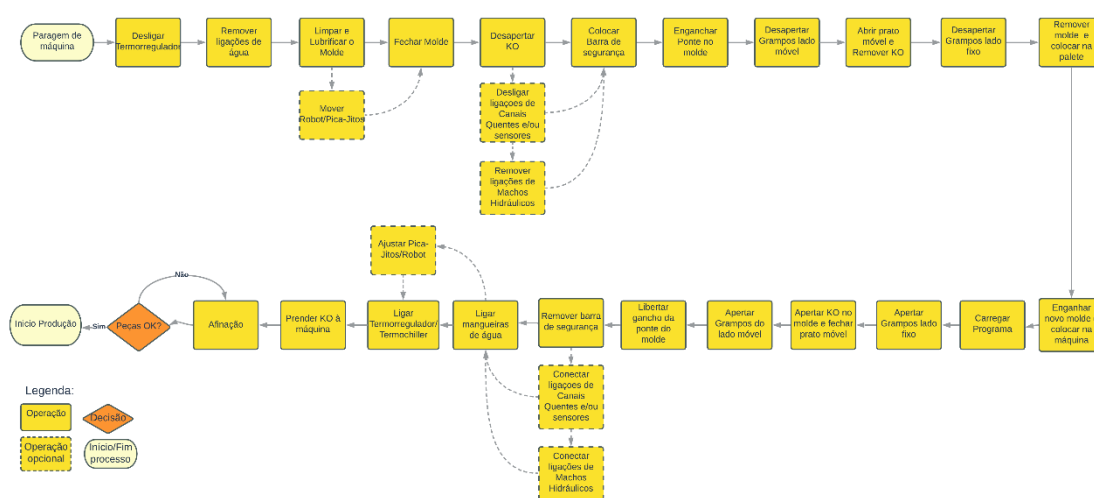


Figura 7 - Processo de *setup* de moldes de injeção na Delfingen

Envolvendo vários movimentos, manuseio de matérias a alta temperatura, gases químicos e deslocação de moldes cujo peso pode superar as duas toneladas, a fase de *setup* torna-se crítica a nível de saúde e segurança do operador. Esta situação é comprovada pelos dados recolhidos no departamento de Higiene e Segurança da empresa (Tabela 6), em que se pode observar que após a transferência, no processo de injeção de plástico, 60% dos acidentes de trabalho e 29% dos incidentes aconteceram na fase de *setup*.

Tabela 6 - Acidentes e Incidentes de trabalho no processo de injeção entre janeiro de 2021 e junho de 2022

	Processo de injeção	Durante o <i>setup</i>	%
Acidentes	10	6	60%
Incidentes	7	2	29%

3.4 Definição de objetivos

Este trabalho será focado apenas nos *setups* do novo projeto, onde uma das principais lacunas é o desconhecimento do real tempo gasto na troca de moldes. Através da metodologia SMED, serão avaliados os desperdícios ao longo do *setup*, e, aplicando várias ferramentas *lean*, reduzi-los ou eliminá-los. A complexidade de cada molde tem impacto no seu tempo de *setup*, sendo que em regra geral, quanto maior é o molde, mais demorado será. Tendo em conta esta diferenciação, serão criadas duas gamas para avaliar e definir o tempo necessário para a troca de molde. Após análise das especificações dos moldes existentes, as gamas foram divididas entre os que são usados em máquinas de tonelagem inferior e maior ou igual a 100 toneladas. Contando com a experiência da empresa com o processo de injeção já existente, foram definidos como tempos alvo a atingir de 60min para a gama de tonelagem inferior e 90min para a gama de tonelagem superior. É esperado que em ambas as gamas se consigam ganhos semelhantes aos reportados por Ribeiro et al. (2019), onde existiu uma diminuição de 36,79% nos tempos de *setup*.

Será também realizado um inquérito aos colaboradores para perceber em que medida as ações implementadas melhoram a sua perceção sobre a SST. É pretendido que os colaboradores sintam que trabalham num ambiente mais seguro à semelhança dos estudos realizados por (Sá et al., 2021) e (Fernandes et al., 2019).

3.5 Análise SMED

Neste capítulo serão efetuadas análises SMED ao processo de *setup* das duas gamas selecionadas. Os resultados das observações foram gravados em vídeo e descritos em tabelas seguindo as cinco etapas do SMED.

3.5.1 Gama <100t

Na gama de máquinas de menor tonelagem é onde são realizadas a maioria das trocas de moldes, com uma média de 3 trocas de moldes por semana. É também principalmente nestas máquinas que são produzidos produtos de catálogo e peças de dimensões mais reduzidas. Foram transferidas 18 máquinas desta gama dos fabricantes *Arburg* e *ENGEL*.

3.5.1.1 Classificação de atividades

Após a gravação em vídeo do *setup* para as máquinas da gama <100t, todas as atividades foram identificadas na Tabela 7. Essas mesmas atividades foram analisadas para se saber o porquê de serem realizadas e depois classificadas como sendo internas, externas ou dispensáveis. No total o *setup* teve uma duração de 1h18min54s, sendo que foram

identificadas várias tarefas externas e outras que poderiam ser eliminadas. O tempo de *setup* interno é de 53min16s o que representa apenas 67,51% do tempo total utilizado.

Foi também notado que muitas das atividades não foram efetuadas pela ordem definida no processo de montagem de moldes da empresa, o que pode indicar que a ordem não se ajusta à realidade, ou que não existe um correto seguimento da mesma pelos vários operadores.

Tabela 7 - Primeira etapa do SMED para a gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
0	Máquina é parada	0				
1	Coloca termorregulador a retirar água	12	X			
2	Desloca-se ao carro de ferramentas	7		X		Vai procurar chave sextavada para desapertar pica-jitos
3	Rodar Pica jitos	43	X			
4	Remover sensor extração	14	X			
5	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Vai buscar produto de limpeza e pano
6	Aplica produto de limpeza no molde	17	X			
7	Limpa o molde	47	X			
8	Desloca-se ao carro de ferramentas	16		X		Procura lubrificante - Não encontra no carro
9	Desloca-se na produção	38			X	Procura lubrificante na zona de produção
10	Aplica spray lubrificante no molde	25	X			
11	Fecha o molde	15	X			
12	Desliga termorregulador	4	X			
13	Remover mangueiras de água	182	X			Abre o molde para facilitar acesso às mangueiras
14	Manobrar Ponte	56		X		Manobra ponte para cima da máquina
15	Enganchar ponte no molde	36	X			
16	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Procura chave para desaperta KO
17	Desaperta KO	19	X			Com chave sextava em "L"
18	Coloca fecho de segurança no molde	49	X			Dá primeiro aperto dos parafusos com a mão para posicionar
19	Desloca-se ao carro de ferramentas	9		X		Procura 2 chaves para apertar fecho - Não encontra chaves no carro de ferramentas
20	Desloca-se na produção	220			X	Procura chaves para apertar fecho de segurança
21	Aperta fecho de segurança	48	X			
22	Desloca-se na produção	24			X	Devolve chave ao colega
23	Desloca-se ao carro de ferramentas	10		X		Procura chave sextavada

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
24	Desaperta grampos lado móvel	121	X			Grampos com várias peças são desapertados à mão Peças dos grampos caem ao desmontar
25	Abre o prato móvel da máquina	21	X			
26	Desloca-se ao carro de ferramentas	13		X		Procura chave de bocas
27	Retira KO	24	X			
28	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Pousa KO
29	Desloca-se ao carro de ferramentas	13			X	Pousa chave de bocas e procura nova chave sextavada
30	Remove 1 grampo lado fixo	20	X			
31	Desloca-se ao carro de ferramentas	14			X	procura chave sextavada para o próximo grampo
32	Remove restantes grampos do lado fixo	92	X			Operador já leva duas chaves diferentes para os vários grampos
33	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Pousa Chaves utilizadas pega no comando da ponte
34	Remove molde da máquina	103	X			Coloca molde na paleta ao lado da máquina
35	Preenche registo de desmontagem de molde	62		X		
36	Engancha próximo molde e posiciona-o dentro da máquina	169	X			Molde encontra-se na mesma paleta
37	Desloca-se ao carro de ferramentas	18			X	Vai buscar chaves sextavada
38	Reposiciona e aperta 1 grampos do lado fixo do lado do operador	260	X			
39	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Vai buscar chaves sextavada e grampo
40	Aperta grampo lado fixo do lado do operador	63	X			
41	Desloca-se à mesa de apoio	7			X	Vai buscar KO e chave de bocas
42	Coloca KO no molde	47	X			
43	Desloca-se ao carro de ferramentas	11			X	Pega em várias chaves para apertar grampos do outro lado do molde
44	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado oposto	137	X			
45	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Pousa as chaves
46	Fecha o prato móvel da máquina	18	X			
47	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Vai buscar chave sextavada e grampos
48	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado do operador	103	X			
49	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Troca de chaves e pega em várias para apertar os grampos do lado oposto
50	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado oposto	192	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
51	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Pousa as chaves Vai buscar comando da grua
52	Desengancha grua do molde	27	X			
53	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Pousa comando da grua e vai buscar chaves para desapertar parafusos do pica-jitos
54	Posiciona e aperta pica-jitos	59	X			
55	Desloca-se ao carro de ferramentas	9			X	Vai buscar chaves para desapertar barra de segurança
56	Desaperta barra de segurança	52	X			Guarda-a na mesa de apoio
57	Aperta o KO na máquina	55	X			Com chave sextavada em "L"
58	Instalação de mangueiras	429	X			Verifica onde estão ligadas as mangueiras no termorregulador Verifica ligações no molde Vai buscar "chantes" ao carro de ferramentas
59	Preenche registo de montagem de molde	27		X		
60	Carrega programa do molde	45	X			
61	Ajusta altura do molde	30			X	
62	Liga termorregulador	35	X			
63	Coloca caixa de sucata	42		X		Vai buscar caixa à máquina ao lado
64	Verifica folha de parâmetros	62	X			Confirma se foi carregado programa correto
65	Ajusta altura do molde	25	X			
66	Verifica ligações de mangueiras	64			X	Confirma se colega ligou bem as mangueiras
67	Coloca caixa para peças OK	28		X		Vai buscar caixa à máquina ao lado
68	Corrige temperatura do termorregulador	41			X	Montador de moldes tinha definido temperatura 20°C abaixo do estipulado
69	Ajusta e verifica parâmetros do programa na máquina	78			X	Verifica parâmetros gerais como curso de extração e temperaturas do fuso
70	Preenche registos de arranque	92		X		
71	Purga	115	X			Vai buscar chaves para retirar material
72	Primeira afinação e primeiras peças	159	X			
73	Coloca pica-jitos na posição correta	69			X	Operador não apertou o pica-jitos na posição centrada Tem que usar chave sextavada e posiciona manualmente
74	Afinação de máquina	34	X			Afina novamente extração para a posição do Pica-Jitos
75	Reposiciona Mangueiras	256			X	Pica Jitos bate nas mangueiras no percurso de entrada e saída do molde Aperta mangueiras de maneira a não interferir no movimento

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
76	Verificação e ajuste dos parâmetros	187			X	Operador percebe que alguns parâmetros do programa não estão certos com os da folha de parâmetros. Verifica todos os parâmetros e coloca de acordo com a folha de parâmetros.
77	Injeção de peças, ajustes e controlos	175	X			
78	Controlo final e início de produção	43	X			
TOTAL		01:18:54	00:53:16	00:06:30	00:19:08	

Ao analisar as atividades do *setup*, foram também verificadas quais as que representavam algum perigo em questões de SST para os intervenientes. Estas atividades podem ser verificadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Riscos de SST identificados no *setup* para a gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup	Riscos identificados SST
13, 58	Remoção/Instalação de mangueiras	Risco de queda devido ao excesso de mangueiras e água no piso
17	Desaperta KO	Operador tem que fazer bastante esforço no pulso para rodar chave quando KO está sob pressão
24, 30, 32, 38, 40, 44, 48, 50	Desaperta grampos lado móvel	Posição pouco natural, operador tem que desapertar grampo com uma mão e segurar peças para que não caiam com a outra. Vários movimentos para desapertar grampo
34, 36	Movimentação de molde fora da máquina	Movimentação de equipamento pesado
71	Purga	Risco de queimaduras ao retirar material

3.5.1.2 Separação de atividades

Numa fase inicial da segunda etapa do SMED, as tarefas foram ordenadas de maneira a colocar as tarefas externas durante as produções dos produtos, onde não interferem com a montagem do molde. Também algumas das tarefas como a preparação de caixas e registos de montagem/desmontagem do molde passam a ser realizados em paralelo pelo montador de moldes, enquanto o afinador do molde inicia o seu trabalho. Também as tarefas a eliminar foram separadas e colocadas no início da tabela.

Como é possível observar na Tabela 9, a maioria das atividades externas e a eliminar devem-se a deslocações para ir buscar materiais e ferramentas no caso do montador de moldes e de verificações desnecessárias por parte do afinador.

Tabela 9 - Segunda etapa do SMED para a gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
Atividades a Eliminar	Desloca-se na produção	38			X	Procura lubrificante na zona de produção
	Desloca-se na produção	220			X	Procura chaves para apertar fecho de segurança
	Desloca-se na produção	24			X	Devolve chave ao colega
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Pousa KO
	Desloca-se ao carro de ferramentas	13			X	Pousa chave de bocas e procura nova chave sextavada
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14			X	procura chave sextavada para o próximo grampo
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Pousa Chaves utilizadas pega no comando da ponte
	Desloca-se ao carro de ferramentas	18			X	Vai buscar chaves sextavada
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Vai buscar chaves sextavada e grampo
	Desloca-se à mesa de apoio	7			X	Vai buscar KO e chave de bocas
	Desloca-se ao carro de ferramentas	11			X	Pega em várias chaves para apertar grampos do outro lado do molde
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Pousa as chaves
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Vai buscar chave sextavada e grampos
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Troca de chaves e pega em várias para apertar os grampos do lado oposto
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Pousa as chaves Vai buscar comando da grua
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Pousa comando da grua e vai buscar chaves para desapertar parafusos do pica-jitos
	Desloca-se ao carro de ferramentas	9			X	Vai buscar chaves para desapertar barra de segurança
	Ajusta altura do molde	30			X	
	Verifica ligações de mangueiras	64			X	Confirma se colega ligou bem as mangueiras
	Corrige temperatura do termorregulador	41			X	Montador de moldes tinha definido temperatura 20°C abaixo do estipulado

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
	Ajusta e verifica parâmetros do programa na máquina	78			X	Verifica parâmetros gerais como curso de extração e temperaturas do fuso
	Coloca pica-jitos na posição correta	69			X	Operador não apertou o pica-jitos na posição centrada Tem que usar chave sextavada e posiciona manualmente
	Reposiciona Mangueiras	256			X	Pica Jitos bate nas mangueiras no percurso de entrada e saída do molde Aperta mangueiras de maneira a não interferir no movimento
	Verificação e ajuste dos parâmetros	187			X	Operador percebe que alguns parâmetros do programa não estão certos com os da folha de parâmetros. Verifica todos os parâmetros e coloca de acordo com a folha de parâmetros.
Produção anterior	Desloca-se ao carro de ferramentas	7		X		Vai procurar chave sextavada para desapertar pica-jitos
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Vai buscar produto de limpeza e pano
	Desloca-se ao carro de ferramentas	16		X		Procura lubrificante - Não encontra no carro
	Manobrar Ponte	56		X		Manobra ponte para cima da máquina
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Procura chave para desaperta KO
	Desloca-se ao carro de ferramentas	9		X		Procura 2 chaves para apertar fecho - Não encontra chaves no carro de ferramentas
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10		X		Procura chave sextavada
	Desloca-se ao carro de ferramentas	13		X		Procura chave de bocas
0	Máquina é parada	0				
1	Coloca termorregulador a retirar água	12	X			
2	Rodar Pica jitos	43	X			
3	Remover sensor extração	14	X			
4	Aplica produto de limpeza no molde	17	X			
5	Limpa o molde	47	X			
6	Aplica spray lubrificante no molde	25	X			
7	Fecha o molde	15	X			
8	Desliga termorregulador	4	X			
9	Remover mangueiras de água	182	X			Abre o molde para facilitar acesso às mangueiras
10	Enganchar ponte no molde	36	X			
11	Desaperta KO	19	X			Com chave sextava em "L"

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
12	Coloca fecho de segurança no molde	49	X			Dá primeiro aperto dos parafusos com a mão para posicionar
13	Aperta fecho de segurança	48	X			
14	Desaperta grampos lado móvel	121	X			Grampos com várias peças são desapertados à mão Peças dos grampos caem ao desmontar
15	Abre o prato móvel da máquina	21	X			
16	Desaperta KO	24	X			
17	Remove 1 grampo lado fixo	20	X			
18	Remove restantes grampos do lado fixo	92	X			Operador já leva duas chaves diferentes para os vários grampos
19	Remove molde da máquina	103	X			Coloca molde na paleta ao lado da máquina
20	Engancha próximo molde e posiciona-o dentro da máquina	169	X			Molde encontra-se na mesma paleta
21	Reposiciona e aperta 1 grampos do lado fixo do lado do operador	260	X			
22	Aperta grampo lado fixo do lado do operador	63	X			
23	Coloca KO no molde	47	X			
24	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado oposto	137	X			
25	Fecha o prato móvel da máquina	18	X			
26	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado do operador	103	X			
27	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado oposto	192	X			
28	Desengancha grua do molde	27	X			
29	Posiciona e aperta pica-jitos	59	X			
30	Desaperta barra de segurança	52	X			Guarda-a na mesa de apoio
31	Aperta o KO na máquina	55	X			Com chave sextavada em "L"
32	Instalação de mangueiras	429	X			Verifica onde estão ligadas as mangueiras no termorregulador Verifica ligações no molde Vai buscar "chantes" ao carro de ferramentas
33	Carrega programa do molde	45	X			
34	Liga termorregulador	35	X			
35	Verifica folha de parâmetros	62	X			Confirma se foi carregado programa correto
Atividades realizadas em paralelo	Coloca caixa de sucata	42		X		Vai buscar caixa à máquina ao lado
	Coloca caixa para peças OK	28		X		Vai buscar caixa à máquina ao lado

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
	Preenche registo de desmontagem de molde	62		X		
	Preenche registo de montagem de molde	27		X		
36	Ajusta altura do molde	25	X			
37	Purga	115	X			Vai buscar chaves para retirar material
38	Primeira afinação e primeiras peças	159	X			
39	Afinação de máquina	34	X			Afina novamente extração para a posição do Pica-Jitos
40	Injeção de peças, ajustes e controles	175	X			
41	Controlo final e início de produção	43	X			
Início de produção	Preenche registos de arranque	92		X		
TOTAL		01:18:54	00:53:16	00:06:30	00:19:08	

Como foi possível verificar, muitas das atividades não seguiam a ordem definida pela empresa pelo que nesta etapa, foi revista a tabela com a ordem das atividades. Nesta mesma Tabela 10, forma identificadas as ações realizadas para que fosse possível a eliminação de tarefas, ou, torná-las externas. No caso das deslocações ao carro de ferramentas, apenas foi considerada externa a primeira vez que o operador ia buscar/procurar a ferramenta necessária, uma vez que a preparação das ferramentas pode ser durante a produção anterior. Todas as restantes atividades de ir ao carrinho de ferramentas foram eliminadas, pois o mesmo passa a estar junto do operador e com as ferramentas pré-selecionadas no topo do carro prontas para serem utilizadas.

No caso das tarefas do afinador, aquelas em que era despendido mais tempo era a verificar tarefas que devem ser garantidas pelo montador de moldes e pelo próprio programa da máquina.

Tabela 10 - Segunda etapa do SMED revista para a gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
Atividades a Eliminar	Desloca-se na produção	38			X	Pré preparação de material no carro de ferramentas
	Desloca-se na produção	220			X	Pré preparação de material no carro de ferramentas
	Desloca-se na produção	24			X	Pré preparação de material no carro de ferramentas
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	13			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	18			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se à mesa de apoio	7			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	11			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Utilização de grampos com a mesma chave Carro de ferramentas na zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	7			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Desloca-se ao carro de ferramentas	9			X	Utilização de carro de ferramentas junto da zona de trabalho
	Ajusta altura do molde	30			X	Tarefa a ser realizada pelo afinador
	Verifica ligações de mangueiras	64			X	Tarefa a ser realizada pelo montador de moldes

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
						Esquema de ligação de águas / Código de cores
	Corrige temperatura do termostato	41			X	Tarefa a ser realizada pelo montador de moldes
	Ajusta e verifica parâmetros do programa na máquina	78			X	Garantir que programa está correto com identificação da versão do programa
	Coloca pica-jitos na posição correta	69			X	Tarefa a ser realizada pelo montador de moldes / Marcação de posição do pica-jitos
	Reposiciona Mangueiras	256			X	Tarefa deve ser realizada e garantida à primeira pelo montador de moldes
	Verificação e ajuste dos parâmetros	187			X	Garantir que programa está correto com identificação da versão do programa
Produção anterior	Desloca-se ao carro de ferramentas	7		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas Folha com identificação do material necessário
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas
	Desloca-se ao carro de ferramentas	16		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas
	Manobrar Ponte	56		X		Colocar ponte sobre a máquina
	Desloca-se ao carro de ferramentas	14		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas Folha com identificação do material necessário
	Desloca-se ao carro de ferramentas	9		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas Folha com identificação do material necessário
	Desloca-se ao carro de ferramentas	10		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas Folha com identificação do material necessário
	Desloca-se ao carro de ferramentas	13		X		Pré-preparação de material no carro de ferramentas Folha com identificação do material necessário
0	Máquina é parada	0				
1	Coloca termostato a retirar água	12	X			
2	Aplica produto de limpeza no molde	17	X			
3	Limpa o molde	47	X			
4	Aplica spray lubrificante no molde	25	X			
5	Rodar Pica jitos	43	X			
6	Fecha o molde	15	X			
7	Desaperta KO	19	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
8	Remover sensor extração	14	X			
9	Coloca fecho de segurança no molde	49	X			
10	Aperta fecho de segurança	48	X			
11	Enganchar ponte no molde	36	X			
12	Desaperta grampos lado móvel	121	X			
13	Desliga termorregulador	4	X			
14	Remover mangueiras de água	182	X			
15	Abre o prato móvel da máquina	21	X			
16	Desaperta KO	24	X			
17	Remove 1 grampo lado fixo	20	X			
18	Remove restantes grampos do lado fixo	92	X			
19	Remove molde da máquina	103	X			
20	Engancha próximo molde e posiciona-o dentro da máquina	169	X			
21	Carrega programa do molde	45	X			
22	Reposiciona e aperta 1 grampos do lado fixo do lado do operador	260	X			
23	Aperta grampo lado fixo do lado do operador	63	X			
24	Coloca KO no molde	47	X			
25	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado oposto	137	X			
26	Fecha o prato móvel da máquina	18	X			
27	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado do operador	103	X			
28	Posiciona e aperta grampos no lado móvel do lado oposto	192	X			
29	Desengancha grua do molde	27	X			
30	Desaperta barra de segurança	52	X			
31	Instalação de mangueiras	429	X			
32	Liga termorregulador	35	X			
33	Aperta o KO na máquina	55	X			
34	Posiciona e aperta pica-jitos	59	X			
35	Verifica folha de parâmetros	62	X			
Atividades realizadas	Coloca caixa de sucata	42		X		
	Coloca caixa para peças OK	28		X		

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
em paralelo	Preenche registo de desmontagem de molde	62		X		
	Preenche registo de montagem de molde	27		X		
36	Ajusta altura do molde	25	X			
37	Purga	115	X			
38	Primeira afinação e primeiras peças	159	X			
39	Afinação de máquina	34	X			
40	Injeção de peças, ajustes e controlos	175	X			
41	Controlo final e início de produção	43	X			
Início de produção	Preenche registos de arranque	92		X		
TOTAL		01:18:54	00:53:16	00:06:30	00:19:08	

3.5.1.3 Conversão de atividades

Nesta terceira fase do SMED, todas as atividades dispensáveis foram eliminadas do *setup*. Não foi identificada nenhuma atividade interna em que fosse possível transformar em externa. O número de atividades foi reajustado de maneira a facilitar a compreensão. Algumas das atividades que previamente eram interrompidas por outra que foram eliminadas ou externas (ex: troca de ferramenta a meio da montagem dos grampos), foram tornadas uma só. Os resultados e as indicações das atividades unidas podem ser consultados na Tabela 11.

Tabela 11 - Terceira etapa do SMED para gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades		Observações
			Interna	Externa	
Produção anterior	Preparação de materiais de limpeza e ferramentas necessárias no carrinho de ferramentas	83		X	Unidas atividades referentes à preparação de materiais
	Manobrar Ponte	56		X	
0	Máquina é parada	0			
1	Coloca termorregulador a retirar água	12	X		
2	Aplicar produto de limpeza no molde	17	X		
3	Limpar o molde	47	X		
4	Aplica spray lubrificante no molde	25	X		
5	Rodar Pica jitos	43	X		

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades		Observações
			Interna	Externa	
6	Fecha o molde	15	X		
7	Desaperta KO	19	X		
8	Remover sensor extração	14	X		
9	Coloca fecho de segurança no molde	97	X		Unidas atividades 9 e 10 da etapa 2
10	Enganchar ponte no molde	36	X		
11	Desaperta grampos lado móvel	121	X		
12	Desliga termorregulador	4	X		
13	Remover mangueiras de água	182	X		
14	Abre o prato móvel da máquina	21	X		
15	Desaperta KO	24	X		
16	Remove grampos lado fixo	112	X		Unidas atividades 17 e 18 da etapa 2
17	Remove molde da máquina	103	X		
18	Engancha próximo molde e posiciona-o dentro da máquina	169	X		
19	Carrega programa do molde	45	X		
20	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado do operador	323	X		Unidas atividades 22 e 23 da etapa 2
21	Coloca KO no molde	47	X		
22	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado oposto	137	X		
23	Fecha o prato móvel da máquina	18	X		
24	Posiciona e aperta grampos no lado móvel	295	X		Unidas atividades 27 e 28 da etapa 2
25	Desengancha grua do molde	27	X		
26	Desaperta barra de segurança	52	X		
27	Instalação de mangueiras	429	X		
28	Liga termorregulador	35	X		
29	Aperta o KO na máquina	55	X		
30	Posiciona e aperta pica-jitos	59	X		
31	Verifica folha de parâmetros	62	X		
Atividades realizadas em paralelo	Coloca caixa de sucata	42		X	
	Coloca caixa para peças OK	28		X	
	Preenche registo de desmontagem de molde	62		X	
	Preenche registo de montagem de molde	27		X	
32	Ajusta altura do molde	25	X		
33	Purga	115	X		
34	Afinação de máquina, produção de primeiras peças e controlos	368	X		
35	Controlo final e início de produção	43	X		
Início de produção	Preenche registos de arranque	92		X	
TOTAL		01:18:54	00:53:16	00:06:30	

3.5.1.4 Redução de atividades internas

Sendo esta etapa a que se foca na redução das tarefas internas, foram testadas várias otimizações em várias atividades do *setup*. O foco foi em reduzir as atividades mais longas e em que eram notórios os maiores desperdícios. As tarefas mais repetidas e demoradas como a montagem/desmontagem de grampos, podem ser melhoradas utilizando grampos do mesmo tipo, preferencialmente de aperto rápido e um roquete na vez de uma chave sextavada convencional. Na ligação das mangueiras ao molde, várias medidas adotadas mostraram-se importantes na redução do tempo de montagem das mesmas. Um distribuidor de água dentro da máquina, a utilização de códigos de cores para as mangueiras e nos bocais do molde, assim como a utilização de um esquema de águas, reduzem o tempo que o operador perde na identificação do circuito da água.

Na Tabela 12 é possível verificar os tempos ganhos em cada atividade, sendo que no final o tempo total gasto em atividades internas passou de 53min16s para 42min32s, representando uma redução de 20,15%.

Tabela 12 - Quarta etapa do SMED para a gama <100t

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo tempo atividade (s)
0	Máquina é parada	0		0
1	Coloca termostato a retirar água	12		12
2	Aplica produto de limpeza no molde	17		17
3	Limpa o molde	47		47
4	Aplica spray lubrificante no molde	25		25
5	Rodar Pica jitos	43		43
6	Fecha o molde	15		15
7	Desaperta KO	19		19
8	Remover sensor extração	14		14
9	Coloca fecho de segurança no molde	97		97
10	Enganchar ponte no molde	36		36
11	Desaperta grampos lado móvel	121	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	86
12	Desliga termostato	4		4
13	Remover mangueiras de água	182	Utilização de distribuidor de água	125
14	Abre o prato móvel da máquina	21		21
15	Desaperta KO	24		24
16	Remove grampos lado fixo	112	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	86

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo tempo atividade (s)
17	Remove molde da máquina	103		103
18	Engancha próximo molde e posiciona-o dentro da máquina	169		169
19	Carrega programa do molde	45		45
20	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado do operador	323	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	110
21	Coloca KO no molde	47		47
22	Reposiciona e aperta grampos do lado fixo do lado oposto	137	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	110
23	Fecha o prato móvel da máquina	18		18
24	Posiciona e aperta grampos no lado móvel	295	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	230
25	Desengancha grua do molde	27		27
26	Desaperta barra de segurança	52		52
27	Instalação de mangueiras	429	Utilização de distribuidor de água Esquema de águas e código de cores no molde e mangueiras	208
28	Liga termorregulador	35		35
29	Aperta o KO na máquina	55		55
30	Posiciona e aperta pica-jitos	59		59
31	Verifica folha de parâmetros	62		62
32	Ajusta altura do molde	25		25
33	Purga	115		115
34	Afinação de máquina, produção de primeiras peças e controlos	368		368
35	Controlo final e início de produção	43		43
TOTAL		00:53:16		00:42:32

3.5.1.5 Redução de atividades externas

Nesta última fase no SMED procura-se eliminar desperdícios, embora os mesmos já não tenham impacto no tempo em que a máquina está parada. Na Tabela 13, é possível observar que apenas uma das atividades identificadas teve uma redução do seu tempo. A utilização de uma folha por molde onde é possível verificar o equipamento necessário para realizar o *setup*, reduziu o tempo de procura dos materiais corretos.

Tabela 13 - Quinta etapa do SMED para gama <100t

Atividades Externas do <i>Setup</i> Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo Tempo atividade (s)
Preparação de materiais de limpeza e ferramentas necessárias no carrinho de ferramentas	83	Utilização de folha com material de trabalho necessário identificado	60
Manobrar Ponte	56		56
Coloca caixa de sucata	42		42
Coloca caixa para peças OK	28		28
Preencher registos de montagem/desmontagem do molde	89		89
Preenche registos de arranque	92		92
	00:06:30		00:06:07

3.5.2 Gama $\geq 100t$

A gama de máquinas $\geq 100t$, exige um pouco menos na troca de moldes do que a gama de tonelagem inferior. Atualmente a média é de aproximadamente 2,5 trocas semanais. São mais utilizadas para peças de maiores dimensões derivadas de projetos específicos para clientes, muitas vezes de apenas uma ou duas cavidades. Podem ser também utilizadas para moldes de grande número de cavidades para peças de catálogo de alto volume de vendas. Foram transferidas 14 máquinas desta gama dos fabricantes *Arburg*, *ENGEL* e *Kraus Maffei*.

3.5.2.1 Classificação de atividades

Tal como na gama <100t, de modo a obter um retrato real das atividades realizadas pelos operadores durante o *setup*, foi gravado em vídeo todo o processo. Após a gravação, foi feita uma análise de todos os passos dados pelo operador. Foram anotados os tempos de cada atividade, quem a realiza, e classificadas como internas, externas ou dispensáveis (Tabela 14). Durante este processo, foi notório que a ordem das tarefas definidas no processo de *setup* não é cumprida pelos operadores. O processo teve uma duração total de 2h35min03s, tendo sido identificado um tempo de 10min18s em atividades externas e de 13min44s de atividades consideradas desnecessárias.

Tabela 14 - Primeira etapa do SMED para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
0	Máquina é parada	0				
1	Vai buscar os produtos de limpeza e lubrificação e desloca-se até à máquina	10		X		
2	Aplica spray de limpeza no molde	37	X			
3	Sopra excesso de produto com ar comprimido	69	X			
4	Desloca-se até ao carro de ferramentas	10		X		Vai buscar pano de limpeza
5	Limpa a superfície do molde	19	X			Utiliza pano
6	Aplica spray lubrificante no molde	15	X			
7	Fecha o molde	39	X			Necessita de arrumar sprays e pano que estava a obstruir fecho da porta
8	Coloca termorregulador a retirar água do molde	44	X			
9	Coloca barra de segurança sobre o molde	27	X			Barra de segurança estava guardada na mesa de apoio
10	Desloca-se ao carro de ferramentas	12		X		Operador vai procurar a chave sextavada para apertar a barra de segurança
11	Aparafusa a barra de segurança	22	X			
12	Retirar a cunha do KO do molde	11	X			
13	Manobrar a ponte	43		X		Ponte estava não estava sobre a máquina
14	Enganchar molde na ponte móvel	32	X			
15	Remove grampos do lado móvel	67	X			Um dos grampos não é removido - Grampo é diferente e operador não levou chave correta Operador tem que reposicionar a chave várias vezes para desapertar os parafusos
16	Faz registos de desmontagem de molde	112		X		
17	Desliga termorregulador	44	X			
18	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	176	X			
19	Desloca-se ao carro de ferramentas	24			X	Operador vai procurar chaves para desapertar grampo em falta
20	Remove grampo do lado móvel em falta	24			X	
21	Separa o molde da base móvel	47	X			
22	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Vai procurar chave de bocas para desapertar KO

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
23	Remove KO do molde	22	X			
24	Desloca-se à mesa de apoio	9			X	Vai pousar o KO e buscar chave sextavada
25	Retira grampos do lado fixo	54	X			
26	Vai buscar palete vazia para pousar o molde	33		X		
27	Retira molde da máquina	97	X			
28	Movimenta a ponte e engancha próximo molde	38			X	Molde encontra-se numa palete do outro lado do corredor
29	Inicia deslocação do molde	119	X			
30	Posiciona o molde na máquina	130	X			
31	Posiciona grampos no lado fixo do lado do operador	28	X			
32	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Vai buscar chave sextavada
33	Aperta grampos	33	X			
34	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Vai buscar KO e chave de bocas
35	Coloca KO no molde	25	X			
36	Posiciona grampos do lado oposto da máquina	130	X			
37	Aperta grampos	37	X			
38	Carrega programa do novo molde	16	X			
39	Espera	75			X	
40	Inicia movimento de fecho do prato móvel	26			X	Movimento interrompido porque posição dos grampos não era adequada
41	Reposiciona grampos	176			X	
42	Espera	120			X	
43	Encosta prato móvel ao molde	35	X			
44	Desloca-se à mesa de apoio	13			X	Vai buscar chave sextavada
45	Apertar grampos no lado móvel	66	X			
46	Solta o gancho da ponte	44	X			
47	Desloca-se ao carro das ferramentas	21			X	Operador vai procurar chaves para desapertar barra de segurança Operador tem que voltar ao carro de ferramentas pois trouxe a chave errada
48	Remove barra de segurança	60	X			Guarda barra na mesa de apoio após remover
49	Desloca-se ao carro de ferramentas	17		X		Guarda chaves de ferramentas
50	Reajusta as mangueiras e fecha a porta	13			X	Mangueiras prendem o movimento da porta
51	Colocar cunha do KO	81	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
52	Procura de termochiller	288		X		Estava um termostato na máquina e o molde necessita de termochiller Operador procura um termochiller disponível Tem que o desligar de uma máquina onde não está a ser necessário
53	Instalação de mangueiras e ligação de águas	2015	X			Operador começa a ler marcações dos bocais para ligação das mangueiras Operador confuso sobre como vai ligar as mangueiras (utiliza pistola de ar comprimido para verificar entradas e saídas) Operador tem que seguir ligação das mangueiras para ver se estão ligadas a uma entrada ou saída no chiller Vai buscar mangueiras extra a uma caixa, ao carro de ferramentas e a um suporte longe da máquina (Mangueiras com várias cores)
54	Desloca-se até ao técnico de manutenção	95			X	Operador vai perguntar ao técnico de manutenção se tem alguma ficha para o sensor de extração pois não a consegue encontrar
55	Ligação de sensor de extração	46	X			Operador apercebe-se que a ficha estava guardada na prateleira de baixo da mesa de apoio
56	Limpa o molde	35	X			Troca de operador - Afinador continua <i>setup</i>
57	Verifica Mangueiras e matéria-prima	166			X	Verifica se corre água nas ligações feitas pelo Operador anterior
58	Vai buscar caixa para colocar peças da máquina	26		X		
59	Regular tapete	15		X		
60	Posicionar e ligar Pica Jitos	72	X			
61	Afinação de molde, verificação de parâmetros	2251	X			Afinador confirma os parâmetros na máquina com os da folha de parâmetros
60.1	Registos de arranque	52		X		Registos realizados enquanto operador espera pelo aumento da temperatura do fuso
62	Purga do fuso	240	X			
63	Injeção das primeiras peças, ajustes e Controlos	1519	X			
64	Controlo final e início de produção	57	X			
TOTAL		02:35:03	02:11:01	00:10:18	00:13:44	

Para cada atividade foram também analisados possíveis riscos de SST, e anotados na Tabela 15.

Tabela 15 - Riscos de SST identificados no *setup* para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do <i>Setup</i> Montador de moldes Afinador	Riscos identificados SST
12	Retirar a cunha do KO do molde	Cunha com alguma resistência para desmontar e posição pouco natural
15,20,25,27,29,31,33,35,36,44	Remover e reposicionar grampos	Chave sextava em "L" aumenta número de movimentos do operador e dificulta o despertar dos parafusos
18	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	Risco de queda devido ao excesso de mangueiras e água no piso
27	Retira molde da máquina	Movimentação de molde
29	Inicia deslocação do molde	Molde atravessa corredor de passagem
53	Instalação de mangueiras e ligação de águas	Grande quantidade de mangueiras espalhadas no chão aumenta risco de queda do operador
62	Purga do fuso	Risco de queimaduras ao retirar material

3.5.2.2 Separação de atividades

Na segunda etapa, as atividades foram reorganizadas de maneira a colocar as atividades externas antes ou depois das internas. Foram também agrupadas as atividades a eliminar. (Tabela 16)

À semelhança do que foi possível observar na outra gama de máquinas, grande parte das atividades a eliminar eram deslocações desnecessárias ao carro de ferramentas ou à mesa de apoio, sendo que estas poderiam ser eliminadas caso o carro estivesse junto à zona de trabalho do operador.

Tabela 16 - Segunda etapa do SMED para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do <i>Setup</i> Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
Atividades a Eliminar	Desloca-se ao carro de ferramentas	24			X	Operador vai procurar chaves para despertar grampo em falta
	Remove grampo do lado móvel em falta	24			X	
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Vai procurar chave de bocas para despertar KO
	Desloca-se à mesa de apoio	9			X	Vai pousar o KO e buscar chave sextavada

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
	Movimenta a ponte e engancha próximo molde	38			X	Molde encontra-se numa palete do outro lado do corredor
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Vai buscar chave sextavada
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Vai buscar KO e chave de bocas
	Espera	75			X	
	Inicia movimento de fecho do prato móvel	26			X	Movimento interrompido porque posição dos grampos não era adequada
	Reposiciona grampos	176			X	
	Espera	120			X	
	Desloca-se à mesa de apoio	13			X	Vai buscar chave sextavada
	Desloca-se ao carro das ferramentas	21			X	Operador vai procurar chaves para desapertar barra de segurança Operador tem que voltar ao carro de ferramentas pois trouxe a chave errada
	Reajusta as mangueiras e fecha a porta	13			X	Mangueiras prendem o movimento da porta
	Desloca-se até ao técnico de manutenção	95			X	Operador vai perguntar ao técnico de manutenção se tem alguma ficha para o sensor de extração pois não a consegue encontrar
	Verifica Mangueiras e matéria-prima	166			X	Verifica se corre água nas ligações feitas pelo Operador anterior
Produção anterior	Vai buscar os produtos de limpeza e lubrificação e desloca-se até à máquina	10		X		
	Desloca-se até ao carro de ferramentas	10		X		Vai buscar pano de limpeza
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12		X		Operador vai procurar a chave sextavada para apertar a barra de segurança
	Manobrar a ponte	43		X		Ponte estava não estava sobre a máquina
	Vai buscar palete vazia para pousar o molde	33		X		
	Procura de termochiller	288		X		Estava um termorregulador na máquina e o molde necessita de termochiller Operador procura um termochiller disponível Tem que o desligar de uma máquina onde não está a ser necessário
	Vai buscar caixa para colocar peças da máquina	26		X		
0	Máquina é Parada	0				
1	Aplica spray de limpeza no molde	37	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
2	Sopra excesso de produto com ar comprimido	69	X			
3	Limpa a superfície do molde	19	X			Utiliza pano
4	Aplica spray lubrificante no molde	15	X			
5	Fecha o molde	39	X			Necessita de arrumar sprays e pano que estava a obstruir fecho da porta
6	Coloca termorregulador a retirar água do molde	44	X			
7	Coloca barra de segurança sobre o molde	27	X			Barra de segurança estava guardada na mesa de apoio
8	Aparafusa a barra de segurança	22	X			
9	Retirar a cunha do KO do molde	11	X			
10	Enganchar molde na ponte móvel	32	X			
11	Remove grampos do lado móvel	67	X			Um dos grampos não é removido - Grampo é diferente e operador não levou chave correta Operador tem que reposicionar a chave várias vezes para desapertar os parafusos
12	Desliga termorregulador	44	X			
13	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	176	X			
14	Separa o molde da base móvel	47	X			
15	Remove KO do molde	22	X			
16	Retira grampos do lado fixo	54	X			
17	Retira molde da máquina	97	X			
18	Inicia deslocação do molde	119	X			
19	Posiciona o molde na máquina	130	X			
20	Posiciona grampos no lado fixo do lado do operador	28	X			
21	Aperta grampos	33	X			
22	Coloca KO no molde	25	X			
23	Posiciona e aperta grampos do lado oposto da máquina	130	X			
	Aperta grampos	37	X			
24	Carrega programa do novo molde	16	X			
25	Encosta prato móvel ao molde	35	X			
26	Apertar grampos no lado móvel	66	X			
27	Solta o gancho da ponte	44	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Análise das atividades
			Interna	Externa	A eliminar	
28	Remove barra de segurança	60	X			Guarda barra na mesa de apoio após remover
29	Colocar cunha do KO	81	X			
30	Instalação de mangueiras e ligação de águas	2015	X			Operador começa a ler marcações dos bocais para ligação das mangueiras Operador confuso sobre como vai ligar as mangueiras (utiliza pistola de ar comprimido para verificar entradas e saídas) Operador tem que seguir ligação das mangueiras para ver se estão ligadas a uma entrada ou saída no chiller Vai buscar mangueiras extra a uma caixa, ao carro de ferramentas e a um suporte longe da máquina (Mangueiras com várias cores)
31	Ligação de sensor de extração	46	X			Operador apercebe-se que a ficha estava guardada na prateleira de baixo da mesa de apoio
32	Limpa o molde	35	X			Troca de operador - Afinador continua <i>setup</i>
Atividades realizadas em paralelo	Faz registos de desmontagem de molde	112		X		
	Desloca-se ao carro de ferramentas	17		X		Guarda chaves de ferramentas
33	Posicionar e ligar Pica Jitos	72	X			
34	Afinação de molde, verificação de parâmetros e registos	2251	X			Afinador confirma os parâmetros na máquina com os da folha de parâmetros Resistências do fuso não estavam ligadas na temperatura ideal - Operador efetua registos durante o período de espera
35	Purga do fuso	240	X			
36	Injeção das primeiras peças, ajustes e Controlos	1519	X			
37	Controlo final e início de produção	57	X			
Início de produção	Regular tapete	15		X		
	Registos de arranque	52		X		
TOTAL		02:35:03	02:11:01	00:10:18	00:13:44	

Na Tabela 17 é possível visualizar as ações a realizar para as atividades eliminadas e externas para que seja possível retirá-las do processo interno. Tendo em conta que os operadores não seguiam o fluxo correto de atividades, as mesmas foram organizadas de acordo com o fluxo aconselhado.

Tabela 17 - Segunda etapa do SMED "corrigida" para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
Atividades a Eliminar	Desloca-se ao carro de ferramentas	24			X	Utilizar ferramenta correta
	Remove grampo do lado móvel em falta	24			X	Utilizar ferramenta correta
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12			X	Pré-preparação de ferramentas Carro de ferramentas junto à máquina
	Desloca-se à mesa de apoio	9			X	Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Movimenta a ponte e engancha próximo molde	38			X	Colocar próximo molde junto da máquina
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Desloca-se à mesa de apoio	6			X	Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Espera	75			X	Impedir interrupção de atividade de <i>setup</i>
	Inicia movimento de fecho do prato móvel	26			X	Garantir posicionamento correto dos grampos à primeira
	Reposiciona grampos	176			X	Garantir posicionamento correto dos grampos à primeira
	Espera	120			X	Impedir interrupção de atividade de <i>setup</i>
	Desloca-se à mesa de apoio	13			X	Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Desloca-se ao carro das ferramentas	21			X	Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Reajusta as mangueiras e fecha a porta	13			X	Garantir bom posicionamento das mangueiras quando são montadas
	Desloca-se até ao técnico de manutenção	95			X	Definir local para as fichas dos sensores/canais quentes/machos hidráulicos
	Verifica Mangueiras e matéria-prima	166			X	Operação deve ser garantida pelo montador de moldes
Produção anterior	Vai buscar os produtos de limpeza e lubrificação e desloca-se até à máquina	10		X		Pré-preparação de produtos no carro Carro de ferramentas junto à máquina
	Desloca-se até ao carro de ferramentas	10		X		Pré-preparação de produtos no carro Carro de ferramentas junto à máquina

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
	Desloca-se ao carro de ferramentas	12		X		Pré-preparação de ferramentas no carro Carro de ferramentas junto à máquina Transformar várias atividades eliminadas apenas numa externa de preparação de ferramentas
	Manobrar a ponte	43		X		Colocar previamente ponte sobre a máquina
	Vai buscar palete vazia para pousar o molde	33		X		Colocar previamente palete junto à máquina
	Procura de termochiller	288		X		Verificar necessidade de termochiller e colocar junto à máquina
	Vai buscar caixa para colocar peças da máquina	26		X		Montador de moldes coloca previamente a caixa junto da máquina
0	Máquina é Parada	0				
1	Coloca termorregulador a retirar água do molde	44	X			
2	Aplica spray de limpeza no molde	37	X			
3	Sopra excesso de produto com ar comprimido	69	X			
4	Limpa a superfície do molde	19	X			
5	Aplica spray lubrificante no molde	15	X			
6	Fecha o molde	39	X			
7	Retirar a cunha do KO do molde	11	X			
8	Coloca barra de segurança sobre o molde	27	X			
9	Aparafusa a barra de segurança	22	X			
10	Enganchar molde na ponte móvel	32	X			
11	Remove grampos do lado móvel	67	X			
12	Desliga termorregulador	44	X			
13	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	176	X			
14	Separa o molde da base móvel	47	X			
15	Remove KO do molde	22	X			
16	Retira grampos do lado fixo	54	X			
17	Retira molde da máquina	97	X			
18	Inicia deslocação do molde	119	X			
19	Posiciona o molde na máquina	130	X			
20	Carrega programa do novo molde	16	X			

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades			Ações a realizar
			Interna	Externa	A eliminar	
21	Posiciona grampos no lado fixo do lado do operador	28	X			
22	Aperta grampos	33	X			
23	Coloca KO no molde	25	X			
24	Posiciona grampos do lado oposto da máquina	130	X			
	Aperta grampos	37	X			
25	Encosta prato móvel ao molde	35	X			
26	Apertar grampos no lado móvel	66	X			
27	Solta o gancho da ponte	44	X			
28	Remove barra de segurança	60	X			
29	Colocar cunha do KO	81	X			
30	Ligação de sensor de extração	46	X			
31	Instalação de mangueiras e ligação de águas	2015	X			
32	Limpa o molde	35	X			
Atividades realizadas em paralelo	Faz registos de desmontagem de molde	112		X		Fazer registos após finalizar montagem do molde quando afinador inicia tarefas
	Desloca-se ao carro de ferramentas	17		X		Guardar ferramentas e material de limpeza nos locais adequados após finalizar montagem de molde
33	Posicionar e ligar Pica Jitos	72	X			
34	Afinação de molde, verificação de parâmetros e registos	2251	X			
35	Purga do fuso	240	X			
36	Injeção das primeiras peças, ajustes e Controlos	1519	X			
37	Controlo final e início de produção	57	X			
Início de produção	Regular tapete	15		X		Necessário apenas quando começam a sair as primeiras peças OK
	Registos de arranque	52		X		
TOTAL		02:35:03	02:11:01	00:10:18	00:13:44	

3.5.2.3 Conversão de atividades

Na terceira etapa todas as tarefas dispensáveis foram eliminadas do *setup*. (Tabela 18) Não foram identificadas atividades internas que pudessem ser transformadas em externas. Foi também realizada uma correção do tempo de uma das atividades externas. A atividade em que os colaboradores preparam o material teve um ligeiro aumento de

tempo, sendo que passa a ser uma única atividade para compensar as várias que foram eliminadas. O tempo total do *setup* passou de 2h35min03s para 2h23min06s.

Tabela 18 - Terceira etapa do SMED para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades	
			Interna	Externa
Produção anterior	Preparação de materiais de limpeza e ferramentas necessárias no carrinho de ferramentas	99		X
	Verificar necessidade e procura de termochiller	288		X
	Trazer molde e palete para junto da máquina	73		X
	Preparação de caixa para peças a produzir	26		X
	Colocar ponte sobre a máquina	43		X
0	Máquina é Parada	0		
1	Coloca termostato a retirar água do molde	44	X	
2	Aplica spray de limpeza no molde	37	X	
3	Sopra excesso de produto com ar comprimido	69	X	
4	Limpa a superfície do molde	19	X	
5	Aplica spray lubrificante no molde	15	X	
6	Fecha o molde	39	X	
7	Retirar a cunha do KO do molde	11	X	
8	Coloca barra de segurança sobre o molde	27	X	
9	Aparafusa a barra de segurança	22	X	
10	Enganchar molde na ponte móvel	32	X	
11	Remove grampos do lado móvel	67	X	
12	Desliga termostato	44	X	
13	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	176	X	
14	Separa o molde da base móvel	47	X	
15	Remove KO do molde	22	X	
16	Retira grampos do lado fixo	54	X	
17	Retira molde da máquina	97	X	
18	Inicia deslocação do molde	119	X	
19	Posiciona o molde na máquina	130	X	
20	Carrega programa do novo molde	16	X	
21	Posiciona grampos no lado fixo do lado do operador	28	X	
22	Aperta grampos	33	X	
23	Coloca KO no molde	25	X	
24	Posiciona grampos do lado oposto da máquina	130	X	
	Aperta grampos	37	X	
25	Encosta prato móvel ao molde	35	X	
26	Apertar grampos no lado móvel	66	X	
27	Solta o gancho da ponte	44	X	
28	Remove barra de segurança	60	X	
29	Colocar cunha do KO	81	X	
30	Ligação de sensor de extração	46	X	
31	Instalação de mangueiras e ligação de águas	2015	X	

Nº Atividade	Atividades do Setup Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Classificação atividades	
			Interna	Externa
32	Limpa o molde	35	X	
Atividades realizadas em paralelo	Faz registos de desmontagem de molde	112		X
	Desloca-se ao carro de ferramentas	17		X
33	Posicionar e ligar Pica Jitos	72	X	
34	Afinação de molde, verificação de parâmetros e registos	2251	X	
35	Purga do fuso	240	X	
36	Injeção das primeiras peças, ajustes e Controlos	1519	X	
37	Controlo final e início de produção	57	X	
Após início de produção	Regular tapete	15		X
	Registos de arranque	52		X
TOTAL		02:23:06	02:11:01	00:12:05

3.5.2.4 Redução de atividades internas

Na quarta etapa foram testadas várias otimizações de tarefas internas. Foi possível observar que a implementação de ações nas atividades 32 e 37 foram as que obtiveram mais impacto na redução de tempo de *setup*, sendo que as mesmas eram as duas com maior duração. Na tarefa 32 onde é efetuada a ligação das mangueiras de água foi possível ganhar 18min45s com a combinação das melhorias efetuadas, enquanto na tarefa 37 foi possível obter ganhos de 22min56s ao retirar ao afinador a tarefa de verificar todos os parâmetros e esperar pelo aquecimento das resistências.

Na Tabela 19, é possível verificar todas as atividades internas e o novo tempo de cada atividade. A otimização das atividades internas permitiu uma redução no tempo de *setup* de 46min21s, o que representa uma melhoria de 34,88%.

Tabela 19 - Quarta etapa do SMED para a gama $\geq 100t$

Nº Atividade	Atividades do Setup	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo tempo atividade (s)
0	Máquina é Parada	0		0
1	Coloca termorregulador a retirar água do molde	44		44
2	Aplica spray de limpeza no molde	37		37
3	Sopra excesso de produto com ar comprimido	69		59
4	Limpa a superfície do molde	19		19
5	Aplica spray lubrificante no molde	15		15
6	Fecha o molde	39		39

Nº Atividade	Atividades do Setup	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo tempo atividade (s)
7	Retirar a cunha do KO do molde	11		11
8	Coloca barra de segurança sobre o molde	27		27
9	Aparafusa a barra de segurança	22		22
10	Enganchar molde na ponte móvel	32		32
11	Remove grampos do lado móvel	67	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	47
12	Desliga termorregulador	44		44
13	Retira as mangueiras do molde e limpar água residual do molde e mangueiras	176	Aplicação de distribuidor de água	88
14	Separa o molde da base móvel	47		47
15	Remove KO do molde	22		22
16	Retira grampos do lado fixo	54	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	44
17	Retira molde da máquina	97		97
18	Inicia deslocação do molde	119		119
19	Posiciona o molde na máquina	130		130
20	Carrega programa do novo molde	16	Carrega programa do novo molde	16
21	Posiciona grampos no lado fixo do lado do operador	28	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	23
22	Aperta grampos	33	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	28
23	Coloca KO no molde	25		25
24	Posiciona grampos do lado oposto da máquina	130	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	120
25	Aperta grampos	37	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	27
26	Encosta prato móvel ao molde	35		35
27	Apertar grampos no lado móvel	66	Utilização de grampos iguais e de aperto rápido Utilização de roquete	56
28	Solta o gancho da ponte	44		44
29	Remove barra de segurança	60		60
30	Colocar cunha do KO	81		81
31	Ligação de sensor de extração	46		46
32	Instalação de mangueiras e ligação de águas	2015	Aplicação de distribuidor de água Utilização de esquema de ligações Utilização de código de cores para ligações de mangueiras Definição de local para guardar mangueiras	890
33	Limpa o molde	35		35
35	Posicionar e ligar Pica Jitos	72		72
36	Afinação de molde, verificação de parâmetros e registos	2251	Eliminação da necessidade de reverificar todos os parâmetros Garantir que montador de molde deixa resistências ligadas	875
37	Purga do fuso	240		240
38	Injeção das primeiras peças, ajustes e Controlos	1519		1519
39	Controlo final e início de produção	57		57
TOTAL		02:11:01		01:26:32

3.5.2.5 Redução de atividades externas

Na última fase do SMED é tido como objetivo otimizar as tarefas externas que não têm impacto no interno do *setup*. Neste caso estudado foi possível diminuir o tempo de duas das atividades de preparação para o *setup*. A utilização de uma folha que informa os colaboradores do material necessário que reduz o tempo de procura do mesmo e a definição de um local próprio para o termochiller que elimina a procura do mesmo pelas várias máquinas. Foi possível uma poupança de 3min 27s. (Tabela 20)

Tabela 20 - Quinta etapa do SMED para a gama $\geq 100t$

Atividades do <i>Setup</i> Montador de moldes Afinador	Tempo atividade (s)	Ações a realizar	Novo tempo atividade (s)
Preparação de materiais de limpeza e ferramentas necessárias no carrinho de ferramentas	99	Utilização de folha com material de trabalho necessário identificado	60
Verificar necessidade de termochiller e colocar junto da máquina	288	Definir local para termochiller que não estão em uso	120
Trazer molde e palete para junto da máquina	73		73
Preparação de caixa para peças a produzir	26		26
Colocar ponte sobre a máquina	43		43
Faz registos de desmontagem de molde	112		112
Desloca-se ao carro de ferramentas	17		17
Regular tapete	15		15
Registos de arranque	52		52
TOTAL	00:12:05		00:08:38

3.6 Otimizações efetuadas

3.6.1 Gestão de mangueiras e ligação de águas

Em ambas as análises SMED realizadas, foi possível perceber que uma das tarefas em que mais tempo era desperdiçado, era no momento da montagem das mangueiras. Os próximos tópicos abordam as otimizações que foram testadas para minimizar o tempo despendido nesta atividade. A aplicação conjunta destas medidas obteve uma poupança significativa nos tempos de *setup*, sendo que nos casos de estudo foi possível reduzir 256 e 1213 segundos nas máquinas das gamas $<100t$ e $\geq 100t$ respetivamente.

3.6.1.1 Definição de local próprio para armazenar mangueiras

Foi verificada a inexistência de um local apropriado para guardar as mangueiras, e os existentes encontravam-se bastante desorganizados. Foi verificado que os colaboradores tinham duas caixas numa estante com mangueiras “soltas” assim como

caixas de cartão entre as máquinas e até algumas mangueiras dentro do carro de ferramentas. (Figura 8)

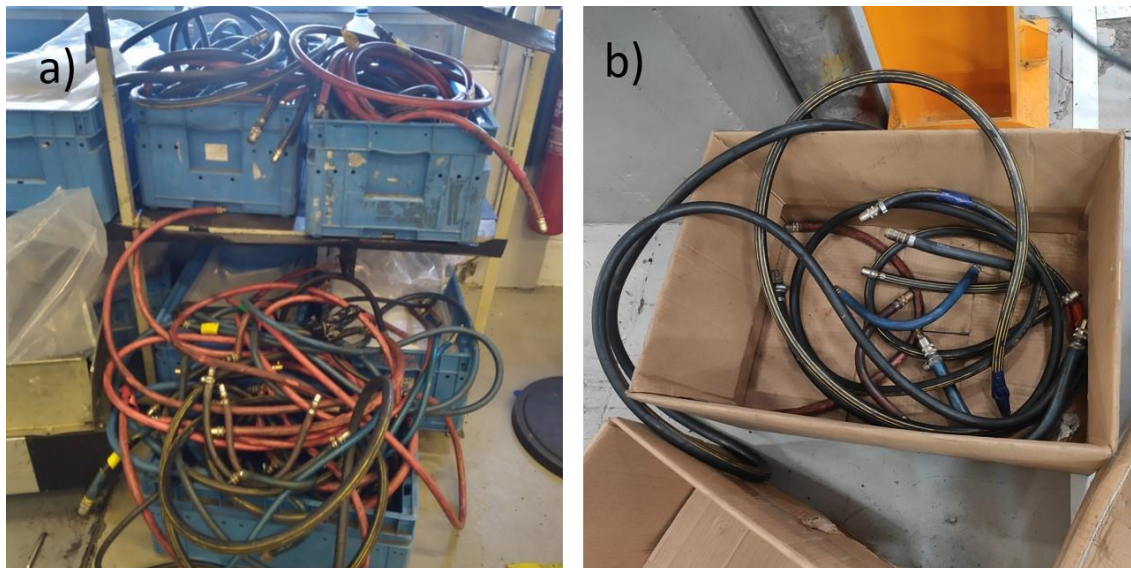


Figura 8 - a) Estante com caixas de armazenamento de mangueiras b) Caixa de cartão com mangueiras no chão

Recorrendo à ferramenta dos 5S, foram realizadas as seguintes ações:

1. **Separar/Eliminar:** Foram separadas as mangueiras por cores e tipos, todas as que se encontravam danificadas foram sucataadas.
2. **Organizar:** Foi colocado um suporte próprio para mangueiras numa área definida perto do corredor central das máquinas. As mangueiras que não estão em uso são lá colocadas de acordo com o seu tamanho e cor. Também uma caixa para os “chantes” foi colocada no mesmo local. (Figura 9)
3. **Limpar:** Todo o local é limpo e é pedido aos operadores para que sempre que se deslocarem ao local para deixar mangueiras verifiquem se as mesmas são colocadas no local correto e não deixam água no chão. O mesmo deve ser limpo de imediato.
4. **Normalizar:** Como consequência do estudo SMED e do novo suporte, foi adicionado às tarefas do operador na instrução de trabalho que após a montagem do molde, as mangueiras não utilizadas devem ser armazenadas no local próprio
5. **Disciplina:** Sendo que o local onde as mangueiras ficam armazenadas é junto ao corredor a sua correta organização será garantida pelos responsáveis da produção diariamente que passam pelo local, e esporadicamente com a adição deste ponto de controlo nas auditorias já existentes realizadas por uma equipa de 5S.



Figura 9 - Suporte para mangueiras de ligações de águas e caixa para “chantes”

3.6.1.2 Utilização de sistema de cores nas mangueiras

Durante as análises de SMED e ao verificar todos os moldes em funcionamento no geral, foi possível perceber que existiam mangueiras de várias cores para ligar a água aos moldes. Embora por si só as cores não tenham impacto no funcionamento do molde, no caso de terem sido mal conectadas, os colaboradores terão uma maior dificuldade em corrigir a ligação pois têm de verificar grande parte das ligações novamente para perceber qual a função de cada uma.

De maneira a minimizar este problema foi utilizado o seguinte código de cores:

- Mangueira Azul: Entrada de água no molde
- Mangueira Vermelha: Saída de água do molde
- Mangueira Preta: *Chante*

Este esquema permite aos colaboradores perceberem instantaneamente qual a função de cada mangueira no molde, e em conjunto com o esquema de águas e as marcações no molde acelerará a montagem das mesmas.

3.6.1.3 Utilização de esquema de águas e marcação colorida no molde

A dificuldade por parte dos colaboradores em perceber como deviam ser ligadas as águas foi um dos maiores problemas identificados durante este trabalho. As marcações gravadas no molde IN e OUT por si só não eram suficientes para esclarecer os mesmos, visto que muitas vezes têm de recorrer a *chantes*, inviabilizando os esquemas marcados no molde. A maneira de verificarem onde saia a água depois de iniciarem a montagem

das mangueiras era a utilização da pistola de ar comprimido. Este sistema de montagem de mangueiras dava a cada colaborador o controlo sobre o que achava ser a melhor maneira de fazer as ligações, criando variações de produção para produção. De maneira a minimizar estas variáveis, foi criada uma folha de gestão visual, onde o colaborador consegue visualizar qual o esquema correto das ligações do molde, identificando onde devem ser conectadas as mangueiras azuis, vermelhas e os *chantes* Figura 10. A esta folha deu-se o nome de “Folha de preparação de *setup*” e pode ser encontrada no Anexo A.

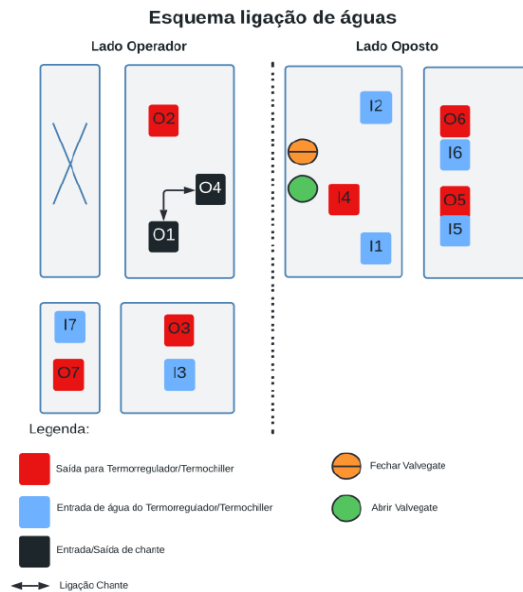


Figura 10 - Esquema de ligação de águas presente na folha de preparação de setup

De igual forma foi testado num molde que já tinha marcações de entradas e saídas a cores, qual o impacto da sua utilização por parte do operador. Foi sugerido que o operador apenas necessitasse de ligar mangueiras azuis e vermelhas, onde tivesse ligações da mesma cor, recorrendo ao esquema para verificar como fazer os *chantes* e as ligações por baixo do molde, onde a visibilidade é menor. (Figura 11)



Figura 11 - Montagem de mangueiras de acordo com a cor da marcação

3.6.1.4 Aplicação de distribuidores de água com encaixe rápido

Um dos maiores desperdícios identificados durante a análise SMED foi o tempo perdido pelos operadores para identificar a origem das mangueiras, percorrendo toda a mangueira até ao termorregulador para verificar se as mesmas estavam ligadas como entrada ou saída de água. O elevado número de mangueiras, a distância até ao termorregulador e o facto de várias terem emendas dificulta a tarefa. Não só a zona de trabalho se torna confusa como podemos verificar na Figura 12, como aumenta o risco de os operadores tropeçarem nas mangueiras e escorregarem na água acumulada.

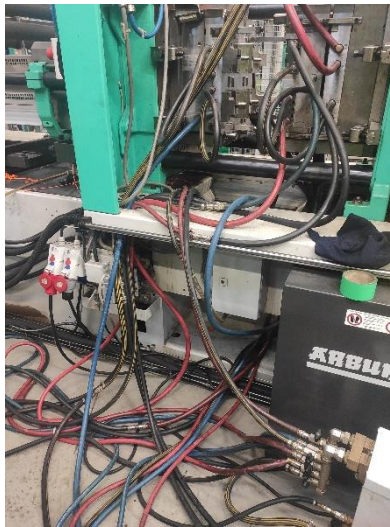


Figura 12 - Ligação de mangueiras sem distribuidor

Ao aplicar um distribuidor na zona interior da máquina com identificação visual de entrada (azul) ou saída (vermelho) de água, os operadores rapidamente identificam de imediato o local onde deve ser feita a conexão das mangueiras. A utilização deste sistema permite também utilizar mangueiras mais curtas promovendo uma maior vida útil das mesmas, sendo que a fricção entre as mangueiras e máquina durante a abertura do molde é eliminada. Esta fricção pode levar à destruição das mangueiras como na Figura 13, e a possíveis fugas de água.

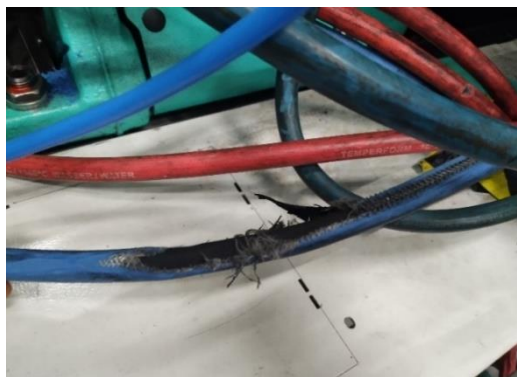


Figura 13 - Mangueira danificada devido à fricção com a máquina

Foi decidido aplicar distribuidores HASCO Z920 de seis conexões azuis e vermelhos. Nas máquinas de menor tonelagem um de cada será suficiente, sendo que nas de maior tonelagem a ligação de dois em série permite uma maior flexibilidade para os moldes com maior número de ligações de água. (Figura 14) A ficha técnica do distribuidor pode ser consultada no ANEXO B.

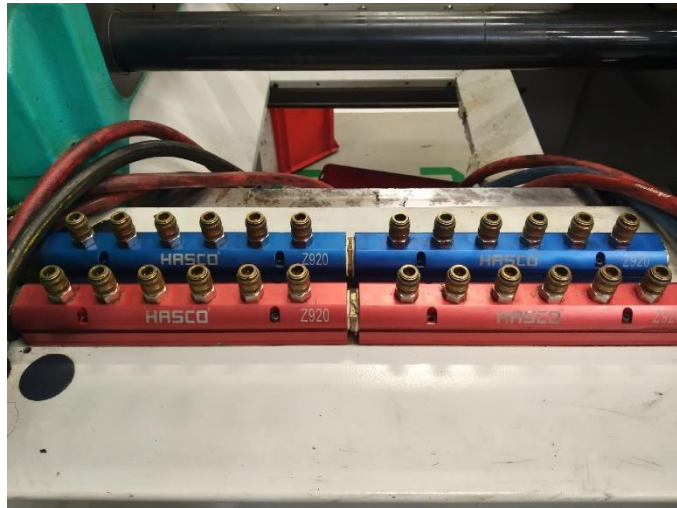


Figura 14 - Distribuidores HASCO Z920 aplicado numa máquina de 100t

3.6.2 Aperto do molde

Além do tempo perdido na ligação de águas, a maior perda de tempo registada durante os *setups* deveu-se ao tempo perdido pelos operadores a apertar/desapertar grampos. Para esta situação foram testadas algumas soluções, como a utilização de grampos de aperto rápido em substituição dos convencionais, e a utilização de uma chave de roquete que permite limitar os movimentos de aperto e facilitar o acesso a zonas de acesso limitado.

3.6.2.1 Grampos iguais e de aperto rápido

Não só nos *setups* estudados, mas por toda a zona de produção foi possível observar que muitas máquinas continham grampos de vários tipos fixados nos seus pratos. Embora a diferença do tipo de grampos não tenha implicação na segurança do aperto do molde, dificulta a tarefa de quem os monta. Grampos de diferentes tipos geralmente levam a uma necessidade de trocar de chave durante o *setup*. Foram identificados três tipos diferentes de grampos a ser utilizados nas várias máquinas: grampos de aperto rápido, grampos *standard* (com barra de aperto e parafuso de ajuste) e grampos de calços. Dentro destes foi possível notar que alguns já estavam danificados e recorriam a parafusos diferentes do *standard* e até a porcas para dar o aperto. Estas modificações levam a que os operadores necessitem de trocar mais vezes de ferramenta do que seria

expectável. Como é possível observar na Figura 15, no mesmo molde tem dois grampos standard (identificados com “1”), um grampo standard com uma porca a dar o aperto e um grampo de calços (identificados como “2” e “3” respetivamente).



Figura 15 - Diferentes tipos de grampos montados no mesmo molde

Os grampos de aperto rápido (Figura 16) possuem uma corredeira que pode ficar apertada na furação mais extrema da máquina, sendo que apenas o grampo desliza para a posição desejada possibilitando o aperto do molde em poucos movimentos. Não há necessidade de ajustar o parafuso de ajuste ou os calços como nos restantes grampos.

Nos casos estudados, para o caso da gama $\geq 100t$, todos os grampos eram de aperto rápido, sendo apenas um deles de tamanho diferente, tendo sido o tempo total gasto a posicionar e apertar grampos de 415 segundos antes da aplicação do SMED e 345 segundos após aplicação do SMED (ganhos de 16,87%). Já no caso da gama $< 100t$, o tempo gasto passou de 988s para 622s (ganhos de 37,04%). O maior tempo gasto na gama mais pequena deve-se ao menor espaço de trabalho, mas olhando para os resultados, é possível verificar que a troca do tipo de grampos teve um grande impacto na redução do tempo das atividades. No ANEXO C é possível consultar a ficha técnica dos modelos mais utilizado na Delfingen, o Meusburguer HWS 100.

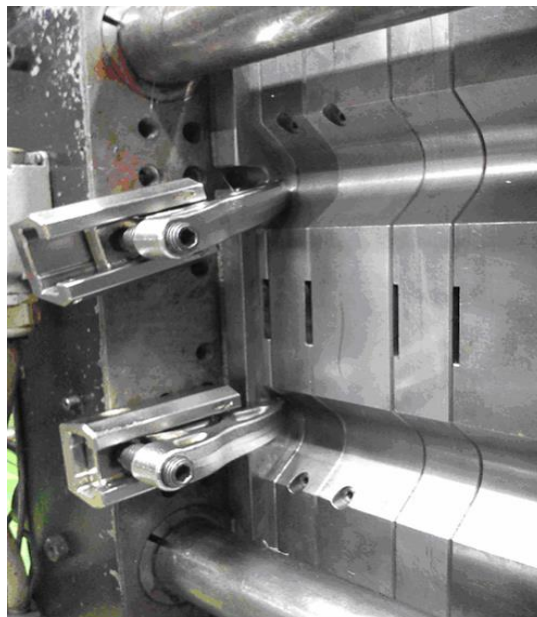


Figura 16 - Molde fixo com grampos de aperto rápido

A implementação desta melhoria fica dependente dos grampos disponíveis na empresa e do retorno financeiro da compra de novos. Foi elaborado um plano de ações interno onde será feito um levantamento de todos os grampos existentes para que possam ser criados “grupos” de oito grampos iguais, ou pelo menos que necessitem a mesma chave para serem apertados, e distribuídos pelas máquinas.

3.6.2.2 Utilização de ferramentas Corretas

Quase todos os apertos necessários para a montagem/desmontagem do molde são de parafusos de sextavado interior. Grampos, aperto do KO e barras de segurança, são os principais componentes que recorrem a este tipo de parafusos. Os operadores recorriam a chaves sextavadas em “L” para estas operações. Estas chaves apresentavam algumas dificuldades quando os operadores necessitavam de exercer mais torque para desapertar/apertar parafusos, tendo sido mesmo registado um acidente de trabalho de um colaborador ao desapertar um KO da máquina que se apresentava mais preso. Também em zonas de mais difícil acesso, as utilizações destas chaves levavam os operadores a terem posturas pouco ergonómicas para realizar o seu trabalho, como o exemplo Figura 17, onde o operador tem que se colocar entre o molde e a máquina para apertar um grampo devido à forma da chave não permitir que o faça a uma maior distância.



Figura 17 - Operador entre a máquina e o molde para apertar grampo

Foram disponibilizados roquetes aos operadores nos carros de ferramentas, assim como chaves sextavadas com punho em "T". O roquete limita os movimentos dos operadores para apertar/desapertar os parafusos, facilita o acesso em moldes com menos espaço e ajuda a reduzir o tempo da tarefa (Figura 18). Já a chave em "T" limita o esforço dos operadores para desapertar o KO da máquina quando este está em tensão. (Figura 19)



Figura 18 - utilização de roquete para aperto de grampos

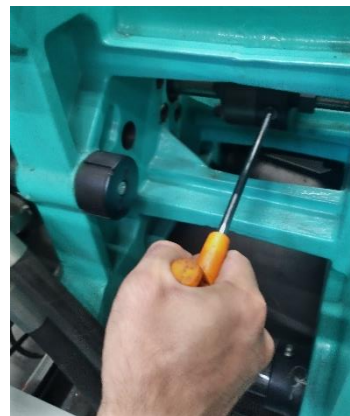


Figura 19 - Utilização de chave com punho em "T" para desapertar KO

3.6.3 Organização das ferramentas e equipamentos

A análise do SMED mostrou que muitas das atividades eliminadas se deviam a deslocações desnecessárias maioritariamente na procura de ferramentas/equipamentos. Foram observados os seguintes desperdícios: ida ao carro de ferramentas que se encontrava próximo do corredor e longe da zona de trabalho, carro de ferramentas desorganizado que aumentava o tempo de procura de ferramentas, inexistência de ferramentas/equipamentos que levava o operador a ir procurá-la pela produção. Para estas situações foram testadas as seguintes soluções:

- Utilização do carro de ferramentas junto da zona de trabalho.
- Aplicação de 5S's para organizar o carro de ferramentas e mesa de apoio.
- Duplicação de ferramentas/equipamentos.
- Utilização de folha de preparação de *setup*.
- Definição de local para armazenar equipamentos.

Como foi possível observar nos *setups* analisados, as deslocações são maioritariamente realizadas ao carro de ferramentas e à mesa de apoio (147s na gama $\geq 100t$ e 506s na gama $< 100t$). A primeira abordagem para eliminar os tempos destas deslocações foi a pré-preparação das ferramentas necessárias e a colocação das mesmas no topo do carro de ferramentas de maneira que não seja necessário o operador abrir as gavetas novamente para as procurar. Também foi definido que durante a montagem do molde o carro deve estar junto da zona de trabalho, entre máquinas, e não perto do corredor.

A folha de preparação de *setup*, que está sempre na capa do molde, indica quais serão as ferramentas necessárias para o operador realizar a montagem do molde (Figura 20). Indica quais as chaves a utilizar, o número de mangueiras necessários e indicará se é necessário termochiller.

Ferramenta Necessária

Local de uso	Ferramenta	Tamanho/ Quantidade
Barra segurança	Chave sextavada	10
Ligação águas	Mangueira azul	6
Ligação águas	Mangueira Vermelha	6
Ligação águas	Mangueira Chante	1

Figura 20 - Excerto da folha de preparação de setup relativo às ferramentas necessárias

A procura de ferramenta foi eliminada com a aplicação dos 5S nos carros de ferramentas, e a duplicação de ferramentas pelos vários carros. Tal como com as mangueiras foram realizados os vários passos dos 5S. As gavetas continham vários materiais espalhados, incluindo muito que não era necessário para o processo. Foi feita uma seleção do material necessário e desnecessário, e eliminado o que não era preciso e adicionado o que não havia. Após esta fase, foram organizadas as várias gavetas com posição definida para cada chave e a sua identificação. (Figura 21)



Figura 21 - Organização do carro de ferramentas antes a) e depois b)

Os operadores são instruídos para retirar o material necessário antes de iniciarem o *setup* e o arrumarem nos locais indicados assim que finalizarem o processo do *setup*. Os carrinhos passam também a fazer parte da lista de verificação da equipa de 5S.

Durante o *setup* da máquina da gama $\geq 100t$, observou-se um desperdício de 95 segundos por parte do operador para ir procurar uma ficha para ligar o sensor de extração que estava junto à máquina sem que o operador se apercebesse. Depois de questionar o operador do porquê de não saber do sensor, o mesmo afirmou que o número de fichas existentes é limitado e que não existe local definido para as mesmas, sendo que normalmente se deslocam às máquinas com fichas iguais à procura, ou pedem aos técnicos de manutenção para fazer uma nova caso não encontrem. Esta afirmação foi posteriormente verificada em produção.

Como ação, foi sugerido à direção da empresa a duplicação de fichas, de maneira que cada máquina tivesse as suas próprias fichas. Foi então definida uma zona na mesa de apoio das máquinas, onde uma caixa identificada foi colocada. Nessa caixa devem estar guardadas todas as fichas que essa máquina possa vir a precisar para ligar aos moldes (Figura 22).



Figura 22 - Caixa com fichas na mesa de apoio

Também na mesma gama de máquinas foi observado um desperdício de 288 segundos para a procura do termochiller. Estes equipamentos são menos utilizados que os termostatos, pois trabalham a temperaturas mais baixas e só são utilizados numa minoria dos moldes. Por esta razão, apenas existem dois termochillers disponíveis para todas as máquinas ao contrário dos termostatos que são fixos por máquina. Os termochillers são móveis e podem ser trocados de máquina consoante a sua necessidade. A não existência de um lugar definido para os mesmos levava a que fossem deixados junto da máquina onde foram utilizados pela última vez. Para evitar a procura durante a preparação para o *setup* foi definido e marcado um lugar para o seu armazenamento quando não estão a ser utilizados. Este local foi definido como junto do corredor e perto das máquinas, para que seja mais fácil o seu transporte (Figura 23).

O próximo molde e as paletes necessárias devem ser também colocados junto da máquina para evitar deslocações e o transporte do molde na ponte rolante pela produção.

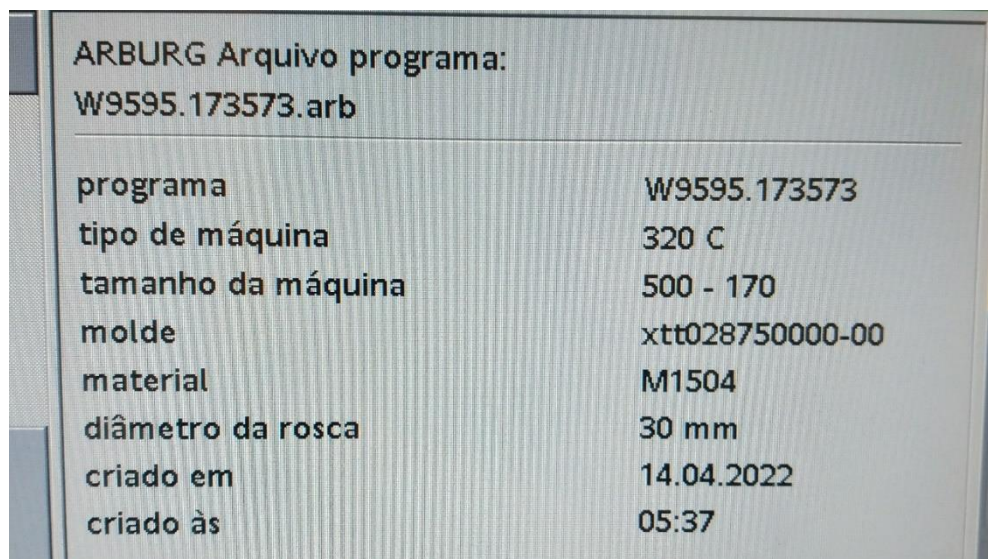


Figura 23 - Zona para termochillers marcada junto ao corredor

3.6.4 Folha de parâmetros

As folhas de parâmetros são essenciais para a obtenção de um processo estável na injeção de plástico. Devem ser definidas na primeira vez que um molde produz numa máquina e as peças produzidas com esses parâmetros são aprovadas como estando dentro dos critérios dimensionais e qualitativos para entregar ao cliente. Embora existam tolerâncias definidas com as quais os afinadores podem afinar o processo, pode acontecer vários parâmetros serem alterados ao longo do tempo devido a problemas que vão sendo identificados no processo ou nas peças. Foi identificado como um dos maiores desperdícios durante os *setups* analisados, o tempo que o afinador perdia a verificar se os parâmetros da máquina estavam de acordo com a folha de parâmetros e se o montador de moldes tinha feito alguma alteração aos mesmos. Esta situação deve-se a que após nova afinação, não seja feita uma nova folha de parâmetros, ou um novo programa com os novos parâmetros não ter sido gravado na memória da máquina.

De forma a eliminar este processo de verificação de todos os parâmetros, foi decidido criar uma forma de o operador verificar instantaneamente se o programa que está carregado na máquina corresponde aos valores da folha de parâmetros. Aproveitando o facto de as máquinas registarem a data e hora (Figura 24) da criação de uma nova versão do programa sempre que este é gravado, essa mesma versão deve estar identificada na folha de parâmetros. O modelo criado encontra-se disponível no ANEXO D.



The image shows a screenshot of a machine's control panel. At the top, it reads 'ARBURG Arquivo programa: W9595.173573.arb'. Below this, a list of parameters is displayed in a two-column format:


programa	W9595.173573
tipo de máquina	320 C
tamanho da máquina	500 - 170
molde	xtt028750000-00
material	M1504
diâmetro da rosca	30 mm
criado em	14.04.2022
criado às	05:37

Figura 24 - Exemplo de informação do programa gravado na máquina

No cabeçalho da folha de parâmetros foram criados campos onde é identificado a nome, data e hora de criação do programa que é necessário carregar. (Figura 25) Previamente os operadores apenas procuravam pelo programa com a referência do produto.

Ao garantir que o montador de moldes carrega o programa certo no momento em que insere o molde da máquina, todos os parâmetros definidos devem ser tomados como corretos pelo afinador, ficando este apenas responsável por verificar no arranque a qualidade das peças e fazer pequenos ajustes dentro das tolerâncias permitidas. Situações como as verificadas num dos *setups* estudados em que o afinador teve que esperar pela subida da temperatura do fuso, são eliminadas com este sistema.

a)

FAB46/IT-FAB46/292 B		PARÂMETROS DE AFINAÇÃO		Referência genérica:	173573
				Referência do molde:	XTT-028750000-00
				Designação da Matéria Prima 1:	PA66 BK - AUROMID PA66 HI10 BK 9005
				Designação da Matéria Prima 2:	-
				Designação da Matéria Prima 3:	-
				Data:	05/04/2022
Nº de Máquina		SGM01		Cavidades operacionais	8

b)


FAB46/IT-FAB46/292 B		PARÂMETROS DE AFINAÇÃO		Referência genérica:	173573
				Referência do molde:	XTT-028750000-00
				Designação da Matéria Prima 1:	PA66 BK - AUROMID PA66 HI10 BK 9005
				Designação da Matéria Prima 2:	-
				Designação da Matéria Prima 3:	-
				Programa:	W9595.173573
Nº de Máquina		SGM01		Cavidades operacionais	8

Figura 25 - Exemplo de cabeçalho da folha de parâmetros antes a) e depois b)

3.6.5 Posicionamento do Pica-Jitos

Na análise SMED da gama de máquinas <100t foi possível verificar que o afinador perdeu 69seg a reposicionar o pica-jitos pois o montador de moldes não o deixou na posição correta. Esta situação ocorre nas máquinas que possuem pica-jitos mais antigos onde o operador necessita de desapertar o equipamento da máquina e retirá-lo da posição, sendo que quando é novamente apertado tem que ser posicionado manualmente. Ao contrário destes, os restantes pica-jitos e robôs existentes na fábrica têm sistemas que permitem retirá-los da posição de trabalho sem que os mesmos percam o posicionamento.

Sendo que os pica-jitos, fora raras exceções, trabalham sempre na mesma posição central, foi decidido que uma simples marcação de tinta na máquina seria suficiente para que fosse colocado sempre no mesmo local, providenciando uma solução simples e sem qualquer custo associado. (Figura 26)

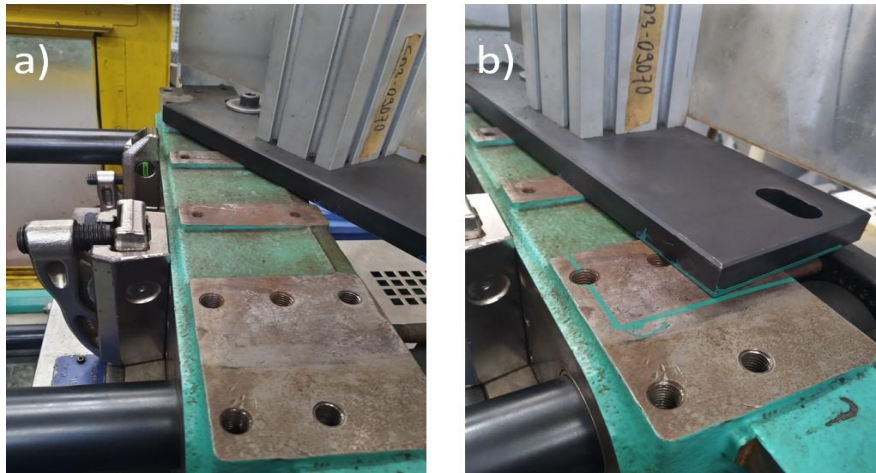


Figura 26 - Marcação da posição do Pica-Jitos antes a) e depois b)

3.6.6 Formação aos colaboradores

Tão importante como implementar meios técnicos que facilitem o trabalho dos colaboradores, é necessário que os mesmos os criem rotinas que melhorem a sua performance. Certas ações detetadas durante o SMED, podem facilmente corrigidas formando os colaboradores para boas práticas comuns.

Foram tomadas as seguintes medidas junto dos colaboradores:

- Incutir prática de colocar ponte rolante por cima da máquina antes de iniciar o *setup*
- Formar colaboradores menos experientes para posicionamento dos grampos e das mangueiras de maneira a não perturbar o funcionamento do molde
- Incutir espírito de confiança entre montadores de moldes e afinadores para eliminar verificações excessivas
- Formar operadores a pré-preparar material e equipamentos junto da máquina
- Formar operadores manterem as ferramentas e equipamentos nos locais definidos

A prática dos pontos descritos acima torna-se fundamental para que todo o processo seja bem implementado e para que não caia em desuso. Depende das boas práticas dos colaboradores a agilização do seu trabalho aplicando as medidas para as quais teve formação e manter o local de trabalho organizado para o colega que vier a seguir.

3.7 Análise de Resultados

Neste subcapítulo serão analisados os resultados da implementação do SMED na produtividade e os valores obtidos pelos inquéritos de segurança aos colaboradores.

3.7.1 Análise resultados de produtividade

Através do SMED foi possível perceber onde estavam os maiores desperdícios do processo de *setup* de moldes de injeção. Após entender quais eram esses desperdícios foram aplicadas várias ferramentas associadas ao *lean* de maneira a otimizar o processo. Ferramentas como os 5S foram aplicadas na organização dos carrinhos de ferramentas, na arrumação das mangueiras, dos termochiller e das fichas dos moldes.

A utilização da Gestão Visual foi a que teve maior impacto na redução do tempo de *setup*. Ao aplicar esta ferramenta na cor das mangueiras, nos distribuidores de água e nos bocais dos moldes, foi reduzido grande parte do tempo despendido pelos operadores a perceber como deviam montar as mangueiras dos moldes. Também a folha de preparação de *setup* dá apoio visual nas zonas de mais difícil acesso aos operadores.

Também a standardização teve grande impacto no processo, embora algumas das melhorias tenham sido testadas apenas pontualmente para verificar o seu efeito, um dos objetivos será estendê-las a outras máquinas e fazerem parte do processo. Utilizar mangueiras azuis para saídas de água e vermelhas para entradas, tal como os bocais em todos os moldes, a nova folha de parâmetros em todos os moldes, e a folha de preparação de *setup* são os elementos onde a standardização será aplicada.

Em termos de ganhos de tempo, é possível observar na Tabela 21 que existiram ganhos significativos nas duas gamas estudadas de 46,10% e 44,19%, sendo o valor bastante aproximado nas duas. Em relação ao objetivo proposto inicialmente para cada gama, foi possível verificar que o mesmo foi atingido tendo sobressaído nas máquinas de menor tonelagem onde se conseguiu uma melhoria de quase 30% em relação ao proposto.

Tabela 21 - Análise final de tempos do SMED

Gama	Tempo <i>Setup</i> Inicial (min)	Tempo <i>Setup</i> Final (min)	Melhoria registada (%)	Tempo Objetivo (min)	% Objetivo
<100t	78,90	42,53	46,10%	60	70,88%
≥100t	155,05	86,53	44,19%	90	96,14%

Após obter os resultados das poupanças de tempo em cada *setup*, foi realizado uma análise para fazer a estimativa de poupanças anual por cada máquina sendo que em média existem cerca de 3 trocas de moldes semanais nas máquinas de menor tonelagem e de 2,5 trocas nas de tonelagem superior. Ao analisar a Tabela 22 verifica-se que é

possível ganhar 3,64 dias de trabalho na gama <100t e 5,71 dias nas máquinas da gama ≥100t. Multiplicando estes valores pelo número de máquinas existentes, temos um valor de 145 dias de trabalho que podiam ser utilizados para efetivamente produzir peças aumentando a produtividade da empresa.

Tabela 22 - Poupança de tempo anual após aplicação do SMED por máquina

Gama	Setups molde por semana	Semanas trabalho anuais	Setups por ano	Tempo ganho por setup (min)	Tempo total ganho (h)	Dias Ganhos por ano
<100t	3	48	144	36,37	87,288	3,64
≥100t	2,5	48	120	68,52	137,04	5,71

3.7.2 Análise resultados SST

Um dos objetivos do trabalho passava por entender se a implementação do SMED melhorou ou não as condições de SST. Para conseguir verificar esses resultados foi discutido com a direção da empresa uma forma de os medir. A longo prazo, os resultados das auditorias internas e número de acidentes de trabalho poderão prestar medições mais reais. Já a curto prazo, e para ajudar decidir quais as medidas a implementar definitivamente, foi elaborado e apresentado um questionário de nove perguntas onde se pretendia obter a percepção dos operadores sobre as medidas adotadas. Este questionário pretendia verificar o impacto individual das otimizações realizadas nas atividades que previamente tinham sido identificadas como tendo riscos SST nas Tabela 8 e Tabela 15. Os riscos identificados de queimaduras durante a purga devido ao material quente já estão identificados no processo sendo já utilizado equipamento de segurança para as prevenir, nenhuma otimização foi feita nesta atividade, nem dedicada nenhuma pergunta do questionário.

Após aprovação por parte da direção da empresa, o questionário foi anonimamente distribuído pelos doze colaboradores qualificados para realizar o *setup* do molde, sendo que o único dado do colaborador pedido foi o tempo de contrato com a Delfingen, de maneira a analisar se existem diferentes percepções entre os colaboradores que entraram antes e depois do novo projeto. Ao analisar o gráfico da Figura 27, conseguimos verificar que metade dos colaboradores entrou nos últimos dois anos para a empresa, os restantes já estavam familiarizados com o processo de injeção “antiga” da fábrica.

Foram realizadas nove questões de fácil resposta para o colaborador, em que foi utilizada uma escala de *Likert* para a sua avaliação. Os valores da escala variavam entre 1 e 5 com as seguintes correspondências: 1-Discordo totalmente, 2-Discordo, 3-Nem concordo nem discordo, 4-Concordo, 5-Concordo totalmente.

As perguntas realizadas no questionário e os seus resultados podem ser encontrados de seguida e no Anexo E.

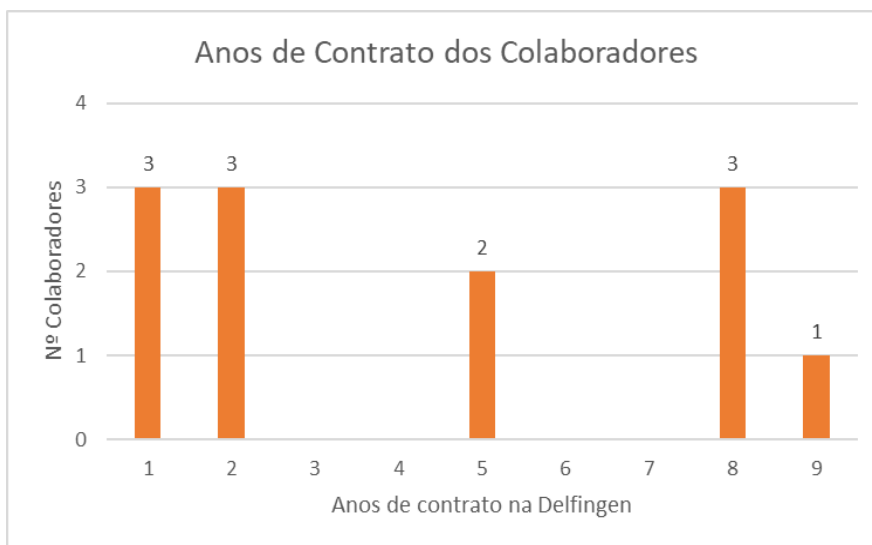


Figura 27 - Gráfico dos anos de contrato dos colaboradores que executam setups

Questão 1: A implementação de distribuidores de água no interior da máquina reduz o risco de queda nas mangueiras e água existentes no chão

A primeira questão tem como objetivo verificar se os operadores sentem que a introdução do sistema de distribuidores reduziu o número e mangueiras e água presente no chão, e como consequência reduziu a possibilidade de queda. Analisando o gráfico da Figura 28, é possível perceber que 59% dos colaboradores tiveram uma percepção positiva da diminuição de riscos, já os restantes não sentiram qualquer diferença no risco.

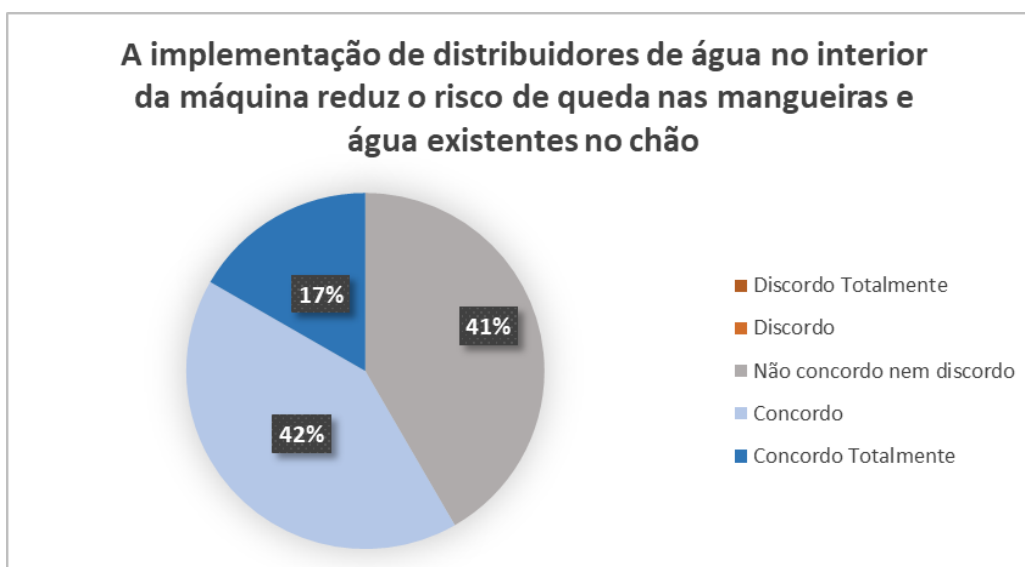


Figura 28 - Resultados questão 1

Questão 2: A implementação de distribuidores de água no interior da máquina melhora a ergonomia reduzindo os movimentos para a montagem das mangueiras

A segunda questão continua a ser sobre a implementação dos distribuidores de água. Neste caso é perguntado aos colaboradores se sentem que a ergonomia melhora com a utilização deste sistema. Os resultados são unânimes, onde todos os colaboradores referem que existem benefícios em termos de ergonomia, sendo que metade refere que melhora totalmente. (Figura 29)

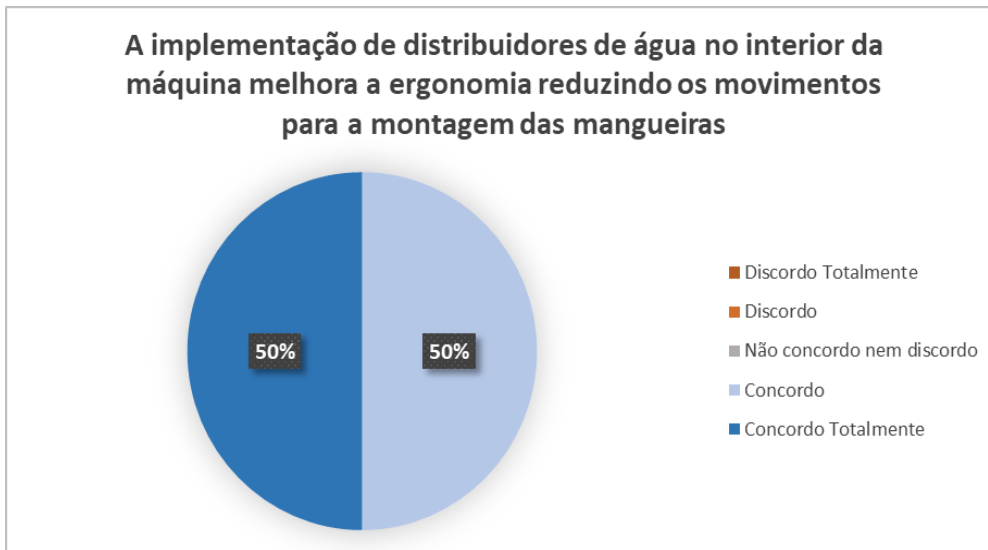


Figura 29 -Resultados questão 2

Questão 3: A utilização de chaves de punho em “T” reduz o esforço necessário para despertar o KO

Neste ponto foi pedido que os colaboradores dessem o seu *feedback* relativamente à utilização das chaves de punho em “T”. Como é possível observar no gráfico da Figura 30 dois terços dos colaboradores sentem que a aplicação desta medida reduz o esforço necessário para despertar o KO em relação às chaves sextavadas convencionais normalmente utilizadas. Os restantes colaboradores não sentiram qualquer diferença com a aplicação desta medida.

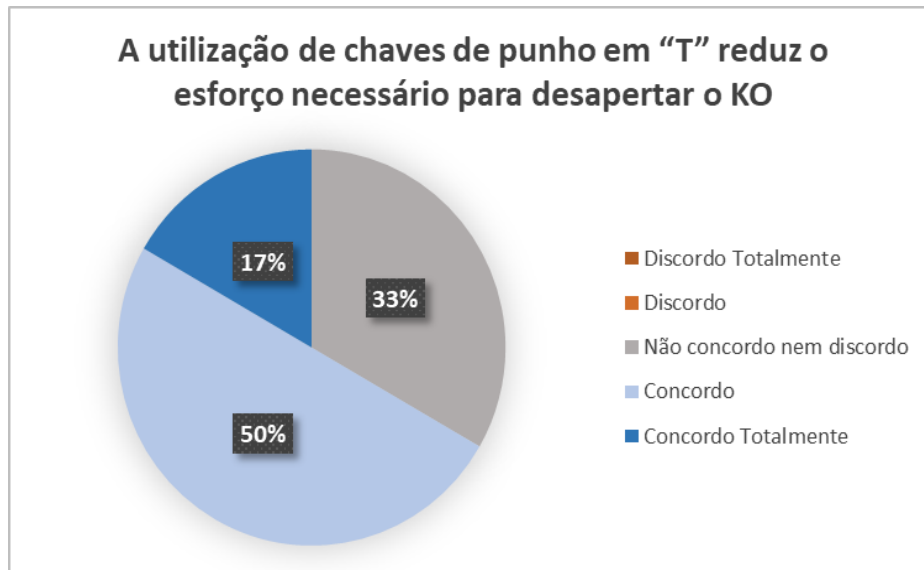


Figura 30 - Resultados questão 3

Questão 4: A utilização de chaves de Roquete melhora a ergonomia para apertar grampos em zonas de acesso difícil

Uma das atividades identificadas com mais queixas dos operadores deviam-se ao aperto de grampos com chaves sextavadas em “L” principalmente em zonas de mais difícil acesso. Segundo os resultados demonstrados na Figura 31, 82% dos colaboradores concorda que a disponibilização dos roquetes facilitou a tarefa, com apenas um colaborador a referir que a introdução dos mesmos não teve qualquer impacto.

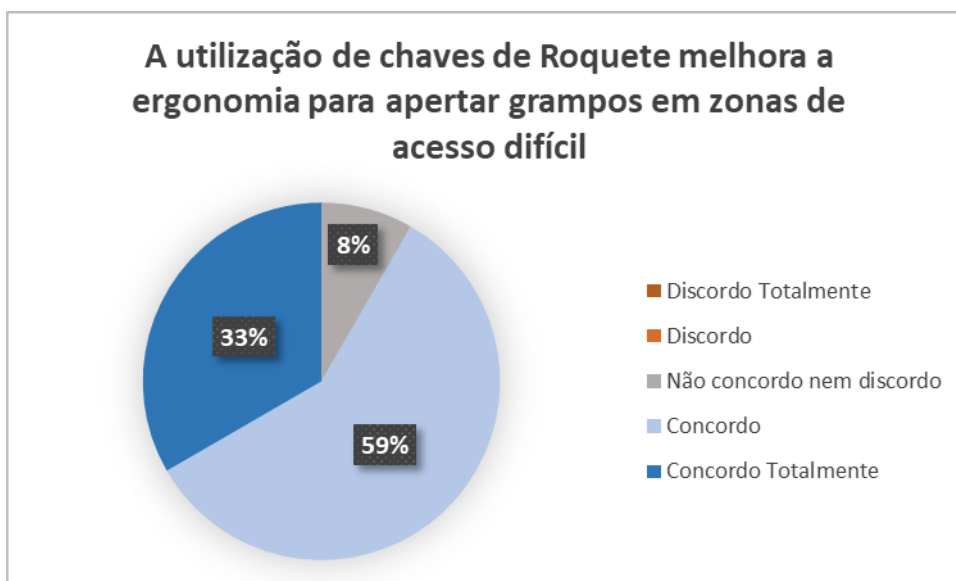


Figura 31 - Resultados questão 4

Questão 5: A utilização de grampos de aperto rápido melhora a ergonomia relativamente aos grampos convencionais

A questão 5 pretende saber se os operadores sentem que as condições de aperto do molde com os grampos de aperto rápido melhoram em relação aos convencionais. Como referido durante o trabalho, estes são rápidos e práticos de colocar enquanto existem queixas relativamente à dificuldade em posicionar os restantes e à queda dos mesmos durante o aperto. Os resultados apresentados na Figura 32, comprovam que a maioria dos colaboradores considera esta medida positiva na sua ergonomia, sendo que metade considera mesmo como uma grande melhoria.

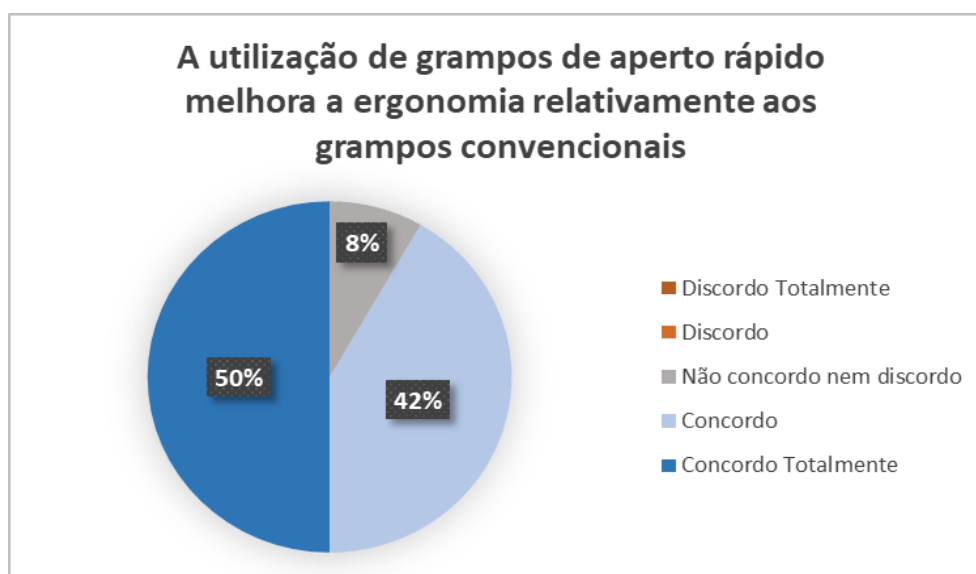


Figura 32 - Resultados questão 5

Questão 6: A utilização do código de cores azul/vermelho nas mangueiras e nos moldes melhora a ergonomia no momento de montar as mangueiras

Neste ponto foi questionado aos operadores se a aplicação do sistema de código de cores nas mangueiras e nos moldes, com o apoio da folha de preparação de *setup* melhora a ergonomia. O resultado geral é positivo com 75% dos colaboradores a sentirem impacto positivo da medida e querendo que seja aplicada a toda a fábrica. Foi referenciado pelos mesmos que esta ação reduz a necessidade de procurarem pelas marcações numeradas nos moldes que muitas vezes são difíceis de ver. 25% dos colaboradores sentem que a aplicação desta medida não traz nenhum benefício à sua ergonomia no momento de montar as mangueiras. (Figura 33)

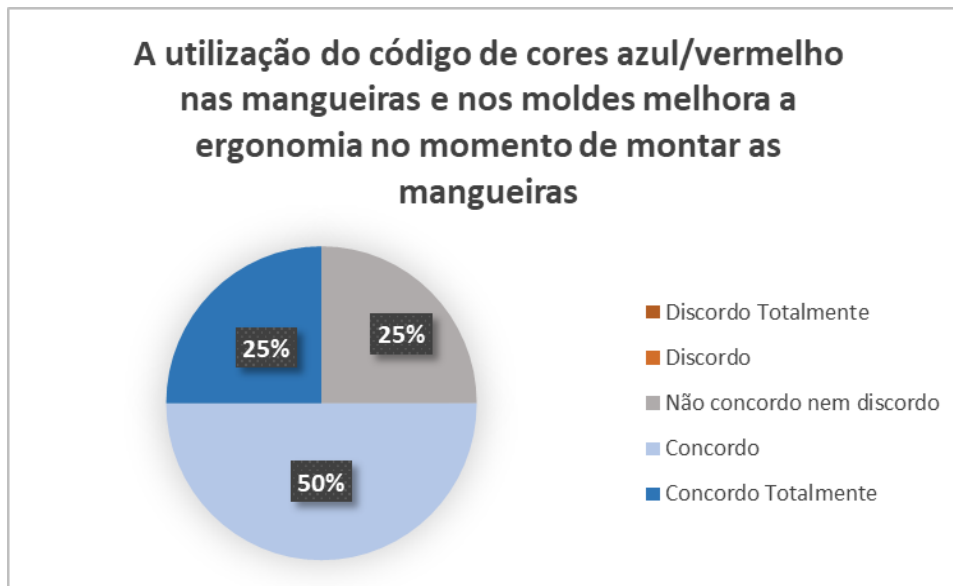


Figura 33 - Resultados questão 6

Questão 7: O número de deslocações para procura de material diminuiu

A questão 7 pretende saber a perceção dos operadores relativamente às deslocações com a aplicação das várias medidas aplicadas após o SMED. Medidas como a pré-preparação do material e a organização dos materiais e ferramentas têm como objetivo reduzir estas mesmas deslocações. O resultado dos inquéritos (Figura 34) permite verificar que 58% dos colaboradores concordam que estas medidas reduzem o número de deslocações. No entanto, 34% sente que as deslocações não reduziram consideravelmente, e 8% (1 colaborador) discorda da afirmação.

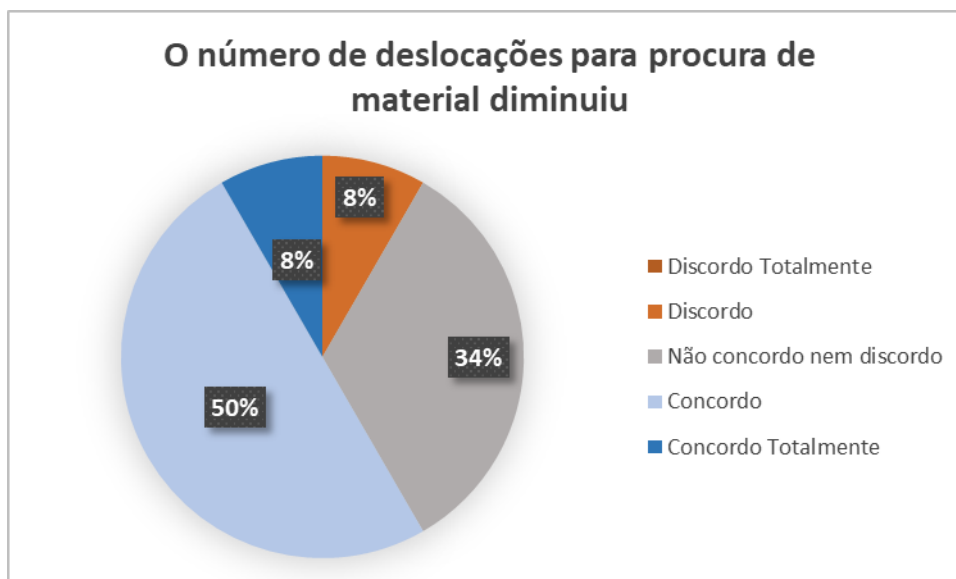


Figura 34 - Resultados questão 7

Questão 8: O local de trabalho encontra-se mais limpo e organizado

Esta questão pretende verificar qual a opinião dos operadores relativamente à organização e limpeza do local do trabalho. Para este ponto, ações como a organização dos carros de ferramentas, redução das mangueiras perto das máquinas e novas localizações para os equipamentos foram tomadas. Segundo os resultados da Figura 35, 42% dos operadores sentem que a medida teve um impacto positivo, sendo que metade pensa que não houve qualquer impacto das medidas e 8% discorda da afirmação. Sendo a pergunta do questionário com piores resultados, foi perguntado o porquê aos operadores, sendo que a maioria concordou que o local de trabalho só será organizado quando todos interiorizarem que precisam de o manter organizado e não apenas limpar às vezes. Este ponto representa o 5º S dos 5S, onde é importante manter a disciplina e ir mantendo o local de trabalho limpo e organizado, sendo talvez o S mais difícil de concretizar.

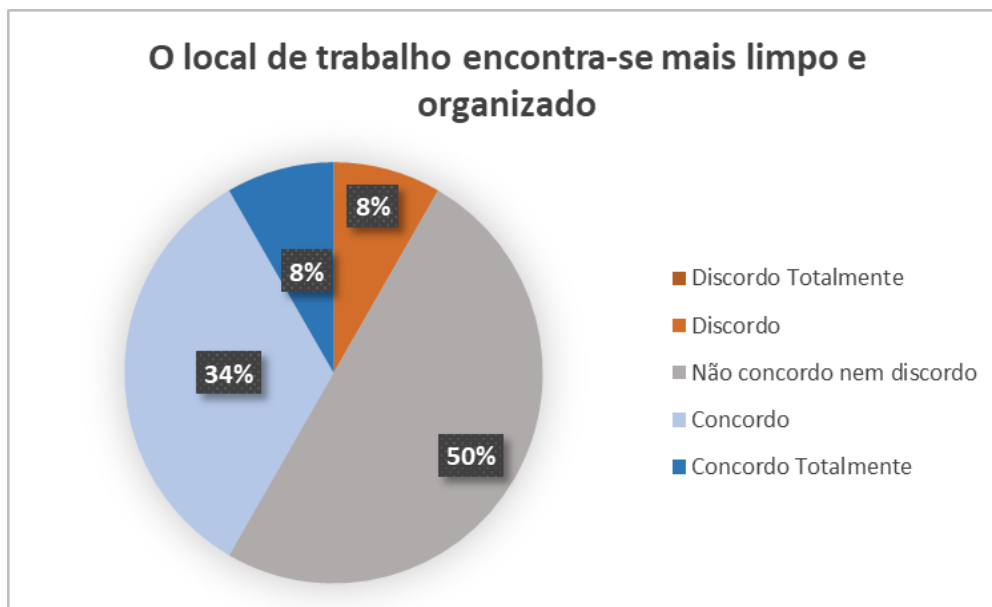


Figura 35 - Resultados questão 8

Questão 9: No geral, sente que as novas práticas lean melhoram a condições de Higiene, Saúde e Segurança no seu posto de trabalho

A última questão colocada tem como objetivo perceber qual a opinião dos operadores em relação às ferramentas *lean* e o seu impacto da segurança. Tendo em conta os resultados das questões anteriores já eram esperados resultados positivos. Todos os colaboradores consideraram concordaram que a implementação das ferramentas *lean* irá melhorar a segurança nos seus postos de trabalho. (Figura 36)

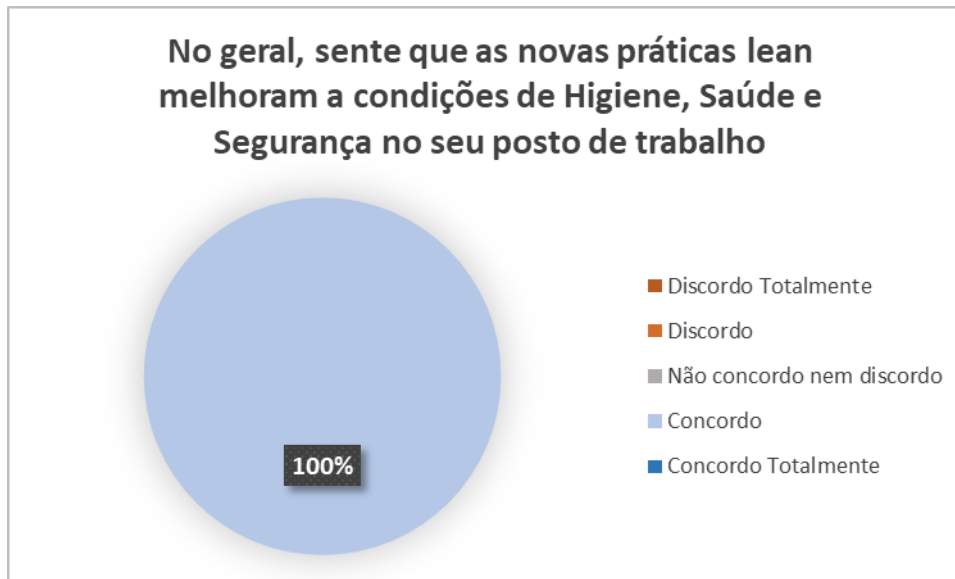


Figura 36 - Resultados questão 9

Após ter todos os resultados dos questionários foi realizada uma análise para saber qual a média dos valores obtidos na escala de *Likert*. Foram também separados os valores dos colaboradores que chegaram antes e depois do novo projeto para tentar entender se a sua percepção de segurança varia. Estes valores podem ser consultados no gráfico e tabela presentes na Figura 37.

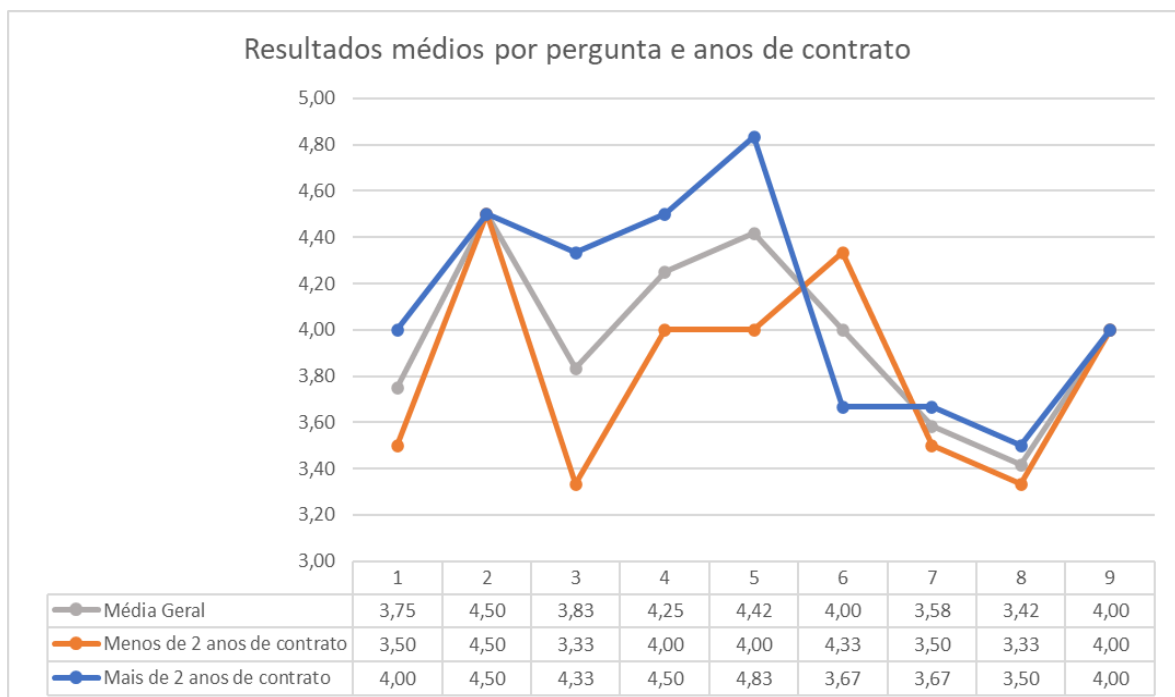


Figura 37 - Resultados médios do questionário por pergunta e anos de contrato

De maneira geral as perguntas com resultados mais positivos foram as 2, 5 e 4 com médias superiores a 4. Estes resultados mostram que os operadores consideram os distribuidores de água uma mais-valia para a sua ergonomia, assim como os grampos de aperto rápido e o roquete. Estes pontos coincidem com os que houve uma maior redução de tempo no *setup* (Montagem de mangueiras e aperto de grampos)

Por outro lado, onde não se verificou uma média tão elevada foram nas perguntas 8, 7 e 1 com médias entre 3,42 e 3,75, que embora sejam as mais baixas, não deixam de ser positivas. Os operadores sentem que o impacto na organização e limpeza do local de trabalho e o número de deslocações apenas melhorou apenas parcialmente. Já o impacto na percepção do risco de quedas com a utilização dos distribuidores também não é muito elevado.

É notório um maior desfasamento de opiniões entre os colaboradores com mais e menos de dois anos de contrato nas questões 6, 5 e 3. Na questão 6 é notório o maior valor que os operadores com menos de dois anos de contrato dão ao código de cores, o que se pode dever ao facto de não terem tanta experiência. Os colaboradores com mais experiência, com o seu maior conhecimento conseguem identificar mais rapidamente onde ligar as mangueiras e daí não comprometerem a sua ergonomia à procura da posição das mesmas. Na questão 5 os operadores com mais experiência dão mais valor ao impacto da ergonomia provocado pelos grampos ergonómicos. Este resultado pode estar relacionado com a experiência com estes grampos na injeção “antiga”, onde a maioria das máquinas usa este sistema. Já os operadores com menos tempo na empresa tiveram formação com os grampos standard, pelo que não sentem tanto a diferença para os de aperto rápido. Também na questão 3 os operadores com mais anos na empresa sentem que a utilização a chave em “T” traz mais benefícios ergonómicos do que os operadores mais recentes. Esta diferença poderá ser explicada pelo historial dos operadores com lesões e dificuldades a desapertar o KO com outro tipo de chaves.

O resultado da concordância com as medidas implementadas pode ser consultado no gráfico da Figura 38, onde é possível verificar as questões com aprovação por maior percentagem de colaboradores. Para as questões 2 e 9 existe uma concordância de 100%, sendo que a única questão em que menos de metade dos colaboradores tem percepção de melhorias é a referente à arrumação e organização do local de trabalho com 41,7%.

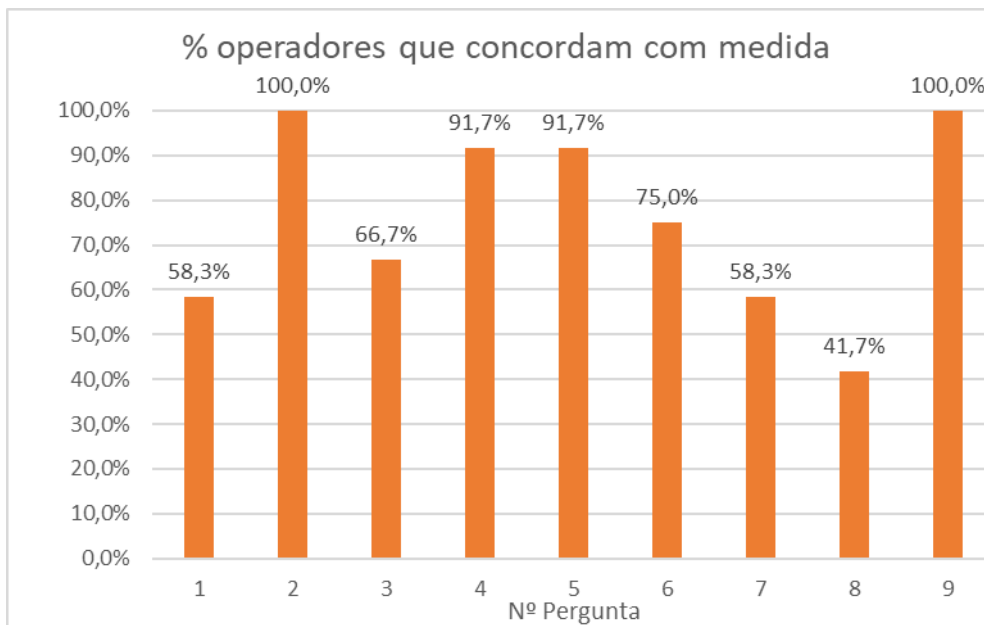


Figura 38 - Percentagem de operadores que concordam com medidas estudadas

3.8 Plano de ações a longo prazo

Como referido, a realização deste trabalho incidiu sobre estudar possíveis soluções para melhorar os tempos de *setup*, mas, tendo em conta a dimensão do processo, nem todas são possíveis de implementar a 100% no imediato. No seguimento dos resultados apresentados nas poupanças de tempo e do feedback dos operadores, foi aprovada pela direção a implementação de todas as ações testadas durante o desenvolvimento deste trabalho. Devido ao elevado número de moldes e máquinas, as ações, embora aprovadas pela direção de fábrica necessitam de algum tempo para serem realizadas. Ficou definido que as que necessitam de ser feitas individualmente para cada molde sejam feitas quando o molde voltar a entrar em produção. Para isso foi elaborado um plano de ações a longo prazo com datas definidas para a conclusão das tarefas. (Tabela 23)

Tabela 23 - Plano de ações implementação do SMED

Origin/ Origem	Department/ Departamento	Action/Ação	Owner/Responsável	Open date/Data de abertura	Planned date/ Data planeada	Close Date/Data Fim	Status/ Estado	Comments / Comentários
SMED	Engenharia	Fazer inventário de grampos existentes e agrupar por máquinas	Dep. Manutenção	14/07/2022	09/09/2022		Ongoing	
SMED	Engenharia	Verificar necessidade de comprar novos grampos de aperto rápido	Dep. Engenharia	14/07/2022	16/09/2022		Ongoing	Pendentes resultados do inventário e análise de custos
SMED	Engenharia	Aplicação da nova folha de parâmetros em todos os moldes	Dep. Engenharia	14/07/2022	31/12/2022		Ongoing	A ser realizado pela equipa de produção quando os moldes entrarem em produção
SMED	Engenharia	Aplicação da folha de preparação de setup em todos os moldes	Dep. Engenharia	14/07/2022	31/12/2022		Ongoing	A ser realizado pela manutenção antes de os moldes entrarem em produção
SMED	Engenharia	Compra e aplicação de distribuidores de água	Dep. Manutenção	14/07/2022	30/11/2022		Ongoing	
SMED	Engenharia	Duplicação de fichas de moldes para todas as máquinas	Dep. Manutenção	14/07/2022	31/12/2022		Ongoing	

4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

4.2 CONCLUSÕES

4.3 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Limitações do trabalho

Como descrito durante o trabalho, parte das melhorias sugeridas foram apenas parcialmente implementadas. A dimensão do projeto combinada com o prazo de aplicação das ações não permitiu que todas as sugestões fossem definitivamente aplicadas a todas as máquinas e moldes. Também os custos de compra de ferramentas como os distribuidores de água e grampos não justificavam o seu investimento em todas as máquinas sem primeiro verificar a sua eficácia. Devido ao elevado volume de trabalho e incompatibilidades com o planeamento de produção, não foi possível testar todas as melhorias em simultâneo. A real eficácia dos 5S só poderá ser comprovada com a inclusão das áreas intervencionadas no plano de auditorias dos 5S. Também as limitações existentes no sistema de gestão interno da fábrica não permitem uma consulta diária real dos valores de *setup*, pelo que a evolução dos tempos gastos em *setup* se torna mais difícil.

O estudo da SST incidiu sobre a perceção dos operadores e não sobre dados reais de acidentes/incidentes de trabalho. Só após a conclusão do plano de ações e com o tempo se poderá comprovar a existência de um decréscimo do número de acidentes/incidentes de trabalho durante o processo de *setup*. O próprio inquérito teve uma população limitada para a obtenção de dados estatísticos, uma vez que apenas os operadores aptos a realizar o *setup* do molde puderam participar (apenas doze operadores nessas condições).

4.2 Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo principal a aplicação do SMED juntamente com outras ferramentas *lean* para verificar o seu impacto na produtividade e SST.

Numa primeira fase, ao iniciar as gravações dos *setups*, foi possível conhecer a realidade dos colaboradores e as suas dificuldades diárias com a chegada do novo projeto. Muitas tarefas simples que podiam ser otimizadas naturalmente não o foram devido à dimensão do projeto e ao curto espaço de tempo em que tudo foi implementado. O espaço de trabalho encontrava-se desorganizado e não havia um padrão seguido por todos os colaboradores.

Com o estudo do SMED foi possível demonstrar imensas perdas tempo e movimentações desnecessárias que podem ser reduzidas ou eliminadas com a aplicação de ferramentas *lean* ao mesmo tempo que se obtém melhorias na segurança. A aplicação de 5S, gestão visual e standardização provaram ser métodos eficazes para reduzir o tempo de *setup* de ambas as gamas de máquinas. Na gama de máquinas <100t existia um objetivo de atingir os 60min de tempo de *setup*, reduzindo dos 78,90min registados no início do trabalho. No final da aplicação de todas as etapas do SMED foi registado um tempo final de 42,53min o que no final de um ano de trabalho representa um ganho de 3,64 dias. Já na gama ≥100t foi registado um tempo de *setup* inicial de 155,05min, bastante longe do objetivo de 90min. Após a aplicação do SMED foi possível atingir o valor desejado com um tempo final de 86,53min. No final de um ano, esta diferença representa uma poupança de 5,71 dias de trabalho. As reduções do tempo de *setup* nas duas gamas foram respetivamente 46,10% e 44,19% o que se encontra próximo dos valores obtidos por Ribeiro et al. (2019) de 36,79%.

Os inquéritos de segurança respondidos pelos colaboradores pretendiam obter uma visão sobre as melhorias de quem lida com os problemas diariamente. As nove questões efetuadas diretamente sobre as otimizações realizadas revelaram que os colaboradores sentem que o seu bem-estar e segurança ficam a ganhar com as melhorias no processo, à semelhança do reportado por Sá et al. (2021) e Fernandes et al. (2019). Todas as perguntas tiveram um resultado positivo, destacando-se a implementação do distribuidor de água na ergonomia de quem monta as mangueiras (100%) e na última pergunta onde todos os colaboradores concordam que as práticas *lean* tiveram um impacto positivo na sua perceção de SST. Os inquéritos permitiram também verificar que os novos colaboradores dão mais valor à implementação de tarefas que melhoram a ergonomia quando as mesmas são mais complexas e que exigem uma maior experiência. Pelo contrário, os colaboradores mais experientes, sentem que a ergonomia melhora mais em tarefas simples onde apenas se mudou para uma ferramenta mais adequada.

É possível verificar que todos os objetivos propostos foram atingidos com sucesso, faltando apenas a realização final do plano de ações para uma melhoria efetiva na empresa. Em suma, neste trabalho foi possível concluir que a aplicação do SMED juntamente com outras ferramentas *lean* não só permitiu poupar tempo que pode agora ser utilizado em atividades com valor acrescentado (produção de peças) como também teve um impacto positivo da SST dos colaboradores envolvidos no processo de *setup*.

4.3 Proposta de trabalhos futuros

A análise SMED mostrou-se uma valiosa ajuda se bem implementada nos *setups* de molde de injeção plástica, mas poderá ser aplicado em outras indústrias obtendo melhorias na SST. A dificuldade em conciliar as várias melhorias implementadas nos

moldes e máquinas devido aos prazos apertados e à incompatibilidade com o planeamento de produção dificultou a análise dos mesmos. É recomendado em projetos futuros que seja feita uma análise mais atempada de quais as linhas/processos onde será mais fácil aplicar todas as melhorias em simultâneo, planeando se possível com a produção a implementação das mesmas numa época com menor volume de trabalho. Deste modo evita-se o desvio de recursos humanos necessários para a realização do estudo em alturas de maior carga, possibilitando uma melhor análise em simultâneo de todas as medidas e com o *feedback* imediato dos colaboradores.

No caso de implementação de novas linhas recomenda-se a procura no mercado de ferramentas que facilitem os *setups* (ex. grampos rápidos e distribuidores de água) antes da instalação da mesma, pois, embora sejam investimentos maiores numa fase inicial, mostram-se benéficos a longo prazo e evitam a compra de material desnecessário.

Para a análise dos impactos nos colaboradores das medidas implementadas, no caso de existir tempo que o permita, poderá ser seguida uma abordagem diferente da tomada neste trabalho, verificando qual é a satisfação dos colaboradores com a segurança ao longo do tempo e não apenas sobre as medidas aplicadas. Deste modo será possível obter uma comparação entre o antes e o depois das medidas.

5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Agung, D., & Hasbullah, H. (2019). Reducing the Product Changeover Time Using Smed & 5S Methods in the Injection Molding Industry. *Sinergi*, 23(3), 199. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.004>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Bateman, N., Philp, L., & Warrender, H. (2016). Visual management and shop floor teams – development, implementation and use. *International Journal of Production Research*, 54(24), 7345–7358. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1184349>
- Belvedere, V., Cuttaia, F., Rossi, M., & Stringhetti, L. (2019). Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development. *International Journal of Project Management*, 37(3), 410–424. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.008>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2013). Visual management implementation and evaluation through mental workload analysis. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 46). <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00065>
- Bevilacqua, Maurizio, Ciarapica, F. E., & De Sanctis, I. (2017). Lean practices implementation and their relationships with operational responsiveness and company performance: an Italian study. *International Journal of Production Research*, 55(3), 769–794. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1211346>
- Bititci, U., Cocca, P., & Ates, A. (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1571–1593. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 613–619. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.086>
- Brito, Marlene, & Gonçalves, M. A. (2020). ErgoSMED: A Methodology to Reduce Setup Times and Improve Ergonomic Conditions. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1026). https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_83
- Carr, W. (2007). Philosophy, methodology and action research. In *The Quality of Practitioner Research* (pp. 29–42). Brill.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of

- Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Cichos, K. H., Linsky, P. L., Wei, B., Minnich, D. J., & Cerfolio, R. J. (2017). Cost Savings of Standardization of Thoracic Surgical Instruments: The Process of Lean. *Annals of Thoracic Surgery*, 104(6), 1889–1895. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2017.06.064>
- Cordeiro, P., Sá, J. C., Pata, A., Gonçalves, M., Santos, G., & Silva, F. J. G. (2020). The Impact of Lean Tools on Safety—Case Study. *Studies in Systems, Decision and Control*, 277, 151–159. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_17
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. 001–012. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Costa, E. S. M. da, Sousa, R. M., Bragança, S., & Alves, A. C. (2013). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure*, 1(i), 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2099.5525>
- de Souza, R. V. B., & Carpinetti, L. C. R. (2014). A FMEA-based approach to prioritize waste reduction in lean implementation. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(4), 346–366. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0058>
- Edwin Joseph, R., Kanya, N., Bhaskar, K., Francis Xavier, J., Sendilvelan, S., Prabhahar, M., ... Geetha, S. (2020). Analysis on productivity improvement, using lean manufacturing concept. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7176–7182. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.412>
- El Kihel, Y., Amrani, A., Ducq, Y., & Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. *International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2019*, 12–14. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907282>
- Fernandes, J. P. R., Godina, R., Pimentel, C. M. O., & Matias, J. C. O. (2019). The impact of 5s + 1s methodology on occupational health and safety. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, 101–122.
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598–603. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.039>
- Gnoni, M. G., Andriulo, S., Maggio, G., & Nardone, P. (2013). “Lean occupational” safety: An application for a Near-miss Management System design. *Safety Science*, 53(March), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.09.012>
- Gonçalves, I., Sá, J. C., Santos, G., & Gonçalves, M. (2019). Safety stream mapping—a new tool applied to the textile company as a case study. *Studies in Systems, Decision and Control*, 202, 71–79. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14730-3_8
- Hamja, A., Maalouf, M., & Hasle, P. (2019). The effect of lean on occupational health and safety and productivity in the garment industry – a literature review. *Production & Manufacturing Research*, 7(1), 316–334. <https://doi.org/10.1080/21693277.2019.1620652>
- Hao, M., Wei, Z., & Tian, Y. (2014). Application of Visual Management in Workshop. *Proceedings of the 2014 International Conference on Education Reform and Modern Management*, 75(Ermm), 397–400. <https://doi.org/10.2991/ermm-14.2014.106>
- Hasle, P., Bojesen, A., Jensen, P. L., & Bramming, P. (2012). Lean and the working

- environment: A review of the literature. *International Journal of Operations and Production Management*, 32(7), 829–849. <https://doi.org/10.1108/01443571211250103>
- Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D., & Tanco, M. (2014). Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*, 52(6), 1755–1770. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.848482>
- Jastia, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: Literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867–885. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>
- Jilcha, K., & Kitaw, D. (2016). *Lean Influence on Occupational Safety and Health in Manufacturing Industries*. (June).
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: Fourteen Management Principles From the World S Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, 330.
- Maestrini, V., Luzzini, D., Shani, A. B., & Canterino, F. (2016). The action research cycle reloaded: Conducting action research across buyer-supplier relationships. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/J.PURSUP.2016.06.002>
- Marques, J. P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Santos, G. (2021). Safety efficiency value stream mapping (SEVSM) - A new tool to support the implementation of Lean Safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1193(1), 012124. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012124>
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149(June), 329–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Sá, J. C., Ribeiro, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED. *Procedia Manufacturing*, 41, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.043>
- Moreira, A. C., & Pais, G. C. S. (2011). Single minute exchange of die. A case study implementation. *Journal of Technology Management and Innovation*, 6(1), 129–146. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000100011>
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>
- Pellegrini, S., Shetty, D., & Manzione, L. (2012). Study and implementation of single minute exchange of die (SMED) methodology in a setup reduction kaizen. *3rd 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 3-6 July 2012*, 2353–2363.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean - ISBN: 978-989-752-032-7*. Lidel - Edições Técnicas, lda.
- Raquel, L., & Alves, M. (2020). *Lean Safety - Estudo do impacto do Lean Seis Sigma na Segurança*.
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775.

- <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rodrigues, J., de Sá, J. C. V., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Santos, G. (2019). Lean management “quick-wins”: Results of implementation. A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 3–21. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1291>
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- Sá, J. C., Manuel, V., Silva, F. J. G., Santos, G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Carvalho, M. (2021). Lean Safety - assessment of the impact of 5S and Visual Management on safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1193(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012049>
- Sakouhi, A., & Nadeau, S. (2016). Integration of Occupational Health and Safety into Lean Manufacturing: Quebec Aeronautics Case Study. *American Journal of Industrial and Business Management*, 06(11), 1019–1031. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2016.611097>
- Santos, G., Sá, J. C., Oliveira, J., Ramos, D., & Ferreira, C. (2019). Quality and safety continuous improvement through lean tools. In *Lean manufacturing: Implementation, opportunities and challenges* (pp. 165–188). Nova Science Publishers.
- Shingo, S. (1983). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. 384. <https://doi.org/0915299038>
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1985). *Revolution in Manufacturing: Single-minute Exchange of Die System*No Title. 384.
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Singh, C., Singh, D., & Khamba, J. S. (2020). Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6696–6700. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.116>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Srinivasan, S., Ikuma, L. H., Shakouri, M., Nahmens, I., & Harvey, C. (2016). 5S impact on safety climate of manufacturing workers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(3), 364–378. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2015-0053>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tezel, A., & Aziz, Z. (2017). Benefits of visual management in construction: Cases from


- the transportation sector in England. *Construction Innovation*, 17(2), 125–157. <https://doi.org/10.1108/CI-05-2016-0029>
- Ulutas, B. (2011). An application of SMED methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 79(June), 100–103. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1083869>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., ... Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38(Faim 2019), 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Wilson, L. (2009). How to Implement Lean Manufacturing. In *McGraw-Hill Professional Publishing*.
- Womack, James P, Jones, D., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*, 35(3), 81–82. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)
- Womack, J P, & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1–2), 457–474. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1177-3>

6. ANEXOS

- 6.1 ANEXO A – FOLHA DE PREPARAÇÃO DE SETUP
- 6.2 ANEXO B – FICHA TÉCNICA DISTRIBUIDOR DE ÁGUA
- 6.3 ANEXO C - FICHA TÉCNICA GRAMPOS DE APERTO RÁPIDO
- 6.4 ANEXO D - MODELO FOLHA DE PARÂMETROS
- 6.5 ANEXO E - MODELO QUESTIONÁRIO

6. ANEXOS

6.1 Anexo A – Folha de Preparação de Setup

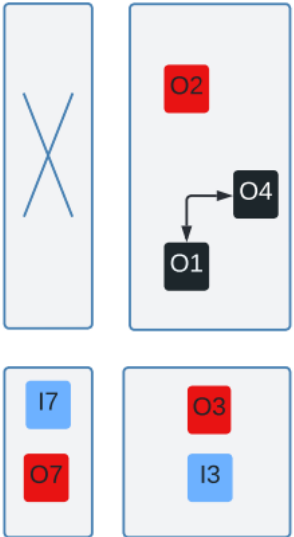


Folha de preparação de setup

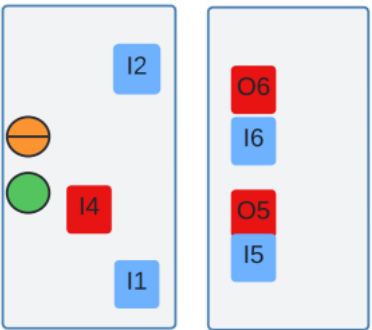
Molde	W2F7807250
Referência GEN:	188860
Máquinas	Arburg 320
Data Criação	14/06/2022

Esquema ligação de águas

Lado Operador



Lado Oposto



Legenda:

<ul style="list-style-type: none"> Saída para Termorregulador/Termochiller Entrada de água do Termorregulador/Termochiller Entrada/Saída de chante Ligação Chante 	<ul style="list-style-type: none"> Fechar Valvegata Abrir Valvegata
---	---

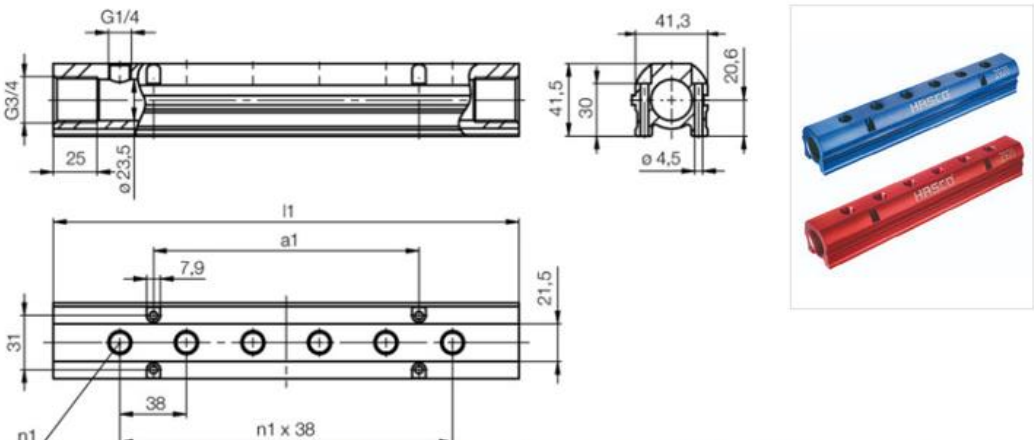
Ferramenta Necessária

Local de uso	Ferramenta	Tamanho/Quantidade
Barra segurança	Chave sextavada	10
Ligação águas	Mangueira azul	6
Ligação águas	Mangueira Vermelha	6
Ligação águas	Mangueira Chante	1

6.2 Anexo B – Ficha técnica distribuidor de água

HASCO[®]
Ermöglichen mit System.

Z920/l1xn1/Typ
Manifold block



The new HASCO manifold blocks Z920/... are used for the simple configuration of flexible cooling circuits. The clear arrangement of cooling lines ensures greater safety at the workplace and more reliable production.

- Clear arrangement of feed and return lines
- Anodised in blue or red
- Compatible with HASCO cooling elements
- Hoses connected via fixed screw connections or nipple/coupling combinations
- Central inflow/outflow enables shorter hose lengths and energy savings
- Increased safety at the workplace and greater production reliability
- Extendable thanks to modular plug-in system
- Directly mountable on the injection moulding machine
- Heat resistant up to 200°C
- Max. operating pressure 15 bar

style	a1	l1	n1	Typ	Product
blau/blue	75,6	190	4	1	Z920/190x4/1
rot/red				2	Z920/190x4/2
blau/blue	151,6	266	6	1	Z920/266x6/1
rot/red				2	Z920/266x6/2
blau/blue	227,6	342	8	1	Z920/342x8/1
rot/red				2	Z920/342x8/2

6.3 Anexo C – Ficha técnica grampos de aperto rápido

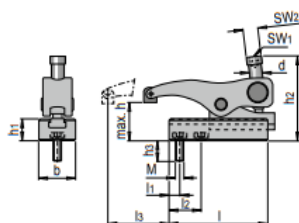
meusburger


POWER CLAMP FOR INJECTION MOULDING

HWS 100

PRODUCT DESCRIPTION

- » Easy positioning of each clamping element
- » Quick clamping of injection moulds onto injection moulding machines
- » Robust design made from forged and tempered steel

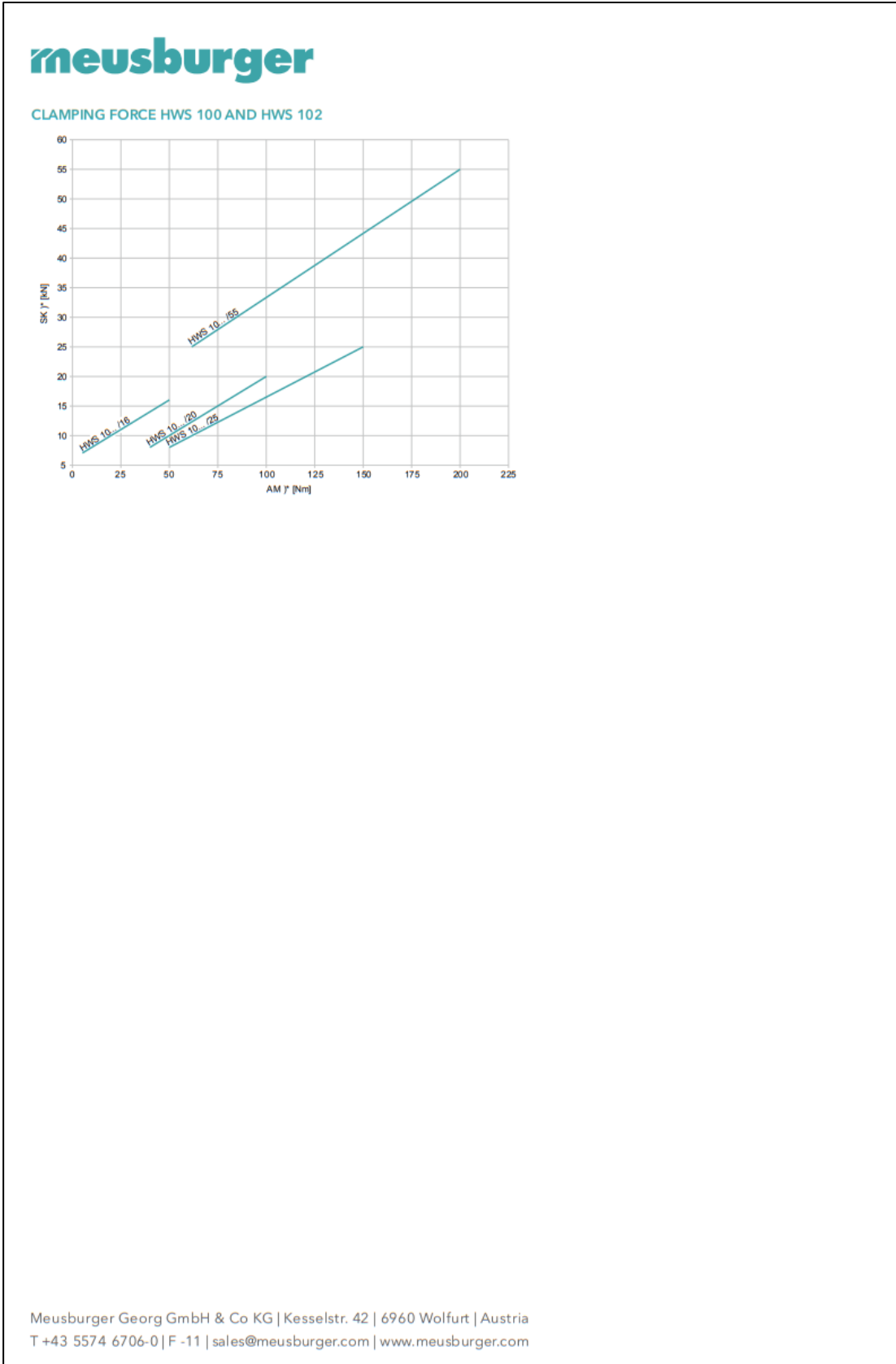


h	l3	h2	d	SW1	SW2	b	l	h1	l1	l2	h3	AM ¹⁾	SK ²⁾	M	 Pcs. / PU	No.	EUR
0 - 50	12 - 66	101	M14	8	-	38	104	35.5	13	38	20	50	16	M10	1	HWS 100/16/10	<>
0 - 50	12 - 66	101	M14	8	-	38	104	35.5	13	38	20	50	16	M10	4	HWS 100/16/10/Set4	<>
0 - 50	12 - 66	101	M14	8	-	38	104	35.5	13	38	20	50	16	M12	1	HWS 100/16/12	<>
0 - 50	12 - 66	101	M14	8	-	38	104	35.5	13	38	20	50	16	M12	4	HWS 100/16/12/Set4	<>
0 - 60	15 - 83	121	M18	10	-	48	130	39	17.5	47.5	23.5	100	20	M12	1	HWS 100/20/12	<>
0 - 60	15 - 83	121	M18	10	-	48	130	39	17.5	47.5	23.5	100	20	M12	4	HWS 100/20/12/Set4	<>
0 - 60	15 - 83	121	M18	10	-	48	130	39	17.5	47.5	27.5	100	20	M16	1	HWS 100/20/16	<>
0 - 60	15 - 83	121	M18	10	-	48	130	39	17.5	47.5	27.5	100	20	M16	4	HWS 100/20/16/Set4	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	26	150	25	M16	1	HWS 100/25/16	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	26	150	25	M16	4	HWS 100/25/16/Set4	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	30	150	25	M18	1	HWS 100/25/18	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	30	150	25	M18	4	HWS 100/25/18/Set4	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	30	150	25	M20	1	HWS 100/25/20	<>
0 - 65	18 - 96	130	M20	12	-	55	140	43	19.5	54.5	30	150	25	M20	4	HWS 100/25/20/Set4	<>
20 - 80	17 - 92	180	M24	12	24	74	178	55	24	65.5	34	200	55	M20	1	HWS 100/55/20	<>
20 - 80	17 - 92	180	M24	12	24	74	178	55	24	65.5	34	200	55	M20	4	HWS 100/55/20/Set4	<>
20 - 80	17 - 92	180	M24	12	24	74	178	55	24	65.5	44	200	55	M24	1	HWS 100/55/24	<>
20 - 80	17 - 92	180	M24	12	24	74	178	55	24	65.5	44	200	55	M24	4	HWS 100/55/24/Set4	<>


1) AM: max. tightening torque [Nm]

2) SK: max. clamping force [kN] at AM

Meusburger Georg GmbH & Co KG | Kesselstr. 42 | 6960 Wolfurt | Austria
T +43 5574 6706-0 | F -11 | sales@meusburger.com | www.meusburger.com



6.4 Anexo D – Modelo Folha de parâmetros

<p>FAB46/IT-FAB46/292 B</p> 		<p>PARÂMETROS DE AFINAÇÃO</p>		<p>Referência genérica:</p>			
				<p>Referência do molde:</p>			
				<p>Designação da Matéria Prima 1:</p>			
				<p>Designação da Matéria Prima 2:</p>			
				<p>Designação da Matéria Prima 3:</p>			
				<p>Programa:</p>		Data	Hora
<p>Nº de Máquina</p>				<p>Cavidades operacionais</p>			
<p>Força de Fecho e Proteção de molde</p>							
<p>Força de fecho (KN):</p>				<p>Tempo de proteção de Molde (seg):</p>			
<p>Injeção</p>				<p>Pós pressão</p>			
<p>1</p>				<p>1</p>			
<p>Curso de comutação (mm):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>		<p>Velocidade (mm/s):</p>			
<p>Velocidade (mm/s):</p>		<p>Pressão (bar):</p>		<p>Pressão (bar):</p>			
<p>Curso (mm):</p>				<p>Tempo (seg):</p>			
<p>2</p>				<p>2</p>			
<p>Curso de comutação (mm):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>		<p>Velocidade (mm/s):</p>			
<p>Velocidade (mm/s):</p>		<p>Pressão (bar):</p>		<p>Pressão (bar):</p>			
<p>Curso (mm):</p>				<p>Tempo (seg):</p>			
<p>Dosagem</p>				<p>Descompressão</p>			
<p>1</p>				<p>1</p>			
<p>Curso de dosagem (mm):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>			
<p>Tempo de amolecimento (seg):</p>				<p>Velocidade Descompressão (mm/s ou %):</p>			
<p>Velocidade (mm/s):</p>		<p>Contra pressão (bar):</p>		<p>Curso Descompressão (mm):</p>			
<p>Curso (mm):</p>							
<p>2</p>				<p>2</p>			
<p>Curso de dosagem (mm):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>		<p>Tempo de Atrazo (seg):</p>			
<p>Tempo de amolecimento (seg):</p>				<p>Velocidade Descompressão (mm/s ou %):</p>			
<p>Velocidade (mm/s):</p>		<p>Contra pressão (bar):</p>		<p>Curso Descompressão (mm):</p>			
<p>Curso (mm):</p>							
<p>Temperaturas Material / Molde</p>							
Tº Fuso 5:		°C	Tº Fuso 6:		°C	Desumidificação da matéria-prima 1	
Tº Fuso 4:		°C	Tº Fuso 7:		°C	Desumidificação da matéria-prima 2	
Tº Fuso 3:		°C	Tº Fuso 8:		°C	Desumidificação da matéria-prima 3	
Tº Fuso 2:		°C	Tº Fuso 9:		°C	Duração (horas)	Duração (horas)
Tº Bico 1:		°C	Tº Fuso 10:		°C	Temperatura a utilizar (°C)	Temperatura a utilizar (°C)
Tº entrada material:		°C	Tº Fuso 11:		°C	Temperatura a utilizar (°C)	
				<p>Temperatura Termorregulador Parte Fixa (TG1):</p>			
				<p>Temperatura Termorregulador Parte Móvel (TG2):</p>			
<p>Temperaturas canais quentes</p>							
Zona 1:		°C	Zona 9:		°C	Zona 17:	
Zona 2:		°C	Zona 10:		°C	Zona 18:	
Zona 3:		°C	Zona 11:		°C	Zona 19:	
Zona 4:		°C	Zona 12:		°C	Zona 20:	
Zona 5:		°C	Zona 13:		°C	Zona 21:	
Zona 6:		°C	Zona 14:		°C	Zona 22:	
Zona 7:		°C	Zona 15:		°C	Zona 23:	
Zona 8:		°C	Zona 16:		°C	Zona 24:	

6.5 Anexo E – Modelo questionário



Questionário de Melhoria de Saúde e Segurança no Setup de moldes

Data: __/__/__

Anos na empresa:

Tendo em conta as práticas *lean* testadas na montagem de moldes, por favor responda ao seguinte questionário numa escala de 1 a 5 de maneira a avaliar a sua opinião relativamente ao impacto das mesmas na segurança do local de trabalho.

Escala:

- 1- Discordo completamente
- 2- Discordo
- 3- Nem concordo nem discordo
- 4- Concordo
- 5- Concordo completamente

		1	2	3	4	5
1	A implementação de distribuidores de água no interior da máquina reduz o risco de queda nas mangueiras e água existentes no chão					
2	A implementação de distribuidores de água no interior da máquina melhora a ergonomia reduzindo os movimentos para a montagem das mangueiras					
3	A utilização de chaves de punho em "T" reduz o esforço necessário para desapertar o KO					
4	A utilização de chaves de Roquete melhora a ergonomia para apertar grampos em zonas de acesso difícil					
5	A utilização de grampos de aperto rápido melhora a ergonomia relativamente aos grampos convencionais					
6	A utilização do código de cores azul/vermelho nas mangueiras e nos moldes melhora a ergonomia no momento de montar as mangueiras					
7	O número de deslocações para procura de material diminuiu					
8	O local de trabalho encontra-se mais limpo e organizado					
9	No geral, sente que as novas práticas lean melhoram a condições de Higiene, Saúde e Segurança no seu posto de trabalho					