



**Instituto Superior de Gestão e Administração de Santarém**

**Mestrado em Gestão de Empresas**

**Dissertação**

**LEAN MANUFACTURING E O COMBATE AO  
DESPERDÍCIO: IMPLEMENTAÇÃO DO SMED NUMA  
ÁREA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO**

Adolfo José Mendes dos Santos

Santarém

2024





**Instituto Superior de Gestão e Administração de Santarém**  
**Mestrado em Gestão de Empresas**  
**Dissertação**

**LEAN MANUFACTURING E O COMBATE AO  
DESPERDÍCIO: IMPLEMENTAÇÃO DO SMED NUMA  
ÁREA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO**

Adolfo José Mendes dos Santos

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau  
de Mestre em Gestão de Empresas sob a orientação do  
Professor Doutor João Pedro da Cruz Fernandes Thomaz

Santarém

2024



Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Professor Doutor João Pedro da Cruz Fernandes Thomaz, apresentada ao Instituto Superior de Gestão e Administração de Santarém para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Empresas, conforme o Despacho n.º 1717/2019 da DGES, publicado na 2.ª Série do Diário da República, em 15 de Fevereiro de 2019.



## RESUMO

Com a globalização dos mercados, as empresas estão sujeitas a uma competição cada vez mais dinâmica e feroz. Para que tenham presença e continuidade junto dos consumidores e clientes tem de adotar uma postura de combate à redução dos desperdícios, resultantes de atividades isentas de valor acrescentado, aumentando a sua eficácia e eficiência na produção dos seus produtos.

O setor automóvel não se exclui desta dinâmica. Setor responsável por impulsionar o desenvolvimento de técnicas, ferramentas e filosofias incluídas num sistema de produção, denominada como Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System – TPS*), que se dedica a “emagrecer” os processos produtivos, tornando-os mais eficientes, excluindo ou mitigando para o efeito o máximo de desperdícios.

É neste contexto que a empresa em estudo nesta dissertação coloca todo o seu foco com a aplicação de ferramentas como o SMED, junto de equipamentos considerados estranguladores do *output* da produção, mitigando o tempo de *setup* ao máximo, identificando e eliminando os desperdícios envolvidos na tarefa.

Para demonstração dos resultados da implementação do SMED este estudo analisa a aplicação do SMED num equipamento definido pela sua alta saturação produtiva enquanto “projeto piloto”, onde se verificam os benefícios produtivos relativos a disponibilidade de equipamento como aumento de *output* produtivo, tendo como base o estudo científico realizado e aplicado na prática no setor de injeção plástica da empresa.

**Palavras-chave:** *Desperdício, Lean Manufacturing, Setup, SMED.*

## ABSTRACT

Due to globalization, companies are subject to increasingly dynamic and fierce competition. To have a presence and continuity near consumers and customers, all companies must vigorously work on reducing waste resulting from activities without any added value and increasing their effectiveness and efficiency in producing their products.

The automotive sector is not excluded from this dynamic. It is responsible for driving the development of techniques, tools, and philosophies included in a production system called the Toyota Production System (TPS), which is dedicated to a lean production process, making it more efficient and excluding or mitigating the maximum amount of waste.

In this context, the company under study focuses on applying tools such as SMED and equipment considered a bottleneck to the production output, mitigating setup time to the maximum, and identifying and eliminating the waste involved in that task.

To demonstrate the results of the implementation of SMED, this work analyzes the application of SMED in equipment defined by its high productive saturation as a “pilot project”, where the productive benefits were verified related to the availability of equipment and the increase of production output, based on the scientific study carried out through state of the art and actual application in the shop floor on the plastic injection sector of the company.

**Keywords:** *Lean Manufacturing, Setup, SMED, Waste.*

AS METODOLOGIAS DO LEAN MANUFACTURING APLICADO NO COMBATE AO DESPERDÍCIO:  
IMPLEMENTAÇÃO DO SMED NUMA ÁREA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO

## ÍNDICE

Resumo.....	vii
Abstract .....	vii
ÍNDICE .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE QUADROS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ACRÓNIMOS .....	xii
Capítulo 1. Introdução.....	1
Capítulo 2. Revisão da Literatura.....	9
2.1. Sistemas de produção da indústria automóvel .....	9
2.2. TPS (Toyota Production System).....	13
2.3. Do TPS ao conceito Lean Thinking .....	14
2.4. Lean Manufacturing (LM) .....	19
2.5. As ferramentas do Lean Manufacturing.....	20
2.5.1. Kaizen (melhoria contínua).....	21
2.5.1.1. <i>Ciclo PDCA</i> .....	21
2.5.2. 5Ss.....	23
2.5.3. <i>Heijunka</i> (nivelamento).....	23
2.5.4. <i>Standard Work</i> (trabalho padronizado).....	24
2.5.5. <i>Jidoka</i> (automação).....	25
2.5.5.1. <i>Poka-Yoke</i> (à prova de erros) .....	26
2.5.6. <i>Just-in-Time</i> (fluxo contínuo).....	27
2.5.6.1. <i>Sistema Kanban</i> .....	28
2.5.6.2. <i>Value Stream Mapping (VSM – mapeamento do fluxo de valor)</i> .....	29
2.5.6.3. <i>WID - Waste Identification Diagram (diagrama identificação desperdício)</i> .....	30
2.5.6.4. <i>SMED ou Single Minute Exchange of Die (troca rápida de ferramentas)</i> .....	31
2.6. Resumo do capítulo.....	35
Capítulo 3. Metodologia.....	39
3.1. Metodologia .....	39
3.2. Empresa caso de estudo – João de Deus & Filhos, S.A. ....	41
Capítulo 4. Caso prático de aplicação SMED .....	45
4.1. Apresentação da área de injeção .....	45
4.2. Breve explicação do processo produtivo de injeção de plástico .....	47
4.2.1. A pertinência da aplicação do SMED na área de injeção .....	48
4.3. As fases do caso prático da metodologia SMED na área da injeção.....	51
4.3.1. Fase 1 e 2 – Definição e Formação da equipa de trabalho: Metodologia SMED .....	52
4.3.2. Fase 3 – Registo das atividades de <i>setup</i> , caracterizando o “ <i>as is</i> ” .....	54
4.3.3. Fase 4 – Caracterização e separação do trabalho externo e interno .....	56
4.3.4. Fase 5 – Transformar o trabalho interno em externo .....	58
4.3.5. Fase 6 – Mitigar o trabalho interno ou eliminá-lo, se possível .....	62
4.3.6. Fase 7 – Mitigar o trabalho externo ou eliminá-lo, se possível.....	66
4.3.7. Fase 8 – Efetuar um teste piloto após finalizar as atividades SMED, o “ <i>to be</i> ” .....	68
4.3.8. Fase 9 – Benefícios provenientes da implementação da metodologia SMED.....	70
4.4. Resumo de Capítulo .....	71
Capítulo 5. Conclusões.....	73
Bibliografia .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>As etapas do procedimento.</i> .....	6
Figura 2. <i>Toyota Production System (TPS).</i> .....	14
Figura 3. <i>O edifício lean thinking.</i> .....	16
Figura 4. <i>Esquema conceptual da evolução do lean thinking.</i> .....	18
Figura 5. <i>Ciclo PDCA.</i> .....	22
Figura 6. <i>Heijunka.</i> .....	24
Figura 7. <i>Sistema operativo do Mapeamento do Fluxo de Valor.</i> .....	29
Figura 8. <i>Mapeamento do Fluxo de Valor na Cadeia de Abastecimento.</i> .....	30
Figura 9. <i>Esquemas gráficos do Waste Identification Diagram.</i> .....	31
Figura 10. <i>Esquema de trabalho rápido de setup.</i> .....	32
Figura 11. <i>Estágios conceptuais para aplicar o SMED.</i> .....	34
Figura 12. <i>Demonstração da perda associada ao Setup.</i> .....	35
Figura 13. <i>Espiral da metodologia de pesquisa-ação.</i> .....	40
Figura 14. <i>Aplicação de caixa plástico no IC.</i> .....	45
Figura 15. <i>Organograma da área de injeção em estudo.</i> .....	47
Figura 16. <i>Matéria-prima plástica em grão.</i> .....	47
Figura 17. <i>Esquema de funcionamento de injeção plástica.</i> .....	48
Figura 18. <i>Molde de injeção plástica e peça produzida.</i> .....	48
Figura 19. <i>Pareto de caracterização de paragens OEE ano 2021.</i> .....	49
Figura 20. <i>Gráfico OEE registado no equipamento MI-09 (FY2021).</i> .....	50
Figura 21. <i>Nove fases da implementação da metodologia SMED no caso prático.</i> .....	51
Figura 22. <i>Manual de formação e conteúdos para metodologia SMED.</i> .....	53
Figura 23. <i>Registo de atividades desenvolvidas no setup.</i> .....	55
Figura 24. <i>Diagrama de Spaghetti mostrando as movimentações do setup na MI-09.</i> .....	56
Figura 25. <i>Registo de atividades separadas em trabalho externo e interno.</i> .....	57
Figura 26. <i>Registo de atividades internas que passam para externas após análise do setup.</i> .....	59
Figura 27. <i>Layout previsto para agilização do Setup.</i> .....	60
Figura 28. <i>Registo de atividades internas mitigadas, divididas e eliminadas.</i> .....	63
Figura 29. <i>Gráfico representativo da eficiência de tempo após fase 5 e 6 do SMED.</i> .....	65
Figura 30. <i>Gráfico representativo dos setup internos e externos nas fases 5, 6 e 7.</i> .....	66

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> <i>Análise crítica de Sistemas de Produção.</i> .....	12
--	----

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> <i>Resumo de tempos das fases 5, 6 e 7.</i> .....	67
<b>Tabela 2.</b> <i>Sequência de operações – Folha de Operações Setup.</i> .....	69
<b>Tabela 3.</b> <i>Dados relativos aos benefícios – Operacionais (disponibilidade de tempo).</i> .....	70

## LISTA DE ACRÓNIMOS

3Ms	Muda; Mura; Muri
5S+1	Seiri; Seiton; Seiso; Seiketsu; Shitsuke; Safety
BLES	Basic Lean Enterprise System
CLES	Contemporary Lean Enterprise System
CQZD	Controlo de Qualidade Zero Defeito
HPS	Hyundai Production System
IC	Intercooler
ISO	International Organization for Standardization
JDeus	João de Deus & Filhos S.A.
JIT	Just-in-Time
KPI	Key Performance Indicator
LM	Lean Manufacturing
MI	Máquina de Injeção
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OEM	Original Equipment Market
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
PDCA	Plan; Do; Check; Act
R&D	Research and Development
SMED	Single Minute Exchange of Die
SQDCEP	Segurança; Qualidade; Entrega; Custo; Estabilidade dos processos; Pessoas
SW	Standard Work
TQE	Técnico Qualificado Elementar
TPS	Toyota Production System
TS	Technical Specification
UO	Unidade Operativa
UTE	Unidade Tecnológica Elementar
VPS	Volvo Production System
VSM	Value Stream Mapping
WID	Waste Identification Diagram
WIP	Work in Process

## CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Os mercados estão cada vez mais exigentes e mais competitivos o que motiva as empresas a exercerem dentro da sua estrutura combates ferozes aos desperdícios, focando-se na redução de atividades isentas de valor acrescentado. A globalização dos mercados faz com que as empresas estejam cada vez mais competindo com concorrentes de países em que o custo da mão-de-obra é mais baixo. Parte importante dos desperdícios relacionam-se com as mudanças de lotes de produção, cada vez mais pequenos. É neste cenário que as empresas devem realizar uma apertada monitorização destas atividades de mudança de forma a retirarem todo o possível desperdício (Gungor, & Evens, 2017).

Courtois, Pillet e Martin-Bonnefous (2011) referem que aplicar o conceito *lean manufacturing* (LM) focado no combate aos custos e desperdícios, será a alavanca necessária para que as empresas possam trabalhar na sua sustentabilidade e competitividade nos mercados, tendo em conta que é impossível, no contexto atual, aumentar os preços dos seus produtos aos clientes, dada a concorrência competitiva existente, em que qualquer movimentação nos preços as deixaria fora do mercado. O aumento dos preços dos seus produtos nos mercados pode traduzir-se em perda de cota de mercado, dado que os clientes, insatisfeitos, serão forçados a procurar alternativas mais competitivas de encontro às suas expectativas. Desta forma, as empresas têm, cada vez mais, de trabalhar todos os seus processos, procurando eliminar todos os desperdícios para, assim, baixar os custos inerentes e tornarem-se mais competitivas sem penalizarem a sua imagem nos mercados. A imagem do homem, no *core* dos processos, será uma ferramenta importante, com relevo nas suas competências e na exploração das suas capacidades intelectuais, contribuindo assim para o desenvolvimento eficiente e inovação nas empresas.

A vantagem competitiva, vista como diferenciadora no posicionamento da empresa à frente dos demais concorrentes nos vários mercados, será sempre baseada na redução dos custos de produção, através da redução do *lead time*, de forma a satisfazer as necessidades dos seus clientes e assim mostrar o seu potencial competitivo em relação aos demais concorrentes. O aumento da qualidade e da produtividade dos processos, através da melhoria contínua, torna o *output* dos seus processos produtivos mais competitivos e apreciados pelos clientes (Padilha, Albertin, Souza, & Diogenes, 2012).

A empresa alvo deste caso de estudo prático não foge a este contexto de mercado global, já que está no ramo automóvel, um dos mais competitivos do mundo, motivando assim, também pela sua história, a cultura do Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System* – TPS), combatendo os vários desperdícios ao longo da sua cadeia de abastecimento, nomeadamente no seu processo produtivo, visto ser uma organização com um *core* manufatura.

Pinto (2014) identifica o pensamento *lean*, como sendo a procura da perfeição dos processos, através da busca incessante dos desperdícios, eliminando-os com recurso a práticas de gestão com sistemáticas e procedimentos simples, identificando o tempo como sendo um dos elementos mais importantes de desperdício a combater, no que respeita aos custos.

Taiichi Ohno (1997) identifica 3 tipos de desperdícios, para a gestão japonesa, onde as perdas por desequilíbrios de cargas se devem aos 3Ms (*Muda, Mura e Muri*).

Neste sentido, Womack (2006) afirma que a sequência lógica a ter em consideração para combater o desperdício é, em primeiro lugar, o *Mura* que representa a variabilidade e flutuação, seguido do *Muri* que representa a sobrecarga e excessos e, por último, o *Muda* que representa o desperdício de recursos. Só assim se sustenta a logo prazo a eliminação dos desperdícios.

O sistema LM, criado no Japão pela Toyota, tem como objetivo juntar todas as vantagens de produções de pequenos lotes, descartando os custos elevados de fabrico inerentes e as produções em massa, evitando a sua inflexibilidade (Womack et al., 2007).

Holweg (2007) descreve o LM como ‘produção magra’ que pretende racionalizar e reduzir todos os custos, quando comparado à produção em massa. Reduz a mão-de-obra aplicada aos processos, torna os *layouts* mais eficientes reduzindo o espaço que utilizam no chão de fábrica, rentabiliza as ferramentas utilizadas nos processos baixando o investimento e tende a reduzir os tempos utilizados para a transformação dos processos. A necessidade de *stocks* ao longo do processo são mais reduzidos, produzindo de forma mais tensa, tendo em conta a qualidade e a quantidade necessária para o cliente.

Neste seguimento a pertinência da aplicação de um sistema de LM com a aplicação das suas metodologias, revela-se de extrema importância para as organizações de forma a continuar a persistir no mercado com a competência que lhe é exigida pelos seus clientes e consumidores. Os conceitos deste sistema focam-se na eliminação de desperdícios existentes nos processos produtivos, aumentando a produtividade e a eficiência nas linhas produtivas (Bastos, & Chaves, 2012).

Para Liker (2005), o *Just-in-Time* (JIT) é o conjunto de ferramentas e técnicas que permite fazer chegar o produto ao cliente à hora certa, na quantidade certa e no local certo. Desta forma, demonstra ser necessário que as empresas produzam aquilo que é necessário e essencial para acompanhar a necessidade do cliente, o que origina a redução de stocks, requerendo a flexibilidade necessária dos processos produtivos.

Shingo (1985) identifica as principais dificuldades nos processos produtivos das fábricas como sendo as quantidades a produzir de cada produto e a quantidade diferente de produtos a produzir. Após estudar as causas destas duas dificuldades, conclui que os *setups* nos equipamentos é a causa origem, com todas as respetivas calibrações e mudanças de ferramentas, entre outros aspetos, que origina tempo excessivo sem gerar valor acrescentado ao processo e, por consequência, ao produto.

Também Cakmakci e Karasu (2007) identificam os pequenos lotes de fabrico como forma de atender às necessidades do mercado, através da flexibilidade nos processos produtivos, onde as mudanças de lote assumem uma enorme importância face ao desperdício que atingem. Como consequência, a flexibilidade nos processos deve ser objeto de trabalho com as metodologias de LM e de melhoria contínua, combatendo assim o desperdício de tempo no *setup* ou a sua redução, através de ideias inovadoras.

O método SMED (*Single Minute Exchange of Die*) criado e desenvolvido por Shigeo Shingo em colaboração com a Toyota através do TPS, após a sua aplicação nos processos produtivos das empresas, reflete-se na drástica redução dos tempos de *setup*. Na indústria do ramo automóvel esta redução tem-se refletido numa melhoria da performance dos seus processos, o que origina a disponibilidade de equipamentos para produção e, assim, reduzindo o tempo de paragem e aumentando os índices produtivos (Courtois et al., 2011).

De forma a reduzir o tempo de *setup* é inevitável e indispensável a utilização da metodologia SMED com todos os seus conceitos de LM. É imprescindível diminuir o tempo que o *setup* origina, pois não agregando valor ao produto, o cliente não o irá pagar, assim como os custos decorrentes da sua execução (Ortiz, 2009).

A indústria do setor automóvel é um mercado que para além de exigente é muito competitivo, enquadrando no seu meio todos construtores de automóveis e toda a sua cadeia de fornecedores (Hoyle, 2005).

Nos dias de hoje os clientes preferem a variedade de produtos em quantidades ajustadas à sua necessidade. Ter um processo eficaz relativo à mudança de lotes de fabrico é crítico para as empresas que têm o JIT como metodologia de produção, dependendo

assim dos tempos de paragem de linha de produção e da qualidade dos inventários, o que evita os seus excessos, trabalhando assim nos custos/desperdícios (Silva, 2018).

É neste contexto que se identifica o **problema** a abordar nesta dissertação focado em como agilizar o combate aos desperdícios no tempo de *setup*, com a aplicação da metodologia SMED e a sua influência nos stocks, nos custos dos processos e na disponibilidade dos equipamentos considerados estranguladores ou gargalos para o *output* dos processos produtivos da empresa.

Sendo a empresa alvo fornecedora das principais marcas de automóveis, com peças de sistemas térmicos, ou seja, de *intercoolers*, está sujeita a todas as exigências do mercado global, onde enfrenta uma forte concorrência de outros produtores do mesmo tipo de produto. Uma das principais mais valias é a versatilidade de oferta de produtos, pois a multimarca está na natureza da sua matriz de produtos. Contudo a exigência do mercado está cada vez mais presente, não só pela natureza a que o produto se destina, carros topo de gama destinado a nichos, como à motorização a que as peças se destinam, representando apenas uma parte do mercado global de veículos automóveis.

Neste sentido, mesmo com a forte influência da cultura nipónica por parte do acionista maioritário, adaptando assim a cultura TPS na organização, a empresa alvo terá cada vez mais que adaptar as metodologias do LM para acompanhar as necessidades do mercado que está cada vez mais diferenciado dos conceitos tradicionais da produção em massa. Acompanhar o mercado será uma obrigação para a continuidade da sua performance positiva concorrencial, sendo importante que todas as análises e ações contra o desperdício se tornem imperativas.

Um dos maiores desperdícios é o tempo de *setup* da área de injeção, uma das mais importantes da empresa alvo. Os equipamentos estão sobre forte controlo, dado os seus níveis de saturação devidos às necessidades produtivas e a todos os custos adicionados ao produto pela paragem de produção. Os stocks em curso de fabrico que representam o *Muda* e os KPIs do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) com a demonstração do tempo utilizado para *setup* são os principais indicadores que demonstram as perdas de produtividade e eficiência na performance produtiva na área de injeção.

Para a sua solução torna-se necessário que a empresa alvo adote as corretas metodologias LM que lhe permitam eliminar o desperdício de tempo de *setup*, tal como os custos associados ao excesso de stock em curso de fabrico a que está sujeita. A aplicação da metodologia SMED poderá ser positivamente impactante no combate ao desperdício do seu processo produtivo.

“Não ter problemas é o maior problema de todos”

Taiishi Ohno

Ter-se-á assim como **pergunta de investigação** para esta dissertação: *Como a aplicação da metodologia SMED impacta na área produtiva de injeção plástica numa indústria do ramo automóvel?*

O **objetivo geral** fica definido em: Demonstrar, a importância da metodologia SMED na indústria automóvel quanto à sua performance e combate ao desperdício.

Para sustentação do objetivo geral, traçam-se os seguintes **objetivos específicos**:

- i. Apresentar a evolução do TPS ao conceito *lean thinking*;
- ii. Apresentar os conceitos e ferramentas do LM;
- iii. Aprofundar a metodologia SMED;
- iv. Aplicar a metodologia SMED a um caso real da indústria automóvel;
- v. Discutir os resultados obtidos e compará-los com outros estudos realizados no mesmo âmbito.

Para conseguir atingir os objetivos propostos, é adotada uma **metodologia** geral de investigação com base na abordagem de Campenhoudt et al., (2019) que, dado o seu alcance, se aplica a todo o tipo de trabalhos científicos em ciências sociais, seguindo um procedimento em três atos e sete etapas.

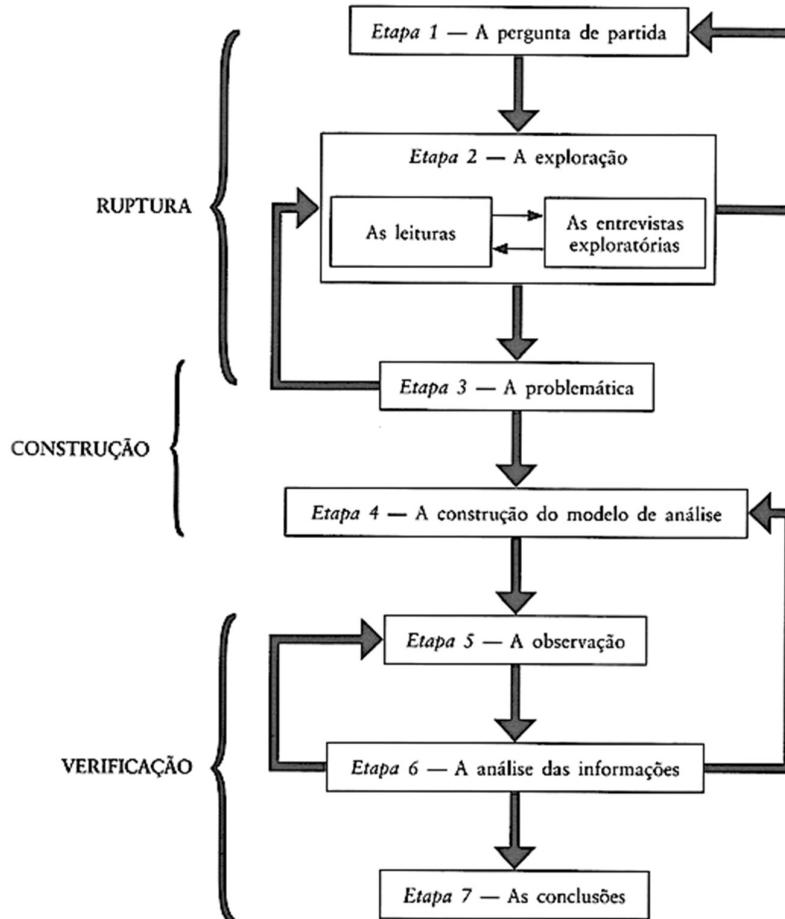
Na Figura 1 representa-se graficamente as etapas sequenciais do procedimento científico, segundo Campenhoudt et al., (2019).

A rutura é o primeiro ato. Tem como objetivo romper com preconceitos e com as falsas evidências que originam ilusões de compreensão das coisas. Nas ciências sociais todos os indivíduos apresentam um “saber” pré-concebido, teórico e subjetivo, contudo comportam normalmente armadilhas, tendo em conta que na maior parte das vezes, estão fundamentados em ilusões e preconceitos (Campenhoudt et al., 2019).

A construção é o segundo ato. É criada pelo investigador uma representação teórica, baseada na convicção própria com foco no fenómeno. É desta forma que se cria um plano de investigação, tendo como base o quadro teórico de referência, onde são definidas as operações a executar e prevendo os resultados esperados no final. Não há lugar a qualquer experimentação válida sem a construção teórica. O ato da construção

assenta num trabalho racional, com fundamento na lógica e conceitos validamente constituídos (Campenhoudt et al., 2019).

**Figura 1.** As etapas do procedimento.



Fonte: Campenhoudt et al., (2019, p. 31).

A verificação é o terceiro ato. É quando se fundamenta a experimentação, dando o caráter científico. A permanente interação e interdependência dos três atos do procedimento científico permite que sejam consistentes numa abordagem científica (Campenhoudt et al., 2019).

É definida a *pergunta de partida* que origina a investigação através de critérios de precisão (serem inequívocos, de exequibilidade (maturação e os meios disponíveis para a investigação) e de pertinência (ter relevância).

Torna-se relevante para a investigação a realização de uma extensa e criteriosa revisão bibliográfica sobre o tema abordado tendo como finalidade responder ao objetivo

geral bem como aos objetivos específicos, com a consulta de livros, capítulos de livros, artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutoramento. De igual modo, foram consultados diversos *websites* dando corpo à *problematização* que permitiu a consciencialização de aspetos do problema.

Construiu-se então o modelo de *análise*, passando à *observação*, com a análise dos dados apurados em sede de *análise de informações*. É nesta etapa que se extraem as *conclusões* do estudo, realizando uma sequência lógica e racional para a definição da importância dos pilares do TPS, relacionando-o com as evoluções a que foi sujeito ao longo do tempo, o conceito do LM, como sistema de produção evolutivo do conceito TPS, com a demonstração dos seus atuais pilares, com foco principal na metodologia SMED, enquanto constituinte do JIT.

Assim, na revisão de literatura adota-se uma ‘revisão crítica’ que apresenta um carácter narrativo, conceptual e cronológico, em que a seleção dos estudos e a interpretação das informações podem estar sujeitas à subjetividade dos autores que é aqui limitada pela empresa e área objeto de estudo (Booth, 2016; Galvão et al., 2004).

O seu carácter narrativo ou tradicional apresenta uma temática mais aberta, pelo que: (i) não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a pesquisa e análise crítica da literatura; (ii) não tem nenhum requisito formal para apresentar os métodos de investigação, síntese e análise; (iii) permite avaliar criticamente a literatura; e (iv) analisar a perspectiva das escolas de pensamento concorrentes (Booth, 2016; Grant, & Booth, 2009).

Tem como objetivo demonstrar uma investigação extensa, mas não exaustiva, e uma avaliação crítica de qualidade aplicada ao caso de estudo, permitindo incluir um grau de análise e inovação conceptual que, no geral, resulta em hipóteses ou num modelo de aplicação (Booth, 2016; Galvão et al., 2004).

Assim, ir-se-ão identificar os itens mais significativos neste campo de aplicação e as contribuições conceptuais adequadas à sua aplicação prática ao caso de estudo.

Neste sentido e conforme afirmam Spann et al. (1999) o SMED ou a rápida mudança de ferramentas é uma técnica fundamental para a persecução do JIT, identificando os seus benefícios em termos de organização e combate ao desperdício.

A sua aplicação prática numa empresa, permitirá a obtenção de dados e análise dos resultados que indicarão as conclusões e futuras discussões.

Esta dissertação está **estruturada** em cinco capítulos.

No Capítulo 1 – Introdução, apresenta e descreve o enquadramento, o problema, a pergunta de partida formulada, os objetivos, a metodologia geral desta dissertação e sua estrutura.

No Capítulo 2 – Revisão da Literatura, onde será investigado os conceitos científicos do TPS e sua evolução, do LM e das suas ferramentas e metodologias focando em profundidade a metodologia SMED, fazendo o respetivo enquadramento teórico com bases teóricas de suporte ao desenvolvimento do caso de estudo.

No Capítulo 3 – Metodologia, onde será aplicada a investigação-ação como método aplicado à construção e desenvolvimento do caso de estudo prático na empresa alvo, aplicando regras definidas sob sequencia lógica, para a demonstração do caso em questão.

No Capítulo 4 – Caso prático, este será caracterizado, desenvolvido, aplicado e acompanhado junto do processo produtivo da área de injeção, conforme definido, para melhor verificação dos resultados após implementação ou ensaio do SMED.

No capítulo 5 – Conclusões, serão feitas através da obtenção dos resultados práticos deduzidos da teoria.

## CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentada uma revisão entre vários modelos de sistemas de produção existentes na indústria automóvel e efetuada uma breve comparação, onde serão referenciadas as suas diferenças e ideologias, para a compreensão das sistematias utilizadas nos vários processos produtivos concorrenciais.

Como a cultura da empresa alvo do caso prático de estudo tem enraizada a cultura TPS, serão apresentados os conceitos do TPS, do LM e as metodologias e ferramentas que são os seus pilares, aprofundando a metodologia SMED, no âmbito conceptual e no impacto da sua aplicação nos processos produtivos, através da demonstração da sua eficácia no combate aos desperdícios e, por consequência, na eficiência da cadeia de abastecimento interna, tornando-a mais enxuta.

### 2.1. Sistemas de produção da indústria automóvel

O sistema de produção de uma empresa reveste-se de grande importância na diferenciação para com os seus concorrentes, permitindo-lhe atingir assim os seus objetivos de uma forma singular, quando comparada com os demais, ganhando uma vantagem competitiva imprescindível nos mercados cada vez mais globalizados (Schmidt, 2019).

Os sistemas de produção são responsáveis pela agregação de valor aos produtos, incluindo no seu funcionamento os trabalhos necessários para operacionalizar a cadeia de transformação desde a matéria-prima até ao produto final (Schmidt, 2019).

Ao trabalho desenvolvido pelos recursos humanos, fundamentais para a adição de valor aos processos produtivos das empresas, são ainda envolvidos os meios produtivos e auxiliares, ou seja, o conjunto de recursos necessários para a produção, incluídos nos sistemas adotados por cada empresa que, assim, estruturam os processos, com procedimentos definidos e padrões estabelecidos, baseados na respetiva estrutura organizacional e social, dando corpo às regras definidas por cada cultura organizacional (Schmidt, 2019).

Os sistemas de produção têm evoluído e apresentado variantes ao longo dos tempos, sendo os mais conhecidos os Sistemas de Produção: i) em Série ou Fordista; ii) Toyota (TPS); iii) Volvo (VPS); e iv) Hyundai (HPS) (Schmidt et al., 2023).

O *Sistema de Produção em Série* ou *Fordista* surge em 1913 com Henry Ford, para atender à necessidade de um mercado cada vez mais consumista e que passou de

uma produção realizada por trabalhadores muito especializados criando peças únicas e personalizadas, para uma produção onde os trabalhadores desempenham tarefas padronizadas, sem uma especialização muito evoluída, mas com acesso a equipamentos evoluídos, mantendo as suas tarefas no estritamente estabelecido pelos procedimentos do processo. Este sistema permitiu combater o desperdício de tempo, com o impacto da introdução de tecnologia mais evoluída, mantendo o parque de máquinas na sua saturação máxima, ou seja, sempre em funcionamento, originando stock e utilização de mão-de-obra extra, de forma a não abrandar o fluxo produtivo (Schmidt et al., 2023).

A evolução dos tempos, a nível social e económico, deixou obsoleto o sistema de Produção em Série, dado o sistema rígido que representava, com a produção efetuada sempre da mesma forma e para o mesmo produto. Este sistema começou a sentir dificuldades ao nível da qualidade exigida e do aumento dos custos associados ao processo produtivo. Face a este cenário surge a necessidade de ir ao encontro do mercado em evolução, adotando sistemas que permitam a rápida resposta ao menor custo possível, gerindo os recursos de uma forma bem apertada, no que respeita aos desperdícios (Schmidt, 2019; Schmidt et al., 2023).

É neste contexto que surge o *Sistema de Produção Toyota* (TPS) que ganha terreno e importância no mundo industrial, em especial no ramo automóvel, com os seus conceitos de LM e de melhoria contínua. O TPS está muito focado na capacidade intelectual de toda a estrutura da empresa em resolver e ultrapassar os desafios de qualidade do produto, orientando as equipas para a mitigação de custos desnecessários e aumento do poder de resposta à necessidade do consumidor, diminuindo os lotes de fabrico. É um combate incessante ao desperdício de extra produção ou de tempo de produção para excesso de stock, ou seja, o *MUDA*. Surge então uma importante ferramenta no conceito do TPS que permite evitar o desperdício de tempo e extra stock, permitindo a produção do componente certo, na quantidade certa e no tempo certo que impacta fortemente nos desperdícios da operação, ou seja, o JIT (Schmidt, 2019; Schmidt et al., 2023).

Acompanhando também a evolução dos tempos, com a obsolescência do Sistema Produção em Série e no percurso da crise do petróleo dos anos 1970, surge na Suécia, através de um grupo de indústrias, a necessidade de criar uma alternativa de sistema de produção, criando assim o *Sistema de Produção Volvo* (VPS). Esta alternativa tem como base os aspetos humanos e tecnológicos, dando a possibilidade de os operadores realizarem tarefas menos repetitivas. É neste cenário sociotécnico que é criado o Homem

Reflexivo, caracterizado por indivíduos com capacidade intelectual desenvolvida, motivando a tomada de decisão dos grupos de trabalho e dando a possibilidade de crescimento na própria organização. Contudo este sistema não foi eficaz dado que a estratégia sociotécnica não permitiu competir com os demais concorrentes, limitando a sua produtividade. O VPS procura a excelência nas operações de forma a atingir a melhor performance, tendo como base seis prioridades: i) Segurança; ii) Qualidade; iii) Entrega; iv) Custo; v) Estabilidade dos seus processos; e vi) Pessoas. Estas prioridades deram lugar a abreviação SQDCEP. O VPS é ainda estruturado em 5 princípios base: i) Trabalho de equipa; ii) Estabilidade de processo; iii) Produção com qualidade; iv) Melhoria contínua; e v) JIT – Fluxo contínuo (Nobrega, & Kubo, 2020).

Com a grave crise económica de 1997 e 1998, a Hyundai sentiu a necessidade de criar o *Sistema de Produção Hyundai* (HPS) que atendesse às dificuldades e necessidades de atender ao mercado. Neste contexto o HPS, com uma orientação para a modularização e engenharia e tecnologia muito focada na automação dos processos produtivos, retira a importância da necessidade da mão-de-obra nos processos e operações. Este Sistema de Produção considera a substituição do trabalhador pela máquina com a Inteligência Artificial ao dispor dos processos produtivos. Os princípios de base do HPS são: i) Tecnologia e Engenharia focadas na automação; ii) Modularização; e iii) *Just in Sequence* (na sequência correta) (Saltiel, & Nunes, 2017).

No Quadro 1, na página seguinte, Schmidt et al. (2023) fazem uma análise crítica entre vários sistemas de produção baseados na sua comparação com vários princípios, tendo verificado diferenças entre os vários sistemas, onde as mais significativas aparecem quando se comparam os princípios em que cada sistema é alicerçado.

Assim, nesta análise aparece o sistema Ford muito focado nos altos volumes de produção com custos muito baixos, deixando os operadores fora de qualquer decisão ou participação no processo, em que são somente especialistas da tarefa no processo de transformação (Schmidt et al., 2023).

Schmidt et al. (2023) mostram ainda que o sistema Toyota se apresenta mais focado na automatização dos processos, com envolvimento dos colaboradores nas atividades de decisão e de melhoria contínua, na busca incessante do combate ao desperdício.

**Quadro 1.** *Análise crítica de Sistemas de Produção.*

Sistemas de Produção	Ford	Toyota	Volvo	Hyundai
<b>Princípios</b>				
<i>Mecanização</i>	Alta	Média	Média	Alta
<i>Engenharia</i>	Importante	Importante	Importante	Prioritária
<i>Mão-de Obra</i>	Especialistas	Especialistas e generalistas	Especialistas e generalistas	Especialistas
<i>Estandarização</i>	Alta	Média	Média	Alta
<i>Gestão</i>	Empurrada	Puxada	Puxada	Empurrada
<i>Flexibilidade</i>	Baixa	Alta	Alta	Alta
<i>Ergonomia</i>	N/A	Aplica	Aplica	N/A
<i>Melhoria contínua</i>	Leaders	Todos	Todos	Engenharia
<i>Autonomia do operador</i>	Baixa	Média	Alta	Baixa
<i>Modularização de produtos</i>	Não	Não	Não	Sim
<i>Valorização dos colaboradores</i>	Baixa	Alta	Alta	Baixa
<i>Relação com fornecedores</i>	Vários escolhidos com base no custo	Relação de cooperação a longo prazo	Relação de cooperação a longo prazo	Relação de curto prazo com foco na redução de custo
<i>Princípios do sistema</i>	Altos volumes de produção ao mais baixo custo	<i>Just-in-Time</i> e automatização dos processos	Refletiva e sociotécnica	Automatização orientada para a modularização e engenharia

Fonte: Adaptação de Schmidt et al. (2023, p. 4).

Mostram também que o sistema Volvo está com uma base muito focada nos seus colaboradores, dando expressão aos seus processos com base na colaboração dos seus operadores, envolvendo-os em todas as fases como base importante no processo de decisão (Schmidt et al., 2023).

Já o sistema de produção Hyundai define-se como o mais automatizado, concentrando o seu foco na engenharia e nos processos automáticos, tornando os seus colaboradores apenas especialistas das tarefas que desempenham (Schmidt et al., 2023).

Segundo Nobrega e Kubo (2020) é no sistema de produção Toyota que o mundo da indústria automóvel mais se identifica, como sistema a adotar nas várias culturas empresariais dos *players* universais. Este facto deve-se à sua criação, fundada num estudo realizado pelo engenheiro Eiji Toyoda, em 1950, aquando da sua visita de três meses à fábrica de produção em massa da Ford. No seu regresso ao Japão, elaborou um relatório que em conjunto com o seu especialista em produção, Taiichi Ohno, criando o sistema de produção flexível, mais conhecido pelo *Toyota Production System* (TPS). Desta forma, deram origem a uma das mais eficientes empresas automobilísticas até aos dias de hoje, a Toyota, sendo um ponto de referência para o mundo da indústria automóvel.

## 2.2. TPS (Toyota Production System)

A *Toyota Motors Corporation* foi fundada pelo Kiichiro Toyoda em 1937, lançando o primeiro veículo uma década depois (Pinto, 2014).

Posteriormente, na década de 1950, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram e desenvolveram o Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System* – TPS). Estes visionários, com a implementação do TPS, tiveram como principal objetivo o combate ao desperdício, através de técnicas para produção de pequenos lotes, redução dos stocks de produto final e em curso de fabrico, com foco na qualidade e na manutenção preventiva, entre outros (Filho, & Fernandes, 2004).

Este sistema tem como base a utilização otimizada de todos os recursos das organizações, tal como, mão-de-obra, tempo útil de máquina e utilização de matérias-primas (Rodrigues, 2016).

Ohno (1997) refere que para entender as organizações ocidentais tidas como competidores no mercado, um dos primeiros passos é a avaliação dos processos, das atividades e das estratégias das organizações, através da realização de um *benchmarking* (comparação com os melhores na área) com as empresas americanas. Desta forma reconhece-se o impacto na cultura organizacional com o objetivo de promover melhorias nos sistemas internos, adaptando-se às realidades observadas. A Toyota, sempre a pensar em melhoria contínua, ensina e reforça todo o seu sistema de valores, atuando com inovação, na busca incessante das causas principais dos problemas, recorrendo a factos concretos.

A evolução e desenvolvimento do TPS foi seguida da evolução económica e social, através de grandes mudanças verificadas ao longo do tempo e durante as últimas 5 décadas, sendo originadora de uma grande mudança da filosofia organizacional, indo para além dos processos produtivos (Pinto, 2014).

Womack e Jones (1996), depois de uma década a estudar a razão do sucesso das empresas nipónicas, criam o termo *lean thinking* de forma a identificar a evolução do TPS com os novos conceitos desenvolvidos no decorrer da década de 1990.

O *Lean Manufacturing* (LM) é popularizado no ocidente através do estudo realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que descreve, de forma abrangente, todo o sistema de negócios, desenvolvimento de produtos, gestão de fornecedores e de consumidores da Toyota, gerindo toda a cadeia de abastecimento desde a matéria-prima até ao produto final. É através deste estudo que o LM tem sido o modelo

de gestão adotado pelas empresas na tentativa de aplicar as práticas do TPS, com o objetivo de atingir os níveis de excelência da Toyota (Womack et al., 2007).

### 2.3. Do TPS ao conceito Lean Thinking

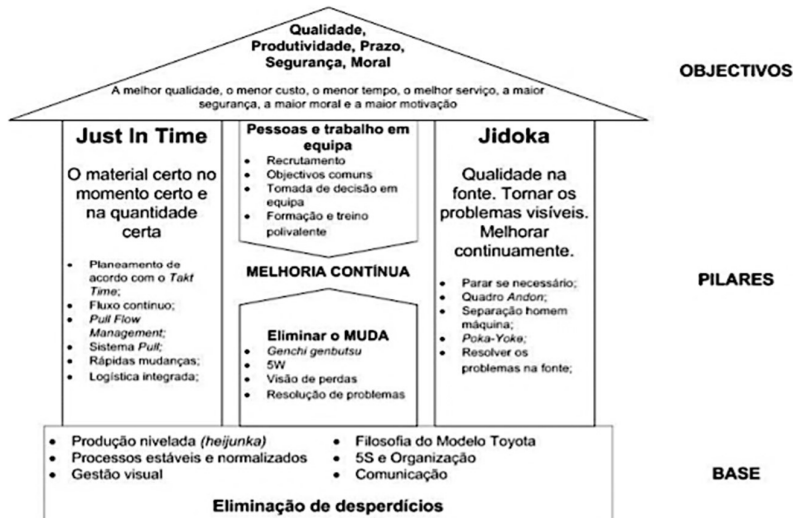
Um dos conceitos de gestão que está implícito no *lean thinking* ou ‘pensamento magro’ é o TPS que se iniciou nos anos 1940, conduzido por Taiishi Ohno onde, pouco mais tarde, Shigeo Shingo seguiu as suas pegadas (Pinto, 2014).

Monden (2015) refere que o TPS consiste numa filosofia sustentada em dois grandes “pilares”, o JIT e a automação dos processos. Tem como base na sua origem o método racional de como fabricar os produtos tendo em conta a eliminação de todos desperdícios que não adicionem valor ao produto e com isto a redução de custos desnecessários, aumentando a produtividade dos seus processos e a competitividade dos produtos em relação à concorrência.

Normalmente associa-se o TPS a uma construção esquemática composta por todas as suas metodologias, como se tratasse dos componentes de construção de uma casa, onde se definem vários componentes diferenciados, associados por analogia ao chão, pilares e telhado de uma casa, contudo dependentes uns dos outros, pois são os pilares de suporte de todo um sistema (Liker, 2004).

Na Figura 2 mostra-se a Casa do TPS, onde há uma sequência lógica de base, alicerces e telhado, identificando assim todos os aspetos fundamentais da filosofia Toyota com os seus valores simples e imutáveis (Liker, 2004).

Figura 2. Toyota Production System (TPS).



Fonte: Adaptado de Liker (2004, p. 51).

Pode ainda ser visualizada na Figura 2 a construção metódica e uniforme, com um sentido claro de estabilização dos processos e de redução das possibilidades de variabilidade nefasta para o desempenho e performance dos processos (Liker, 2004).

O sistema TPS foi idealizado para disponibilizar soluções e ferramentas para as pessoas que trabalham nos processos produtivos de forma a promoverem a melhoria contínua. O TPS é muito mais que ferramentas e soluções de melhoria contínua, é uma filosofia de vida, é toda uma cultura. As empresas são feitas pelas pessoas, logo serão elas que irão estar na frente da melhoria contínua, permitindo assim aumentar a performance dos processos produtivos, com a redução de custos produtivos e a identificação dos problemas. É no sentido de pertença da filosofia TPS demonstrado pelas pessoas que nela trabalham que a empresa beneficia como um todo, dado que são elas as primeiras a zelar pela produção fluída e ausente de desvios, desperdícios e gargalos. Este sistema promove a inclusão de todos os trabalhadores em projetos de melhoria, aumentando a autonomia participativa de cada um, sendo uma força poderosa de promoção à performance (Pinto, 2014).

Com a evolução do TPS, na década de 1990, conhecida como LM, chega-se, nos dias de hoje, à recente filosofia de gestão empresarial de *lean thinking* acrescentando mais dois pilares à “Casa do TPS”. O primeiro pilar é a cadeia de abastecimento, envolvendo todas organizações implicadas na produção de produtos ou na prestação de serviços. Não se pode apenas limitar o *lean thinking* à empresa, pois esta filosofia é disseminada por todas as partes interessadas (*stakeholders*), como forma de maximizar o valor da cadeia. O segundo pilar é o serviço ao cliente (*customer service*), conceito valorizado a partir da década de 1990, e que parte do princípio de que a razão de cada organização é o cliente, para o qual esta se coordena na obtenção da criação de valor. O serviço prestado ao cliente é cada vez mais apreciado, sendo um fator de diferenciação e de percepção, face aos demais concorrentes (Pinto, 2014).

Na Figura 3 apresenta-se a inclusão dos dois novos pilares na “Casa do TPS” na perspetiva do edifício *lean thinking*, onde se verifica que o “telhado” tem uma perspetiva mais abrangente, transformando o TPS, relacionado essencialmente com a indústria de produção, em objetivos mais agregadores, envolvendo o maior número de pessoas possível, incluindo os fornecedores e clientes, no decorrer do processo produtivo para assim promover uma mudança cultural dentro das organizações (Pinto, 2014).

Figura 3. O edifício lean thinking.



Fonte: Adaptado de CLT (2008).

Os dois pilares que se adicionam à “Casa do TPS”, segundo o CLT (2008), são:

- i. Gestão da Cadeia de Abastecimento (*Supply Chain Management*) – a cadeia de abastecimento adiciona o envolvimento de todas as organizações envolvidas no fabrico ou na prestação de serviço na cadeia de valor que é criada para o cliente final. O *Lean Thinking* não deverá ser apenas aplicado como filosofia na empresa, deverá ser aplicado por todos os *stakeholders* de forma a maximizar o valor para o cliente. Os grandes desafios apresentados na aplicação da filosofia *Lean Thinking* são: a) colaboração entre todas as partes; b) sincronização e sintonia com o cliente final; c) redução de tempos e custos; d) flexibilidade de toda a cadeia de abastecimento; e e) reatividade crescente às mudanças.
- ii. Serviço ao Cliente (*Customer Service*) – conceito que a partir dos anos 1990 começou a ser mais notado e incorporado nas principais filosofias. A principal razão da existência das organizações é o cliente, pois todo o esforço na criação de valor produzida pelos processos são com a intenção clara de satisfazer o cliente final onde o serviço prestado é cada vez mais valorizado pelo cliente, logo torna-se um ponto crítico a ter em conta pelas organizações.

O *lean thinking* tem mais de 50 anos como conceito, mas dada a conjuntura global, é cada vez mais reconhecido e aplicado e cultivado pelas empresas que se encontram

estranguladas, a fim de conseguirem baixar os seus custos sem que para o efeito tenham de baixar a qualidade e o serviço aos clientes. Estes clientes, com todas as tecnologias ao seu dispor, estão cada vez mais distantes das empresas, dando cada vez mais importância à melhor proposta de valor para si, pelo que as suas escolhas serão feitas para as empresas mais competitivas, tendo em conta os custos, o serviço e a qualidade. A filosofia *lean thinking* permite novas oportunidades de adaptação das organizações ao mundo cada vez mais competitivo e inconstante (Pinto, 2014).

A evolução do conceito LM, desde a sua criação na década de 1940 até aos dias de hoje, pode ser caracterizado em três fases distintas:

- i. A fase da *criação*, também denominada como *Basic Lean Enterprise System* (BLES) (Bozdogan, 2010).

Emerge a partir das conquistas de Henry Ford, com o desenvolvimento e a prática de conceitos científicos relacionados com a gestão de produção no início do século XX nos Estados Unidos. Foi nesta base que foi criado o TPS, reconhecido e adotado mais tarde em todo o mundo (Ohno, 1988);

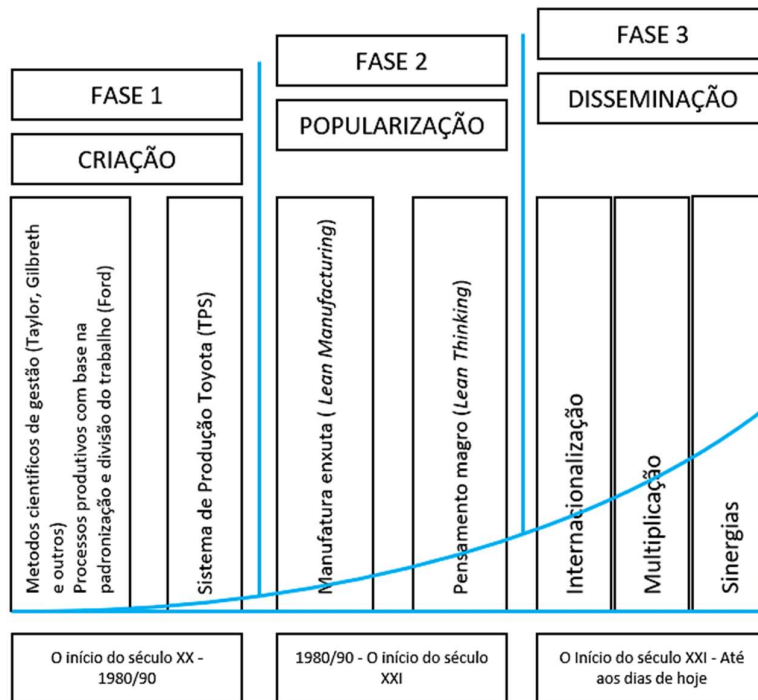
- ii. A fase da *popularização*, também denominada como *Contemporary Lean Enterprise System* (CLES), inicia-se na década de 1990, com a popularização mundial da TPS muito impulsionada pelo contributo de James P. Womack que descreve e interpreta a experiência japonesa (Bozdogan, 2010).

O termo LM foi fortemente estudado e divulgado, académica e cientificamente, originando uma clara aproximação de um método de organização de produção a uma filosofia para atingir a excelência em quase todas as atividades dos processos, o *lean thinking* (Womack, & Jones, 1996; Womack et al., 2007);

- iii. A fase da *disseminação* é a fase onde o mundo moderno está a observar, a estudar e a promover a disseminação das ideias LM aplicadas a diferentes culturas. As ideias *lean thinking* aplicam-se em todas as áreas de negócios e em conjunto com outros conceitos associados permite potenciar a eficiência dos processos, seja na produção dos produtos como na prestação de serviços. Esta é a etapa da internacionalização através da disseminação, multiplicação e criação de sinergias (Kurganov et al., 2021).

Na Figura 4 mostra-se o esquema conceptual da evolução do *lean thinking*, segundo Kurganov et al. (2021).

Figura 4. Esquema conceptual da evolução do lean thinking.



Fonte: Adaptado de Kurganov et al. (2021, p. 312).

O recente abrandamento da economia mundial, nomeadamente na indústria automóvel, a partir de 2018 quando enfrentou um decréscimo nas vendas e a que acresce o agravamento em 2019 com a crise relativa ao COVID-19. As empresas enfrentaram um decréscimo em 2020 das suas vendas em 23,7% (Observador, 2021).

A indústria automóvel enfrenta hoje novos paradigmas, tais como, a partilha de carro como meio de transporte, a eletrificação dos automóveis, a emergência de novas tecnologias e as novas empresas que anunciam concorrência aos utilizadores de veículos automóveis, pondo à disposição novos meios de transporte, em linha com a sustentabilidade do meio ambiente e atendendo às restrições para reduzir a pegada ecológica. Todos estes novos paradigmas formam um ambiente hostil para toda a indústria automóvel, em constante competição, estendendo-se a todos os fornecedores desta indústria. Neste cenário, as empresas têm de se reestruturar, emagrecendo a sua estrutura e baixando os seus custos relativos ao funcionamento dos processos com o combate incessante ao desperdício em todas as suas áreas, visto que começam a sentir dificuldades para competirem no mercado, pondo em causa a sua própria sustentabilidade de forma a garantir a sua continuidade nos mercados (Bastos et al., 2021).

## 2.4. Lean Manufacturing (LM)

No mercado global há, como visto, uma competição entre as empresas pelo ‘seu’ espaço. Com o avanço do século XXI, uma das palavras mais usadas é “globalização” que aparece associada às preocupações, sob a perspectiva económica, dos países desenvolvidos. Existe uma desconfiança quanto à capacidade dos países desenvolvidos em resistir à concorrência mundial imposta pelos países subdesenvolvidos ou emergentes, dado que os custos inerentes à transformação dos produtos serão mais altos nos mais desenvolvidos, tirando assim a sua vantagem competitiva. O nivelamento económico e social entre os países será inevitável, nivelando também os padrões sociais diferenciadores entre as diferentes economias (Siebert, & Klodt, 2001).

De uma forma geral, a competição está no centro da estratégia de negócio das empresas, baseando-se nas metas e objetivos estabelecidos (Porter, 1998).

Nos mercados, onde existam duas ou mais empresas procurando o mesmo objetivo, tal como a venda de produtos ou serviços idênticos ou com o mesmo propósito, o seu comportamento será envolvido e empenhado num ambiente de competição e incluído na estratégia de negócios, moldando a sua interação junto dos seus clientes, sendo a base para o atingir dos seus objetivos (Ford, & Hakansson, 2013; Medlin, & Ellegaard, 2015).

Para se tornarem mais competitivas, as empresas têm de adotar novas metodologias, tal como o LM para combater os desperdícios em todos os seus processos e melhorar todas as operações em termos de eficiência e eficácia, reduzindo todas as atividades que não agreguem valor e custos associados, para aumentar a sua performance financeira (Lopez et al., 2013).

O sistema LM tem como foco o cliente e a sua satisfação, contudo para atingir este desejo, as empresas têm de lidar com as produções de baixo volume, quase artesanais, e com as produções de alto volume. Será com este equilíbrio que terão a flexibilidade nos seus processos de forma a satisfazerem as necessidades do mercado, contudo necessitam manter a sua performance financeira, combatendo assim os desperdícios resultantes dos seus processos (Cunha, & Alves, 2011).

O LM contribui, assim, para a resposta à crise atual dos mercados, utilizando um conjunto de ferramentas e metodologias que quando aplicadas, tornam as empresas mais capazes para competir nos diversos mercados. Todas estas ferramentas e metodologias têm como princípio base a eliminação ou o combate ao desperdício que promove o

aumento da produtividade e da eficiência nos processos de uma empresa (Bastos, & Chaves, 2012; Ohno, 1997).

Para Liker (2004), Manfredini e Suski (2010) e Salgado et al. (2009) são considerados desperdícios quaisquer atividades que resultem como não agregação de valor ao serviço ou produto, mesmo que sejam necessárias as suas realizações.

Liker (2004) e Ohno (1988) identificam 8 tipos de desperdício possíveis:

- i. Superprodução – Desperdício de espaço de armazenamento, utilização desnecessária de energia para a produção, possibilidade de obsolescência, manutenção não prevista, possibilidade de degradação de produtos;
- ii. Transporte – deslocamento, sem valor acrescentado, de pessoas gastando tempo e energia;
- iii. Espera – Operação em tempo de máquina, entrega por parte do fornecedor dos vários produtos na quantidade errada no local não previsto e fora da qualidade esperada, operação parada;
- iv. Movimentação – Fraco desempenho da operação pela desorganização, falta de método e falta de postura ergonómica;
- v. Processamento desnecessário – Adição de tarefas ou operações extra dos ciclos produtivos, de forma a colmatar a ineficiência de equipamentos ou processos para que seja atendida a condição esperada do produto;
- vi. Inventário – Custos associados ao inventário não necessário que degrada o serviço de entrega ao cliente;
- vii. Retrabalho – Relaciona-se com as tarefas ou operações realizadas no produto para recuperar de um defeito verificado após a sua produção. Mão-de-obra, armazenagem desnecessária, movimentações não previstas, utilização não prevista de equipamentos e segregação de produtos no processo são as principais razões de custos não previstos;
- viii. Talento – A falta de utilização das pessoas e da sua capacidade intelectual que se transforma no subaproveitamento da criatividade e força humana.

## **2.5. As ferramentas do Lean Manufacturing**

O LM não é só uma ferramenta, é também uma filosofia de trabalho que para obter o êxito nas organizações na prossecução dos seus objetivos, necessita de implementar determinadas ferramentas e metodologias, cada uma delas com a sua função específica,

mas que devem ser utilizadas de forma conjunta na detecção, combate e eliminação do desperdício, prevendo também qualquer recorrência (Ogayar, & Galante, 2013).

Algumas das ferramentas e metodologias abordadas são: *Kaisen* (melhoria contínua), PDCA (Plano de ações), 5+1S (organização e método), *Heijunka* (nivelamento), *Standard Work* (trabalho padronizado), *Jidoka* (automação), *Poka-Yoke* (anti erros), *Just-in-time* (fluxo contínuo), Sistema *Kanban* (sistema de fluxo de trabalho), *Value Stream Mapping* (mapeamento do fluxo de valor), *Waste Identification Diagram* (diagrama de identificação de desperdício), TPM (manutenção total produtiva) e o SMED (mudança rápida de ferramentas).

### **2.5.1. Kaizen (melhoria contínua)**

Palavra japonesa *Kaizen* significa melhoria contínua. É uma filosofia que o LM incute nas organizações, tal como, o melhoramento diário em busca da redução de custos e do aumento da qualidade dos produtos ou serviços com o objetivo de manter todos os *stakeholders* satisfeitos (Pinto, 2014).

Pinto (2014) descreve que o *Kaizen* é composto por três fases:

- i. encorajar as pessoas a aprenderem através da tentativa erro, pois assim podem perder o receio de errar, encorajando-as a participarem na melhoria contínua;
- ii. incentivo à recompensa pela participação das pessoas em atividades de melhoria continua com a identificação e se possível resolução dos problemas que surgem no decorrer da sua participação nos processos. Promove-se ainda a autonomia, dado que, serão as pessoas as maiores conhecedoras dos processos ou equipamentos que estão a usar no decorrer do processo produtivo que resolvem os problemas que surgem, sem que para isso seja necessária a participação dos supervisores;
- iii. incentivar as pessoas não só a identificar problemas e resolvê-los, como também melhorar os processos de modo a prevenir qualquer recorrência dos problemas.

Estas melhorias contínuas têm como suporte a utilização do Ciclo PDCA, de forma repetitiva, até à solução do problema (Pinto, 2014).

#### **2.5.1.1. Ciclo PDCA**

A ferramenta PDCA (*Plan, Do, Check and Act*) é uma ferramenta de fácil entendimento e aplicação, servindo de guia ao *Kaizen*. Prática e metódica para a análise,

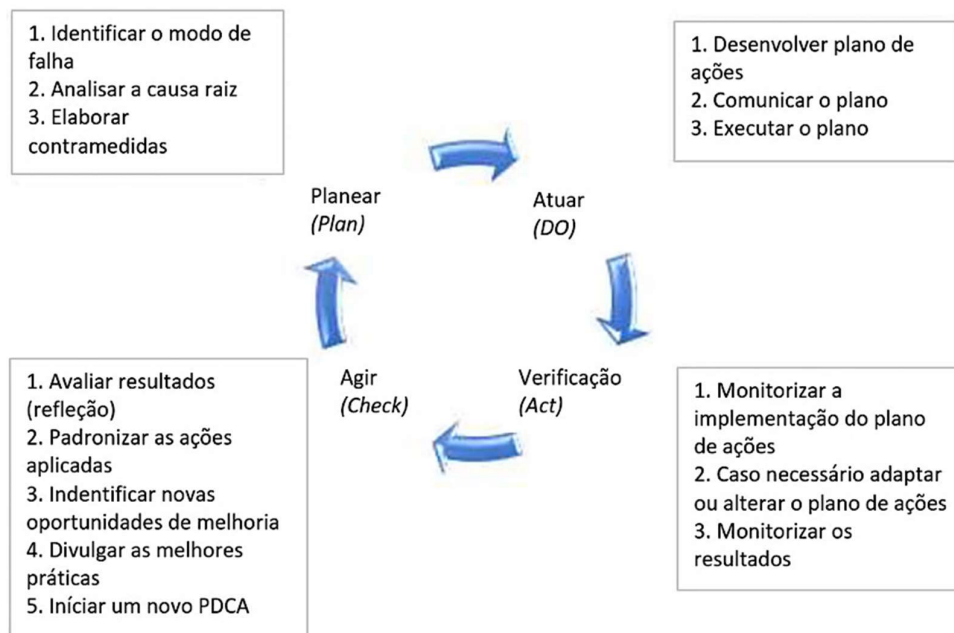
aplicação de ações, verificação da eficácia e a possível aplicação a outros locais similares, padronizando (Pinto, 2014).

A ferramenta PDCA, segundo Miranda (2020), é dividida em 4 fases constituintes do seu ciclo contínuo promovendo o *Kaizen*. Estas fases são:

- i. *PLAN* (Planear) – Definir o problema e qual ou quais as causas raiz para a sua ocorrência;
- ii. *DO* (Atuar) – Aplicar as ações definidas após análise das causas raiz e recolha de dados ocorrentes da aplicação dessas ações;
- iii. *CHECK* (Verificar) – Analisar os resultados obtidos, comparar com os objetivos definidos, verificar se o problema ficou resolvido ou se será necessária nova abordagem;
- iv. *ACT* (Agir) – Em caso do problema corrigido, padronizar a todas as áreas similares, no caso de o problema permanecer, iniciar novo ciclo PDCA com nova abordagem ao problema.

Na Figura 5 observa-se o ciclo contínuo do PDCA, segundo Liker e Franz (2013), e as várias ações a tomar em cada uma das fases do ciclo.

**Figura 5.** *Ciclo PDCA.*



Fonte: Adaptado de Liker e Franz (2013, p. 27).

Tendo em conta a simplicidade desta ferramenta, a sua utilização está ao alcance de qualquer colaborador da organização, contribuindo assim para a melhoria contínua, aumentando o seu sentido de pertença independentemente da sua formação, categoria profissional ou *know-how* (Pinto, 2014).

### **2.5.2. 5Ss +1Ss**

Ferramenta criada no Japão composta por 5 elementos básicos: i) atuar na organização do posto de trabalho (*Seiri*), ii) ordenar o trabalho (*Seiton*), iii) limpeza no posto de trabalho (*Seiso*), iv) normalização do posto de trabalho (*Seiketsu*) e v) disciplina (*Shitsuke*) (Ogayar, & Galante, 2013).

Segundo estudo do *Integrated Industrial Manufacturing System Laboratory* na *Higher Technical School of Engineering* da *Universidad Comillas Pontifical*, confirma-se a necessidade da existência de um novo “S” de *Safety* ou segurança física (Jiménez et al., 2019).

Este novo “S” de segurança física deve ser aplicado em qualquer posto de trabalho, sendo garantido o controlo do risco de acidente, onde se pretende: i) assegurar a aplicação por parte das pessoas dos regulamentos de segurança, ii) assegurar que os equipamentos cumprem com os requisitos e regulamentos de segurança e, acima de tudo, iii) prevenir o acidente, ou seja, obter zero acidente (Jiménez et al., 2019).

### **2.5.3. Heijunka (nivelamento)**

Palavra japonesa *Heijunka* significa nivelamento. Nos dias de hoje é difícil acompanhar o mercado sendo que as suas constantes mudanças e flutuações refletem-se nos processos produtivos, tal como, no *mix* do produto a produzir originando um difícil controlo do processo. A aplicação deste método permite a flexibilização necessária dos processos produtivos de forma a atingir o melhor balanceamento para atendimento às alterações nas previsões e ou pedidos dos clientes. O nivelamento da produção permite ainda a racionalização dos recursos de forma que sejam distribuídos de forma igual nas tarefas a realizar ao logo de cada processo produtivo, colocando a abordagem aos problemas de uma forma mais controlada. Para este nivelamento é considerado o volume total da procura de forma a distribuir de forma equilibrada a carga de trabalho pelos processos produtivos no chão de fábrica tendo em conta o *mix* e o volume procurado (Pinto, 2014; Suzaki, 2010).

A Figura 6 mostra a flexibilização da produção (*Heijunka*), segundo Surajmech (2020), necessária para atender o cliente, tendo em conta o nivelamento do *mix* a produzir atingindo o LM.

Figura 6. *Heijunka*.



Fonte: Adaptado de Surajmech (2020, p. 9).

#### 2.5.4. *Standard Work* (trabalho padronizado)

O *Standard Work* (SW) ou Trabalho Padronizado é uma ferramenta que vem na sequência da produção nivelada. Tendo o conhecimento dos tempos de ciclo que os processos levam a produzir os produtos e conhecendo os problemas surgidos aquando do nivelamento do processo, fica-se com a oportunidade de criar uma uniformidade / normalização nos processos produtivos (Pinto, 2014; Pompeu et al., 2015).

Desta feita, reúnem-se todas as informações relativas à sequência das operações e documentam-se registando as em base de dados, de forma a serem a base das tarefas a desempenhar longo do processo, de uma forma normalizada ou *standard*, isto é, executar sempre da mesma forma, com as mesmas ferramentas e com o conhecimento e comportamento adequado às diversas situações de desvios que possam surgir. É fundamental para o LM a aplicação desta ferramenta, pois irá permitir a reduzir ou anular os desvios relativos ao que foi estabelecido como tarefa. Desta forma evitam-se possíveis custos tendo em atenção o máximo aproveitamento dos recursos de matéria-prima, da mão-de-obra, da utilização dos equipamentos e energia, utilizados no processo produtivo, beneficiando a performance dos processos produtivos (Pinto, 2014; Pompeu et al., 2015).

O SW, segundo o CITEVE (2012), possui um conjunto de três elementos base, que são:

- i. Tempo de ciclo – tempo utilizado para a execução de cada etapa do processo produtivo seja concluída;
- ii. Sequência de produção – ordem lógica com que se executa cada uma das tarefas para finalizar cada etapa ao longo do processo produtivo;
- iii. Nível de *work in process* (WIP), ou seja, produto em curso de fabrico – stocks máximos existentes no decorrer das várias tarefas, quando se verifique ausência de variabilidade no processo produtivo.

O SW dos processos, dos materiais e dos equipamentos permite às empresas reduzir os desvios dos processos produtivos, para garantir a qualidade das operações (CITEVE, 2012).

Esta ferramenta está sempre sujeita à melhoria contínua, visto que, sempre que se verificar a entrada de novos produtos, toda a sequência padronizada deverá ser alvo de revisão, adaptando assim as tarefas às novas necessidades e desempenho (Suzaki, 2010).

#### **2.5.5. Jidoka (automação)**

Palavra japonesa *Jidoka* significa automação. É uma ferramenta que permite verificar a qualidade do processo e do produto ao longo da produção. Dota o processo de automatismos que permitem avaliar os possíveis desvios apresentados ao longo do processo produtivo. Desta forma, o *Jidoka* promove a utilização de automatismos, no decorrer dos processos produtivos, que verifiquem 100% da conformidade da qualidade exigida dos produtos produzidos, disponibilizando assim, tempo útil das pessoas afetas aos processos utilizado para tarefas de observação, de inspeções e segregações, utilizando-o assim para outras tarefas de valor acrescentado. Com a implementação de ferramentas *Jidoka* a deteção do processo ou produto com defeito, é imediata, parando de a produção automaticamente de forma que os desvios sejam corrigidos pelos colaboradores ou gestores do processo. O verdadeiro resultado passa, em geral, pelo aumento de qualidade do produto, diminuição de custos, diminuição da mão-de-obra e aumento da segurança no posto de trabalho (Ogayar, & Galante, 2013).

O *Jidoka* necessita de alguns mecanismos e ferramentas adicionais para que seja possível o controlo do processo e dos produtos automaticamente, sem recorrer à avaliação das pessoas (Rodrigues, 2015)

Para que o *Jidoka* funcione é necessário aplicar algumas ferramentas adicionais que permitam a automatização dos processos. A ferramenta mais utilizada no decorrer do processo é o *Poka-Yoke* (Rodrigues, 2015)

#### **2.5.5.1. Poka-Yoke (à prova de erros)**

Palavra japonesa *Poka-Yoke* significa à prova de erros. Ferramenta desenvolvida por Shingeo Shingo na década 1960 com a função sistémica para detetar e evitar erros. Uma das suas principais funções é de parar os processos produtivos assim que for detetado desvios no produto ou processo, atuando na prevenção da ocorrência de erros ao longo dos processos produtivos. O *Poka-Yoke* define-se no processo por dispositivos automáticos de prevenção de erros ou defeitos. O erro humano por distração, ou falhas no processo produtivo por falta de formação adequada às pessoas afetas ao processo são exemplos do que um dispositivo automático *Poka-Yoke* deteta e por consequência previne a ocorrência através da paragem do processo produtivo, para que seja corrigido (Al-Araidah et al., 2010).

O Controlo de Qualidade Zero Defeito (CQZD), segundo Shingo (1986), é uma metodologia que identifica e resolve de forma eficaz os problemas que ocorrem no decorrer do processo produtivo, prevenindo a recorrência, tendo como base 4 pontos:

- i. Inspeção na fonte – Forma de preventiva para eliminar de forma eficaz a ocorrência do problema, pois o controlo é aplicado na origem;
- ii. Inspeção a 100% - Forma de inspecionar o produto a 100% em deterioramento de uma inspeção por amostragem;
- iii. Reduzir o tempo de reação – diminuição do tempo entre a ocorrência do problema e a aplicação de ações de forma a corrigir;
- iv. Reconhecimento das fraquezas – As pessoas estão na origem de problemas no processo originando desvios de qualidade no produto. Este reconhecimento é fundamentado aplicando ferramentas com o *Poka-Yoke*, que permite o controlo dos produtos evitando que o erro se propague até ao produto final.

Os *Poka-Yoke* são classificados pelas diferenças que tem nas suas funções que os regulam e no método que os ativam. As funções que os regulam, segundo Martins (2009), são:

- i. Método de controlo – Quando ocorrem desvios ou erros param o processo produtivo, prevenindo assim a ocorrência do problema. Tem forte função em regulativa,

- maximizando a eficácia para obter o defeito zero. Neste contexto, este método deverá ser sempre considerado, assim os fatores económicos e técnicos o permitam.
- ii. Método de advertência – Utilizam sinalética sonora ou luminosa como advertência às pessoas afetas ao processo produtivo, de que ocorre um desvio ou erro no processo ou produto. Este método não para o processo produtivo, logo a sua função é menos regulativa apresentando fragilidades em obter o zero defeito.

Os métodos que ativam o *Poka-Yoke*, segundo Martins (2009), podem ser três, são eles:

- i. Método de contacto – São utilizados sensores para detetar desvios ou problemas nos produtos
- ii. Métodos de valores fixos – Os desvios são comparados entre as peças a percorrerem o processo e a peça padrão.
- iii. Método de sequência de movimentos – Deteta-se os desvios ao verificar a correta sequência de movimentos realizada no decorrer dos processos. O seu uso deverá ser sempre considerado dado a flexibilidade em utilizar várias aplicações, logo são mais efetivos.

#### **2.5.6. *Just-in-Time* (fluxo contínuo)**

O *Just-in-Time* (JIT) é um sistema que agiliza o processo produtivo a transformar os materiais necessários, otimizando os stocks intermédios e criando um fluxo contínuo entre os processos e materiais. Resume-se em movimentar pequenos lotes no processo produtivo ou a apenas processar uma peça de cada vez. Desta forma atinge-se uma das premissas do LM, considerando que que não será ultrapassado o volume produtivo para além da necessidade do cliente (Villava, 2008).

No sistema JIT, os stocks intermédios, a superprodução e as interrupções de produção não são consideradas (Ogayar, & Galante, 2013).

O sistema considera produzir apenas o que é necessário, quando e onde necessário para que o produto chegue ao cliente com a maior qualidade possível, no mais curto espaço de tempo e com a máxima eficiência possível (Miranda, 2020).

Não é um sistema de fácil adaptação a produções com grande *mix* de produtos, pois requer uma grande flexibilidade do sistema produtivo, aumentando a sua dimensão. Contudo é um sistema que tende a reduzir os custos produtivos, já que diminui de forma

significativa os stocks intermédios, bem como os stocks finais e, conseqüentemente, o espaço ocupado com stocks (Riane, 2006).

Para que o JIT seja eficaz que otimize os processos combatendo os seus desperdícios é necessário aplicar, em conjunto, ferramentas e métodos condutores para o sucesso. Estas ferramentas estão ligadas entre si aos fundamentos do JIT (Pinto, 2014).

#### **2.5.6.1. Sistema Kanban**

*Kanban* é uma palavra japonesa que significa cartão ou etiqueta. É um sistema que tem como objetivo auxiliar os fluxos dos processos produtivos nas mudanças rápidas de gamas de fabrico, evitando impactos negativos nos tempos de espera relativos aos *setups*. É um sistema de gestão visual que permite a gestão ou a perceção de todos os colaboradores sobre o estado dos processos produtivos, controlando detalhadamente o abastecimento ou a disponibilidade de recursos ou componentes necessários para a transformação dos produtos ao longo do processo, nas quantidades necessárias ao desempenho das tarefas de produção (Anderson, & Carmichael, 2017).

Tem impacto no *work in process* (WIP) limitando-o através de entregas apenas nas quantidades, no tempo e nos locais necessários para a realização da tarefa do processo produtivo. Este sistema requer um rigoroso manuseio de toda a organização, em acordo com as regras estabelecidas, e fundamentalmente por parte das pessoas ao processo produtivo (Anderson, & Carmichael, 2017).

Uma das principais características do *kanban* é a contribuição para o conceito *pull flow*, ou seja, é o cliente que puxa a necessidade. Com este sistema, o processo apenas sentirá a necessidade de produzir a peça seguinte sempre e quando o processo a jusante dê o sinal que necessita de ser fornecido. Desta forma as quantidades produzidas serão apenas as necessárias para manter o fluxo do processo a trabalhar sem interrupções (Bastos, & Chaves, 2012).

Toda a informação é gerida visualmente através de cartões físicos ou por sistemas de informação adequados, garantindo toda a informação relativa do lote a produzir e permitindo às pessoas afetas ao processo terem o conhecimento total do novo lote de fabrico que entra na linha de produção. A relação entre cliente e fornecedor vai para além do exterior das organizações e são muito importantes internamente para os processos a montante e a jusante de cada processo ou tarefa produzida (Bastos, & Chaves, 2012).

### 2.5.6.2. *Value Stream Mapping (VSM – mapeamento do fluxo de valor)*

O fluxo de valor tem como foco realizar todas as tarefas essenciais ao fluxo produtivo, garantindo o seu funcionamento quando essas tarefas acrescentam valor ao produto final. Desta forma o Mapeamento do Fluxo de Valor ou *Value Stream Mapping* (VSM) ajuda a compreender e visualizar os fluxos dos diversos materiais e informações ao longo do processo produtivo. Os produtos devem ser mapeados graficamente e monitorizados desde o início da entrada de matérias-primas até ao final do processo pelo produto final (Rother, & Shook, 2003).

O sistema VSM permite compreender, de forma simples, o processo como um todo, através do seu desenho gráfico, habilitando as pessoas a identificarem os desperdícios que de outra forma estariam disfarçados, no sentido de compreender a natureza dos processos e criar futuros VSM mais claros (Liker, & Meier, 2007).

O VSM possibilita a visualização e análise com o objetivo de eliminar o desperdício, focando-se na melhoria dos processos e eliminação das operações desnecessárias que não agregam qualquer valor ao produto (Wilson, 2010).

Na Figura 7 mostram-se as várias etapas deste sistema para que no final surja um plano de ações para combate aos desperdícios identificados. Este sistema pode ocorrer, em todas as etapas, sempre que houver necessidade de melhorar o processo ou quando houver ajustes a efetuar ao processo (Rother, & Shook, 2003).

**Figura 7.** Sistema operativo do Mapeamento do Fluxo de Valor.

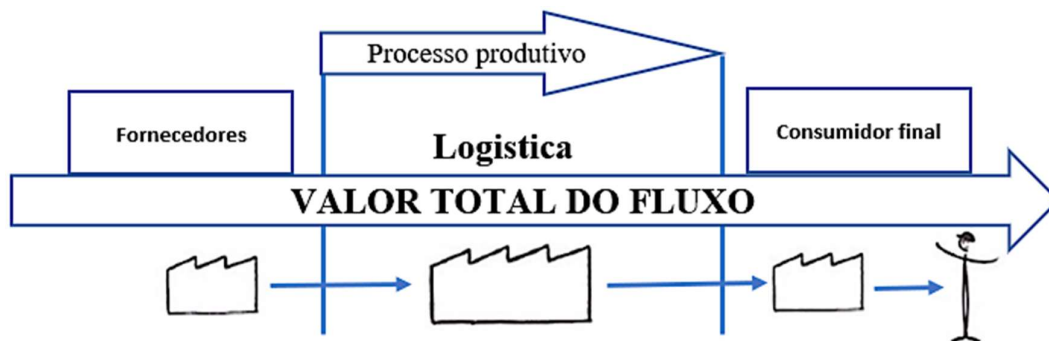


Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 9).

O sistema VSM vai para além dos processos produtivos internos, envolve também os fornecedores externos e os clientes (Santos, & Alves, 2015).

Na Figura 8 apresenta-se a abrangência do sistema VSM para além dos processos produtivos, segundo Rother e Shook (2003), indo para além da própria organização, estendendo-se a montante desde os fornecedores externos e a jusante até ao consumidor final na cadeia de abastecimento.

**Figura 8.** Mapeamento do Fluxo de Valor na Cadeia de Abastecimento.



Fonte: Adaptado de Rother e Shook (2003, p. 3).

A implementação do VSM na cadeia de abastecimento origina uma melhoria na performance, pois a extensão do mapeamento do fluxo de valor a toda a cadeia de abastecimento maximiza as vantagens e diminui as limitações tendo por base o combate ao desperdício (Santos, & Alves, 2015).

### **2.5.6.3. WID - Waste Identification Diagram (diagrama identificação desperdício)**

O *Waste Identification Diagram* (WID) ou diagrama identificação desperdício é uma nova ferramenta desenvolvida pelo Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Surge com a necessidade de ultrapassar algumas ineficiências do VSM complementando-o. Usa uma abordagem inovadora que inclui a utilização física de símbolos num diagrama para transmitir a informação necessária e relevante de uma forma muito intuitiva e rápida (Dinis-Carvalho et al., 2019).

O WID, segundo Dinis-Carvalho et al. (2019), foi desenvolvido com o desafio de ser uma ferramenta capaz de:

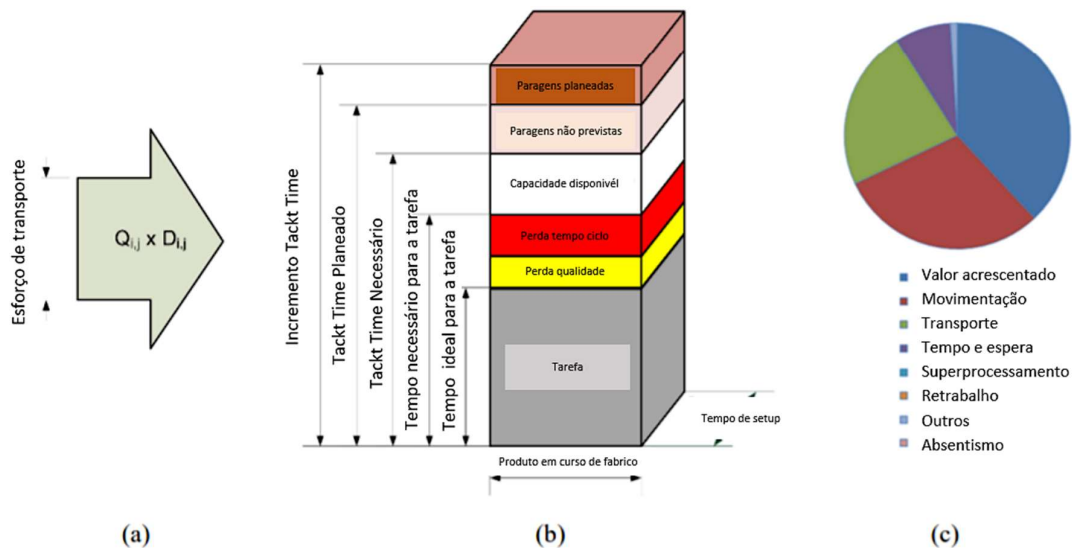
- i. Representar todo o fluxo produtivo da unidade operativa e não apenas o fluxo de uma família de produtos;

- ii. Mostrar todo o desperdício, avaliando-o, de forma visual e muito intuitiva;
- iii. Demonstrar e fornecer informação clara de uma forma visual;
- iv. Demonstrar e fornecer informação relativa à performance do processo;
- v. Ser uma ferramenta de referência para a melhoria contínua.

É essencial que o WID, conforme mostrado na Figura 9, seja composto e representado por esquemas gráficos de blocos, esquemas gráficos de setas e gráficos de circulares em que cada uma destas representações gráficas têm como objetivo, segundo Sá et al. (2011) e Dinis-Carvalho et al. (2019), representar:

- i. setas (a) – O esforço necessário de transporte para movimentar os produtos de postos de trabalho a montante e a jusante de cada tarefa ou micro processo de transformação;
- ii. blocos (b) – Os processos produtivos, seja um posto de trabalho, máquinas, equipamentos ou até mesmo um setor completo;
- iii. gráfico circular (c) – A mão-de-obra utilizada para cada atividade.

**Figura 9.** Esquemas gráficos do Waste Identification Diagram.



Fonte: Adaptado de Dinis-Carvalho et al. (2019, p. 6).

#### 2.5.6.4. SMED ou Single Minute Exchange of Die (troca rápida de ferramentas)

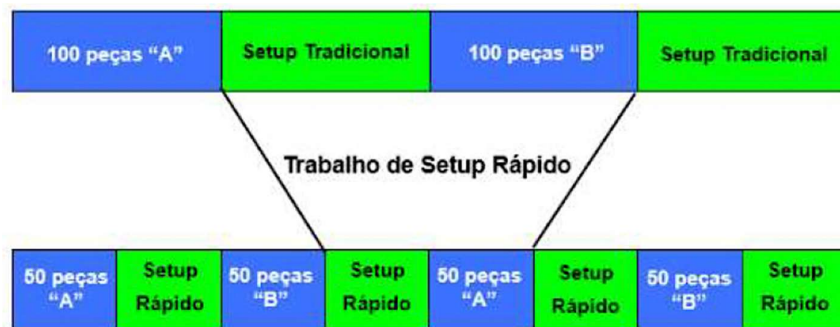
O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou Troca Rápida de ferramentas é uma metodologia que visa reduzir o tempo de *setup* para menos de 10 minutos. Desta forma permite reduzir os stocks em curso de fabrico bem como o tamanho dos lotes a produzir. O SMED usa a padronização de operações de mudanças de lotes de fabrico, com a

utilização de técnicas simples, mas eficazes e de fácil implementação (Barros, & Passos, 2021).

A utilização de SMED permite às empresas melhorar a sua performance na abordagem aos mercados com constantes mudanças e necessidades. A redução do tempo, sendo um desperdício, deverá ser encarada como de extrema importância dada a necessidade de aumentar a performance produtiva. O objetivo principal do SMED é conciliar o processo produtivo de grandes lotes com a produção de lotes de baixo volume, de forma que o processo mantenha um fluxo contínuo (Teixeira, & Buneder, 2020).

A Figura 10 esquematiza a conciliação de grandes lotes de fabrico em pequenos lotes de fabrico mantendo a performance (Teixeira, & Buneder, 2020).

**Figura 10.** Esquema de trabalho rápido de setup.



Fonte: Adaptado de Teixeira e Buneder (2020, p. 30).

Os *setups* não acrescentam valor ao produto, contudo são de extrema importância e necessários para a indústria, pois dependendo do *mix* dos produtos e quantidades a produzir cada vez mais baixas, a rapidez da troca de ferramentas assume um foco muito importante nos processos produtivos das empresas, para que seja garantida a qualidade, a produtividade e a sobrevivência das empresas na sua prestação perante os clientes (Barros, & Passos, 2021).

Reduzindo o tempo de *setup* através da metodologia SMED, melhora-se o indicador de disponibilidade, ou seja, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Barros, & Passos, 2021).

O OEE é o indicador mais utilizado e importante na indústria que indica a eficácia individual dos equipamentos. Foi apresentado por Nakajima no ano de 1988 aquando da introdução do conceito TPS. A fórmula de cálculo é o produto entre a percentagem da disponibilidade do equipamento, a percentagem da performance e a percentagem da

qualidade, tendo como base as peças produzidas. O OEE caracteriza-se pelos seguintes pontos: i) fiabilidade do processo produtivo; ii) análise das ferramentas para obter os tempos ocultos; iii) medição da produtividade do equipamento; iv) relacionamento entre a capacidade de produção real com a realizada; v) benefícios dos equipamentos, pessoas afetadas ao processo, processo produtivo e qualidade; e vi) identificação das causas raiz dos problemas (Dobra, & Jósваи, 2021).

Várias etapas são no geral aplicadas à metodologia SMED, criadas por Shingo, mas que à partida não distinguem as operações a desenvolver com o equipamento parado ou a funcionar. A classificação de todas as atividades de *setup* permite a sua separação em operações de *setup* interno e *setup* externo (Barros, & Passos, 2021).

Chiroli et al. (2019) afirmam que para entender como a metodologia SMED funciona deve-se compreender as duas operações existentes no *setup*:

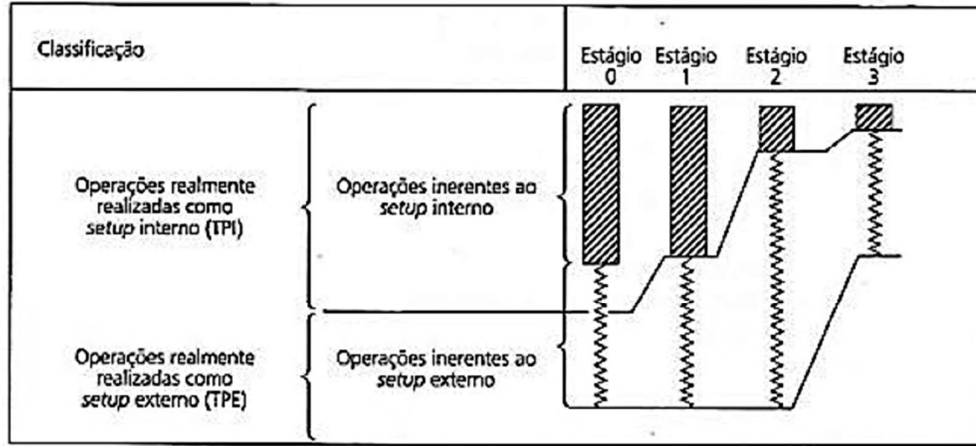
- i. *Setup* Interno – Todas as atividades relativas ao *setup* que podem ser realizadas com a máquina parada (como por exemplo, montagem ou remoção de ferramentas);
- ii. *Setup* Externo – Todas as atividades relativas ao *setup* que são realizadas, sem que as máquinas estejam paradas, ou seja, em funcionamento (como por exemplo, preparação de ferramentas, atividades de manutenção das ferramentas ou moldes, programação prévia de parâmetros dos equipamentos, preparação de meios de *setup*).

Para implementar o SMED, Teixeira e Buneder (2020) afirmam que devem ser considerados 4 estágios conceptuais:

- i. Estágio 0 ou Preliminar – Realiza-se o *as-is* do *setup* atual, recolhendo toda a informação para ter o conhecimento profundo do processo e da sua variabilidade, onde a recolha de tempos de *setup* é imperativa para futura comparação de dados.
- ii. Estágio 1 – Realiza-se a descrição detalhada de todas as tarefas e atividades, registando todos os dados e classificando-as em *setup* externo ou interno.
- iii. Estágio 2 – Realiza-se a análise a toda a informação recolhida relativa às tarefas e atividades de *setup as-is* classificadas como *setup* interno para verificar a possibilidade de passar o maior número possível para operações externas.
- iv. Estágio 3 – Realiza-se o estudo com base no *to-be*, com o objetivo de eliminar todos os desperdícios detetados, reduzir os tempos nas operações de *setup*, reduzir as operações internas realizadas e eliminar algumas operações que não oferecem qualquer valor acrescentado e que serão ações a implementar.

Na Figura 11 ilustram-se os quatro estágios do SMED, propostos por Shingo (2000).

Figura 11. Estágios conceptuais para aplicar o SMED.

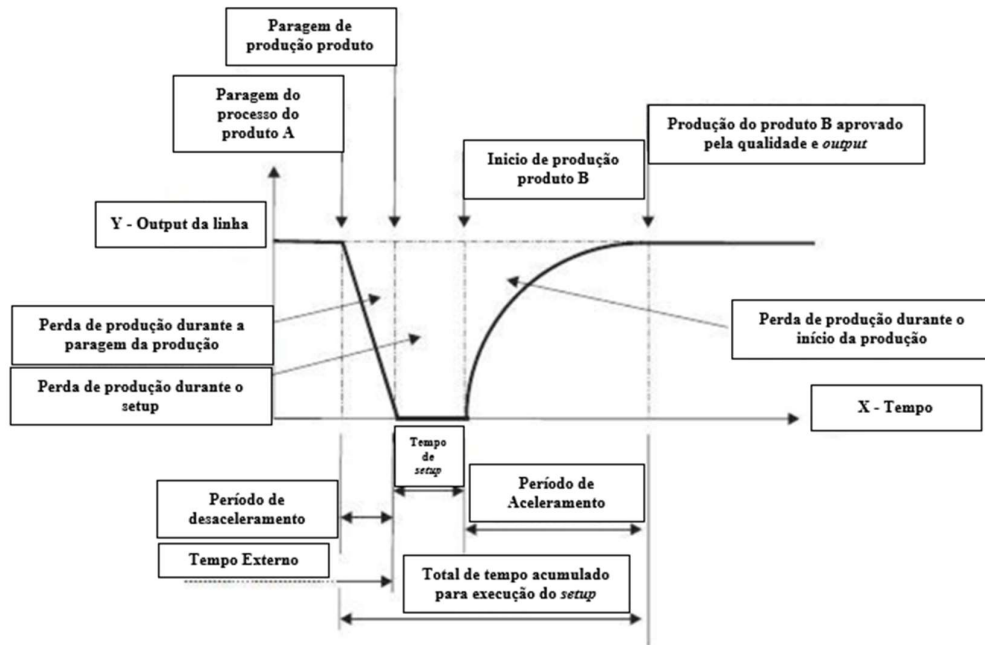


Procedimentos de setup: passos básicos	Estágio 0		Estágio 1		Estágio 2		Estágio 3	
	TPI	TPE	TPI	TPE	TPI	TPE	TPI	TPE
Preparação e verificação funcional das matérias-primas, ferramentas e dispositivos de fixação	~~~~~			~~~~~	~~~~~			~~~~~
Fixação e remoção de matrizes, lâminas, etc.	■		■		■~~~~~		■	
Centragem, dimensionamento, estabelecimento das condições operacionais	■		■		■~~~~~		■~~~~~	
Processamento de teste, ajustes	■~~~~~		■~~~~~		■		■	
Total	■~~~~~	~~~~~	■~~~~~	~~~~~	■~~~~~	~~~~~	■~~~~~	~~~~~

Fonte: Adaptado de Shingo (2000, p. 49).

Na Figura 12 apresenta-se graficamente a perda da produtividade devida ao *Setup*, onde se verifica que existem perdas associadas quando se dá a instrução para a paragem da produção, através da desaceleração entre a decisão de paragem de produção até à última peça produzida com o *setup* atual. Este tempo de desaceleração faz parte do *setup* externo. É a partir deste momento que se inicia o *setup* interno, ou seja, todas as operações que fazem parte do *setup* em que o equipamento se encontra parado. Após finalizar o *setup* interno, inicia-se a produção e novamente o *setup* externo que terá uma aceleração atribuída à estabilidade de processo e produtiva, até chegar à velocidade determinada para a produção do novo produto, originando também desperdício (McIntosh et al., 2007).

Figura 12. Demonstração da perda associada ao Setup.



Fonte: Adaptado McIntosh et al. (2001, p. 7).

Desta forma pode concluir-se que não será apenas o tempo de paragem do equipamento que contribui para a perda, mas todas as tarefas, antes e depois, do *setup* interno que representam performances menores às estabelecidas, contribuindo assim para perdas produtivas. Através do gráfico, pode-se observar que o *setup* é iniciado com a decisão tomada para a paragem do processo A para o realizar até que a produção do produto B esteja na velocidade estabelecida e parametrizada no processo. É neste período que o SMED, no combate ao desperdício tempo, é importante para atingir o objetivo de um dígito por *setup* (McIntosh et al., 2007).

## 2.6. Resumo do capítulo

O *Toyota Production System* (TPS) está em contínuo desenvolvimento desde a década de 1950 até aos dias de hoje, devido no essencial a dois visionários, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno (Filho, & Fernandes, 2004).

O TPS acompanhou as mudanças e evolução da economia, transformando-se num dos mais competentes sistemas de produção que tem como base o combate ao desperdício (Pinto, 2014).

A grande transformação do TPS deve-se a estudos e posteriores adaptações ao mundo Ocidental. O TPS foi profundamente estudado e desenvolvido pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), adaptando as suas metodologias de origem nipónica em filosofias, metodologias e ferramentas com aplicação no mundo industrial, numa primeira fase, nos Estados Unidos da América e Europa e, posteriormente, ao resto do mundo, dada a sua eficácia e eficiência no aumento da performance de quem a adota (Womack et al., 2007).

O TPS dado ao seu sucesso no mundo industrial levou a que muitos dos gestores de outros setores de negócio, iniciassem a sua adaptação à filosofia *Lean*. Como resultado, a nomenclatura da filosofia evolui para o *Lean Thinking*, tornando-se mais abrangente e iniciando a expansão a outros setores do mercado, tal como o dos Serviços. Esta evolução da filosofia origina também a preocupação dos mercados industriais e a prestação de serviços com todos os *stakeholders* envolvidos, interna e externamente (Pinto, 2014).

No mercado cada vez mais globalizado, a competição entre as empresas é cada vez mais feroz, o que põe em causa a permanência da diferenciação entre os países socialmente mais desenvolvidos com os emergentes ou até mesmo em desenvolvimento (Siebert, & Klodt, 2001).

Será na aplicação dos sistemas *Lean Manufacturing* (LM) que as empresas irão encontrar a diferenciação que necessitam para continuarem a ser competitivas, adaptando-se aos mercados e aos consumidores. As produções de altos volumes deixam de ser consideradas, transformando os processos produtivos flexíveis ao ponto de poderem fornecer os seus clientes na quantidade, no tempo e no local exigidos (Cunha, & Alves, 2011).

Desta forma, o combate aos desperdícios pelas empresas nos seus processos produtivos é cada vez mais intenso e profundo, usando uma forte influência da filosofia do LM com a aplicação das suas metodologias e ferramentas associadas para esse efeito (Liker, 2004).

As ferramentas e metodologias do LM são aplicadas de forma a manter a sustentabilidade de todo o processo de combate ao desperdício. Neste sentido, encontram-se na base ferramentas e métodos de suporte aos pilares do LM (Ogayar, & Galante, 2013).

A melhoria contínua é a mais importante das ferramentas de base, pois a sua filosofia permite criar um sistema cíclico de melhorar os processos, em conjunto com as pessoas afetas às tarefas, criando um espírito de colaboração e de pertença que ajudará a

criar mais ações de melhoria, simples e de fácil implementação, utilizando outras ferramentas associadas, tais como o PDCA (Pinto, 2014).

A base do LM é o combate ao desperdício, onde uma das ferramentas de maior suporte é os 5S+1, ou seja, 6S. É a ferramenta que permite realizar o básico no chão de fábrica, tal como, a organização no posto de trabalho, limpeza, disciplina, retirar qualquer excesso e como último “S”, segurança no posto de trabalho, integrando assim na ferramenta o controlo do risco relativo à segurança seguindo os regulamentos internacionais da segurança na utilização dos equipamentos e máquinas (Jiménez et al., 2019).

Na base dever-se-á ter em conta o trabalho padronizado ou *Standard Work*, bem como o nivelamento do trabalho ou *Heijunka*. A padronização do trabalho ajuda a realizar as tarefas com o mínimo de desvios. É importante também fazer uma correta distribuição dos recursos que estão disponíveis, de forma a combater o desperdício de perda de tempo (Pinto, 2014).

Com a base de sustentação concluída, acentuam-se os pilares do LM. Os dois grandes pilares, o *Jidoka* e o *Just-in-Time* (JIT), são sustentados por ferramentas e métodos que em conjunto fazem o necessário para atingir os objetivos. O *Jidoka* com todo o seu processo de automação, é muito ajudado pela tecnologia e aplicação de ferramentas anti erro, como o *Poka-Yoke* que irá garantir que os processos estejam livres de desvios que originem desperdícios (Ogayar, & Galante, 2013).

O JIT será o outro pilar que sustenta o LM e que considera apenas produzir o necessário, quando necessário e onde necessário, com um produto da maior qualidade possível, produzido no mais curto espaço de tempo, contando com a máxima eficiência possível (Miranda, 2020).

O JIT irá ser a base para outras ferramentas e metodologias, tais como, Kanban, VSM (*Value Stream Mapping*), WID (*Waste Identification Diagram*) e SMED (*Single Minute Exchange of Die*) (Bandeira, 2020).

O SMED é uma metodologia para combater o desperdício de tempo, com origem nos *setups*. Permite ainda baixar os stocks intermédios ao longo do processo produtivo e reduzir os lotes de fabrico (Barros, & Passos, 2021).

As empresas melhoram a sua performance produtiva com a aplicação do SMED, contudo deve ser tido em atenção que a conciliação entre lotes grandes de fabrico e os lotes de baixo volume devem coexistir, em simultâneo, garantindo um fluxo contínuo no processo produtivo (Teixeira, & Buneder, 2020).

Embora não acresçam qualquer valor ao produto, os *setups* são extremamente necessários, pois cada vez mais a dependência dos *mix* de produto e as quantidades pedidas pelos consumidores, cada vez mais, se distanciam da produção de grande série, onde o foco no SMED se torna prioritário, tendo impacto na própria permanência das empresas nos mercados (Barros, & Passos, 2021).

No seguimento da conclusão da revisão da literatura dos conceitos essenciais passa-se à metodologia adotada para análise e aplicação no caso de estudo.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia a utilizar nesta dissertação relativa à implementação do SMED numa área produtiva do setor automóvel e a apresentação da empresa objeto do desenvolvimento deste trabalho.

### 3.1. Metodologia

A metodologia de pesquisa-ação foi o método empregue para o desenvolvimento desta dissertação e do caso de estudo.

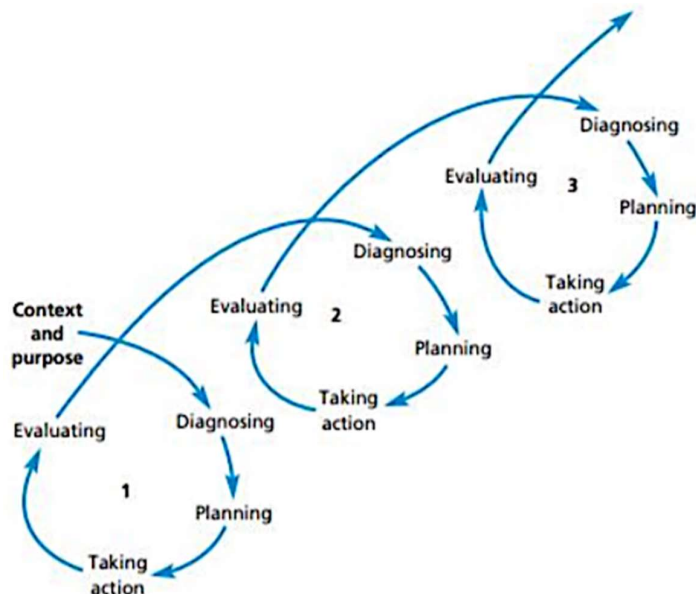
Para Coughlan e Coughlan (2002) os resultados que a metodologia de pesquisa-ação apresenta não são apenas soluções para os problemas imediatos, são uma contribuição para o conhecimento científico e teórico. A pesquisa-ação é um termo genérico que cobre muitas formas de pesquisa orientada para a ação e indica uma diversidade na teoria e na prática entre os investigadores que utilizam este método, fornecendo um amplo leque de opções. Várias características gerais definem a pesquisa-ação, tais como: i) pesquisa em ação em vez de sobre ação; ii) participativo; iii) concorrente com ação; iv) uma sequência de eventos e uma abordagem para a resolução de problemas.

Assim, segundo Coughlan e Coughlan (2002), estas características caracterizam-se por:

- i. ser centrada na investigação em ação em vez de sobre ação, ou seja, a ideia central é que esta metodologia utilize uma abordagem científica para chegar à resolução de problemas, em conjunto com aqueles que interagem diretamente com os mesmos;
- ii. o envolvimento dos profissionais na investigação, ou seja, todos os intervenientes que fazem parte da pesquisa e do processo de mudança que está a ocorrer, em vez da típica investigação, onde estes são objeto de estudo;
- iii. a investigação é efetuada em simultâneo com ação e com o objetivo de fazer com que a ação seja mais eficaz, em paralelo com a criação de conhecimento científico;
- iv. ser, em simultâneo, uma sequência de eventos e uma abordagem para a resolução de problemas, pois como sequência de eventos, a abordagem compreende ciclos iterativos de recolha de dados, análise, planeamento de ações, tomada de medidas e avaliação, e uma nova recolha de dados, com a qual se inicia um novo ciclo. Os problemas são resolvidos com a aplicação do método científico, o qual procura identificar ações de melhoria que envolvam normalmente a colaboração e cooperação entre os investigadores e também os membros da organização.

Saunders et al. (2009) ilustram as fases da pesquisa-ação, conforme mostrado na Figura 13, evidenciando o caráter iterativo da metodologia na aplicação sucessiva das fases identificadas.

**Figura 13.** *Espiral da metodologia de pesquisa-ação.*



Fonte: Saunders et al. (2009, p. 148).

Para Saunders et al. (2009), a pesquisa-ação difere de outras estratégias de pesquisa devido ao seu foco explícito na ação, em particular na promoção da mudança dentro da organização, tendo como pontos fortes desta estratégia, o foco na mudança, o reconhecimento de que é necessário dedicar tempo ao diagnóstico, ao planejamento, à tomada de medidas e à avaliação e o envolvimento de trabalhadores em todo o processo.

A abordagem aplicada nesta dissertação enquadra-se nos parâmetros acima descritos. Incidiu na recolha, análise e implementação de oportunidades de melhoria, identificadas nas atividades logísticas do sistema de gestão da empresa alvo do estudo.

Após um período de observação e análise ao desempenho atual das várias atividades, identificaram-se as possíveis oportunidades de melhoria a implementar, para as quais se delinearam um conjunto de ações. Ao longo das atividades desenvolvidas, todos os colaboradores afetos às atividades foram envolvidos, participando ativamente nas melhorias implementadas.

No culminar desta ação foram feitas considerações no sentido de se avaliar os pontos fortes e as fragilidades das decisões tomadas.

A recolha de dados para desenvolver o caso de estudo foi efetuada, por *observação* no terreno, essencial para a perceção real das oportunidades de melhoria.

O método de recolha de dados por *observação* é aplicado de forma a construir pareceres explicativos ou a definir quais as teorias a abordar nas investigações, sejam qualitativas ou quantitativas. Esta observação torna-se científica pelo facto de formular os problemas ou desafios para abordar a solução de fenómenos identificados. Sendo limitação deste método a subjetividade de quem observa, torna-se importante a concordância de vários observadores do mesmo fenómeno, problema ou desafio para que a análise seja o mais imparcial e real possível (Reis, 2022).

Segundo Reis (2022), o método de *observação* pode ser realizado de 3 formas: i) Observação direta – utilização da operacionalidade do local em observação, seja de materiais ou de meios humanos, propondo assim o estudo dos factos observados, onde a compreensão do contexto apresentado relativo ao fenómeno observado torna-se mais clara e precisa; ii) Observação participante – Cria a possibilidade de recolher dados, permitindo que o investigador interaja com todos os que participam na operacionalidade do fenómeno observado, obtendo a competência, através do conhecimento adquirido, de analisar e avaliar o fenómeno de alguém que conhece o processo observado; iii) Observação não participante – o investigador observa o fenómeno, contudo não participa no mesmo criando uma barreira entre a sua observação e os demais intervenientes.

Na presente dissertação o método utilizado foi a *Observação Participante*. O investigador interagiu com os vários intervenientes do processo onde o fenómeno foi observado, não só nas atividades operacionais, mas também nas atividades de estudo e melhoria contínua, contribuindo assim para o conhecimento concreto do contexto do fenómeno observado, não só no seu conteúdo problemático como na proposta a aplicar no processo como possível solução.

A revisão da literatura efetuada também contribuiu para um melhor entendimento dos aspetos a desenvolver, contribuindo para o conhecimento científico a aplicar nas diversas etapas do caso de estudo apresentado nesta dissertação.

### **3.2. Empresa caso de estudo – João de Deus & Filhos, S.A.**

A João de Deus & Filhos S.A. (JDeus) é uma empresa que produz peças para sistemas térmicos para os principais clientes e marcas do ramo automóvel. Fundada em 1914 mantém o seu nome original desde então, o nome do seu fundador. Iniciou a sua atividade numa oficina no centro de Lisboa, dedicando-se à reparação de radiadores

produzidos em cobre, ferro e latão. Após alguns anos, lança-se na produção de radiadores, tendo como base a tecnologia *Harrisson*, seguindo assim uma visão de futuro de continuidade e crescimento da empresa no mercado do ramo automóvel.

É no seguimento desta visão que a empresa, nos anos de 1965, dá início à produção e comercialização de produtos para o *Original Equipment Market* (OEM), abrangendo as principais montadoras nacionais, como a Toyota, Mazda e Mitsubishi. Esta produção tinha como base a tecnologia de radiadores de cobre e latão.

Em 1991, dá-se a primeira expansão das instalações no sentido de criar uma estrutura maior e, por consequência, aumentar também a sua capacidade produtiva e qualitativa, mudando-se para novas instalações em Samora Correia.

Em 2002 conclui a implementação da certificação ISO TS 16949 e ISO 14001, seguindo as exigências dos principais mercados do ramo automóvel.

Atualmente, as instalações têm uma área total coberta de 19.751 m<sup>2</sup>, estando já a desenvolver uma nova expansão para mais 8.000 m<sup>2</sup>, com o objetivo de aumentar a sua capacidade produtiva a curto e médio prazo.

Produz, nos dias de hoje, cerca de 1,7 milhões de *intercoolers* por ano e objetiva duplicar a sua produção nos próximos 5 anos. Tem nos seus quadros mais de 480 trabalhadores, sendo que na expansão em curso conta empregar mais cerca de 100 novos trabalhadores para os novos projetos em industrialização.

A empresa possui um alto nível de inovação, permitindo a autonomia em desenvolver equipamentos e meios produtivos, tal como participar e desenvolver, com os clientes OEM, em novos produtos e novas tecnologias, de sistemas térmicos, permitindo assim continuar a oferecer produtos com a qualidade e performance exigida pelas principais montadoras do mundo.

A **missão** da JDeus passa por ser o polo europeu de Investigação e Desenvolvimento (R&D), Industrialização e produção de *intercoolers*, dentro do Grupo *Denso Thermal Systems*, representando desenvolvimento e produção de ferramentas e produtos de moldagem para todo o grupo. Satisfazer os seus clientes pela diferenciação, na oferta de valor, através da qualidade e soluções técnicas dos seus produtos, premiando a sustentabilidade económica e ambiental do negócio, participando assim no desenvolvimento social da região em que está incluída.

Conta com a **visão** focada em ser uma empresa de referência no mercado europeu de *intercoolers*, oferecendo assim a tecnologia e performance, a inovação, a competitividade, o serviço e a qualidade nos seus produtos. Ser para os seus clientes um

parceiro tecnológico, avançado, confiável e capaz de fornecer com um nível de qualidade única. Criar parceria com os seus principais fornecedores compartilhando os requisitos de qualidade e confiabilidade. Fornecer aos seus colaboradores um lugar onde possam participar e entender a importância de cada contribuição e sentir o orgulho de pertencer à JDeus. Respeito pelo meio ambiente e segurança no trabalho, mantendo os requisitos de qualidade com base nas certificações ISO 14001 e OHSAS 18001.

Os seus **valores** passam pelo respeito por todos e aproveitar ao máximo o potencial dos seus colaboradores. O espírito de trabalho em equipa, com o profissionalismo e as regras previamente estabelecidas. Ter a qualidade e confiabilidade obtida mediante uma metodologia rigorosa. Excelência pela melhoria contínua tendo em conta os erros do passado. Proatividade e inovação para alcançar a satisfação dos clientes. Respeitar o meio ambiente e a segurança dos seus colaboradores.

No seguimento da metodologia adotada, para a análise do caso de estudo, prossegue-se com a apresentação do caso prático com a aplicação do SMED numa área produtiva da empresa JDeus, bem como a análise e discussão dos resultados obtidos e conclusões.



## CAPÍTULO 4. CASO PRÁTICO DE APLICAÇÃO SMED

Neste capítulo são apresentadas as fases da implementação prática do SMED até à sua conclusão, seguindo a metodologia referenciada em 2.5.6.4. e que define 4 estágios conceptuais do SMED.

Através da caracterização da situação atual do equipamento e do seu *setup*, referida como o “*as is*”, passa-se por todos os passos de aplicação da ferramenta SMED e de todas as ferramentas *Lean* aplicadas e necessárias para o sucesso na obtenção dos objetivos que se demonstram com os resultados obtidos, referido como cenário “*to be*”.

### 4.1. Apresentação da área de injeção

Para apresentar a área de injeção, torna-se necessário entender o que se produz no seu processo e para que se destina e, ainda, a sua importância na cadeia de abastecimento interna da empresa.

Cerca de 85% do produto final da empresa, tem na sua composição componentes plástico, os quais são injetados internamente, na área de injeção. Estas peças são denominadas como caixas de plástico, em que cada *intercooler* (IC) é maioritariamente composto por dois destes componentes específicos para cada aplicação.

Na Figura 14 apresenta-se esquematicamente o IC e o componente caixa de plástico para visualização da sua composição e qual a aplicação em questão.

**Figura 14.** *Aplicação de caixa plástico no IC.*



Fonte: Elaboração própria.

Visto que a produção se destina a multimasas são produzidas várias peças, todas elas diferentes, satisfazendo uma aplicação distinta para cada cliente. De salientar que, no geral, cada cliente tem mais do que um projeto com a empresa, logo com um alto *mix* de produto que, assim, saturam os equipamentos com os seus volumes produtivos e, ainda,

com a necessidade de *setups* para satisfazer todas as solicitações dos clientes em termos de produto final.

Assim, a área de injeção reveste-se de maior importância para a empresa, pelo que a sua boa gestão, dentro dos conceitos *Lean*, se torna imperativa.

Esta área tem a capacidade de produzir 100% das necessidades da empresa no que diz respeito ao componente plástico, sendo composta por vários equipamentos de injeção plástica específicos entre prensas de 400, 500 e 1.100 *ton*. Alguns destes equipamentos estão perto de se considerar gargalos, já que estrangulam o aumento do volume neles produzidos, dado a quantidade necessária de *setups* em média de 5 por dia, traduzido em 86,10 minutos em média por cada *setup*, chegando ao tempo médio de paragem de equipamento por *setup* de 430,5 minutos por dia (+/- 7,2 horas/dia). Este tempo de paragem é significativo, mas necessário dado a especificidade dos produtos produzidos que carecerem de parâmetros máquina específicos.

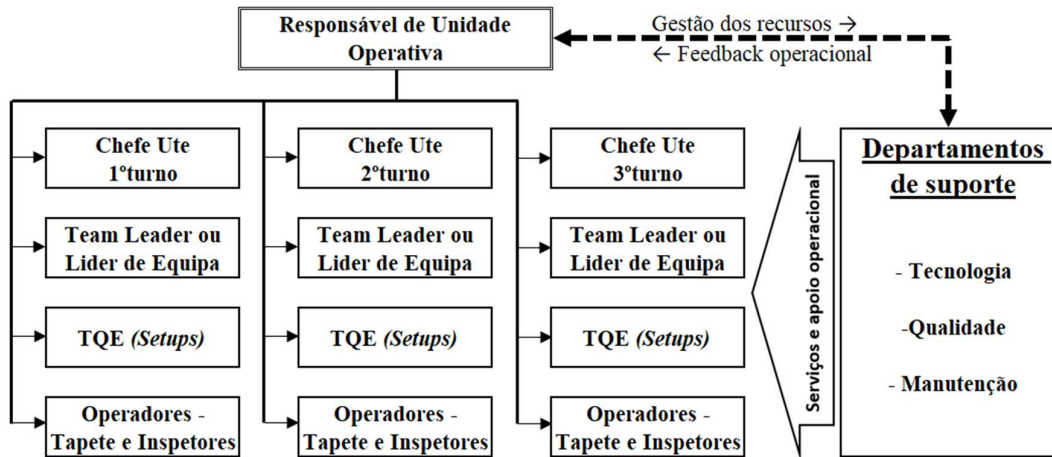
O seu funcionamento é distribuído em 3 turnos de produção geridos por um Responsável de Unidade Operativa, com equipas estruturadas com Chefe de Turno (Chefe Ute), Líder de Equipa, Técnico Qualificado Elementar (TQE, realiza os *setups*), Operadores de Tapete que retiram os excessos de rebarbas provenientes do processo e Inspetores que através de formação específica, ajudas visuais e gabaritos *poka-yoke* garantem a conformidade do componente.

O processo produtivo é ainda suportado por departamentos funcionais de Manutenção, Tecnologia e Qualidade, fazendo parte integrante das equipas de Unidade Tecnológica Elementar (UTE).

Na Figura 15 apresenta-se o organigrama da área em estudo, bem como a sua relação com os departamentos funcionais que prestam os necessários serviços para o normal funcionamento produtivo. Está ainda representada a cadeia de estrutura operativa iniciando pelo Responsável de Unidade Operativa, o gestor de topo da área. Esta divide-se por 3 turnos operativos em que cada um é composto por um Chefe de UTE, gestor do turno, com competência para fazer o seguimento dos KPIs rumo aos objetivos traçados, e por um Team Leader para a equipa no chão de fábrica de acordo com o plano de produção. Seguem-se os TQEs, figuras importantes em todo o processo do *setup*, pois são os responsáveis por executar os *setups* de acordo com os planos traçados. Os TQEs são operadores especializados, contudo sempre e quando não executam tarefas de *setup* são integrados na equipa dos operadores, realizando tarefas de valor acrescentado para o produto. Por fim, o esforço de trabalho direto, ou seja, todo aquele trabalho que acrescenta

valor ao produto, onde se identificam os operadores e inspetores do produto, parte integrante da transformação do produto.

**Figura 15.** Organograma da área de injeção em estudo.



Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2. Breve explicação do processo produtivo de injeção de plástico

O processo produtivo de injeção de plástico é caracterizado pela transformação de matéria-prima plástica de vários tipos de composto, como por exemplo, poliamida com reforço de fibra de vidro de 30% ou de 50% (PA66 GF30 ou PA66 GF50), dependendo da aplicação, que chega ao processo em grão sólido, tal como mostrado na Figura 16.

**Figura 16.** Matéria-prima plástica em grão.



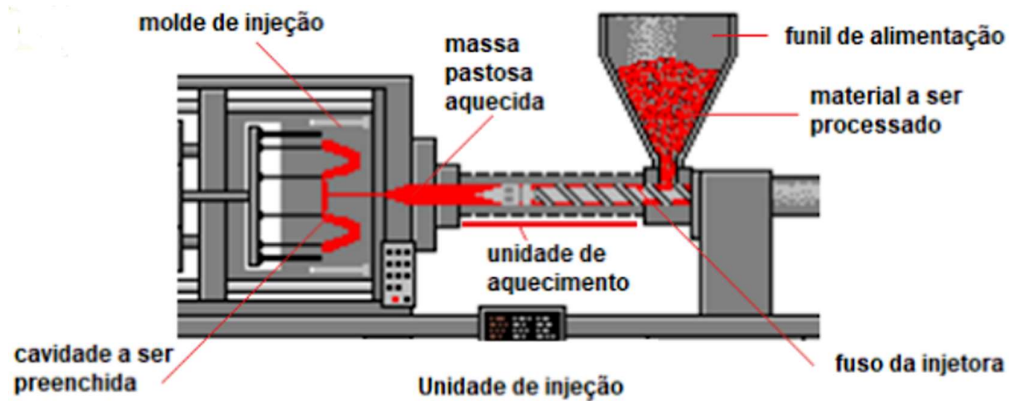
Fonte: Ilustração própria.

Ao passar pela máquina injetora, o grão sólido é processado por transferência de calor e de pressão que provoca o derretimento e fluidez da matéria-prima. O fluxo da

matéria-prima é injetado por meio de pressão para o interior de um molde, o qual terá a configuração negativa da geometria da peça que se quer obter.

A Figura 17 mostra o funcionamento da injeção plástica, desde a matéria-prima até à introdução do fluído no interior do molde através de pressão.

**Figura 17.** *Esquema de funcionamento de injeção plástica.*



Fonte: Moldes Injeção Plásticos (2021).

Na Figura 18 mostra-se um molde de injeção de plástico com as suas cavidades negativas relativas à geometria da peça a que se destina e respetiva peça.

**Figura 18.** *Molde de injeção plástica e peça produzida.*



Fonte: Diafler (2022).

#### **4.2.1. A pertinência da aplicação do SMED na área de injeção**

A área da injeção tem consumos energéticos elétricos muito importantes que, face à atual conjuntura mundial, tem sofrido aumentos de custo consideráveis, pelo que a sua otimização está sempre no foco da empresa, no sentido de combater, de uma forma robusta, todos os desperdícios que existam ao longo do processo transformativo. Neste

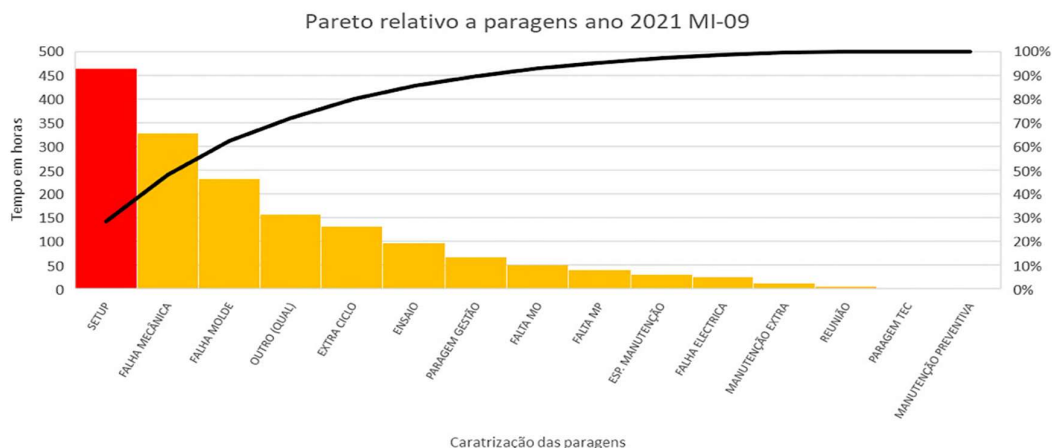
contexto, torna-se necessário que todos os equipamentos da área da injeção produzam no máximo da sua capacidade, transformando o maior número de peças no tempo disponível de máquina, ou seja, 24 horas/dia. A saturação dos equipamentos, ou seja, colocá-los a produzir na sua capacidade máxima, coloca-os a produzir nos custos programados e ideais, diluídos pelo máximo de peças e, assim, baixando o custo inerente ao processo transformativo.

De entre as máquinas de injeção possíveis na empresa, identificou-se a máquina MI-09 de 1.100 toneladas como equipamento a ser objeto da implementação do SMED, dada a sua importância em termos de parâmetros máquina e que permite abranger a maior parte dos moldes atualmente existentes.

A especificação deste equipamento provoca *setups* diários, com uma média de 1,23 *setup*/dia e um tempo médio de *setup* de 1,57 horas/dia, o que origina perdas significativas no OEE deste equipamento, um dos indicadores principais e mais utilizado na análise da performance e eficácia efetiva dos equipamentos na indústria, tal como o referem Dobra e Jósvai (2021).

Para ilustrar o rendimento do equipamento, na Figura 19 apresenta-se o gráfico de *Pareto* relativo aos principais desperdícios evidenciados no funcionamento do equipamento MI-09 ao longo do ano de 2021, registado no OEE, como referencial para a escolha da metodologia SMED.

**Figura 19.** Pareto de caracterização de paragens OEE ano 2021.



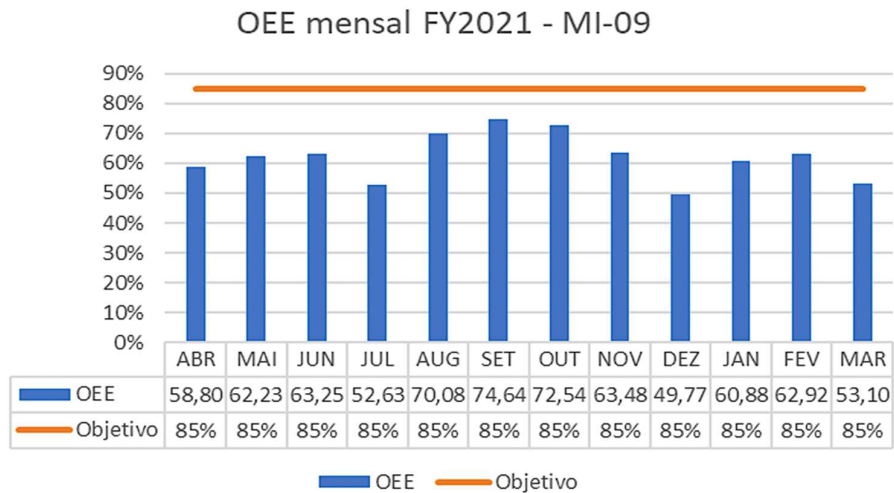
Fonte: Dados OEE 2021 MI-09 JDeus.

Na Figura 19 verifica-se o registo de todas as paragens verificadas no ano de 2021 devidamente caracterizadas, destacando-se como principal causa de paragem de

equipamento o *setup* com cerca de 28% do total das paragens, ou seja, cerca de 460 horas de paragem total, o que realça a real necessidade de desenvolver o SMED com o objetivo de mitigar o tempo de paragem associado ao *setup* neste equipamento.

Na Figura 20 é evidenciado o resultado real mensal do OEE do equipamento MI-09, comparando-o com o objetivo de 85%, no exercício do ano fiscal de 2021 completo, de forma a verificar as oscilações registadas durante um ano.

**Figura 20.** Gráfico OEE registado no equipamento MI-09 (FY2021).



Fonte: Dados OEE 2021 MI-09 JDeus.

Assim, na Figura 20, verifica-se que o equipamento MI-09 não atinge o objetivo do OEE proposto de 85% em nenhum dos resultados mensais desse ano, sendo por isso, um equipamento que deve ser alvo de ferramentas que mitiguem as suas paragens para que a sua disponibilidade aumente para os objetivos propostos. Neste caso, verificando-se o *setup* como a principal causa no resultado das paragens, decide-se por implementar o SMED de forma a mitigar o tempo necessário de paragem.

Sendo o equipamento MI-09 responsável por 17,1% de paragem por *setups* do parque de máquinas injetoras existente na área e dado a especificidade dos produtos que produz, confirma-se ser o alvo do projeto piloto de implementação da metodologia SMED que pretende, após a conclusão e avaliação da eficácia do projeto, a sua implementação em todos os equipamentos de idênticos processos na área de injeção, como standardização do método na empresa.

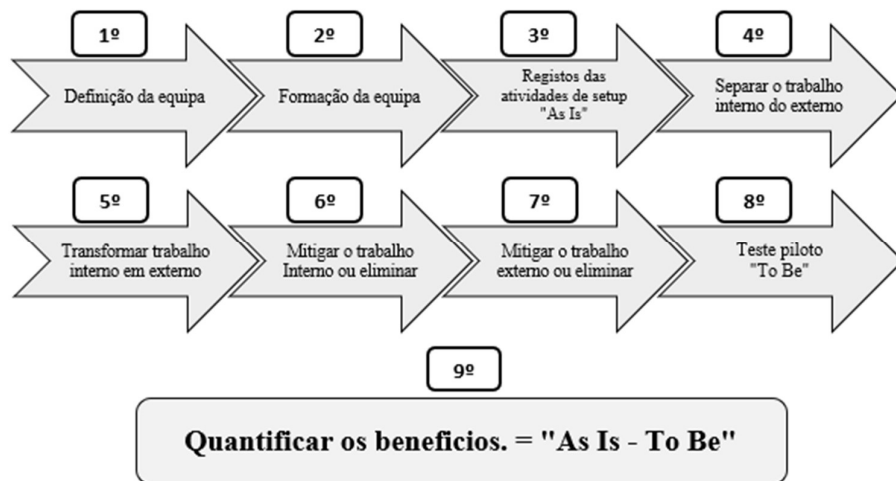
### 4.3. As fases do caso prático da metodologia SMED na área da injeção

A implementação da metodologia SMED é dividida por fases, compostas por atividades distintas, sendo cada uma das fases sequenciais organizadas de acordo com a sistemática da própria metodologia e com os autores já referenciados.

Pretende-se, assim, implementar a metodologia SMED de uma forma sistemática, eficiente e eficaz, preenchendo os critérios amplamente discutidos pelos autores, designadamente Shigeo Shingo<sup>1</sup>, e que no caso prático se distribuem em 9 fases, mostradas na Figura 21, a saber:

- i. Definição da equipa de trabalho;
- ii. Formação da equipa de trabalho sobre a metodologia SMED;
- iii. Registo das atividades de *setup*, caracterizando o “*as is*”;
- iv. Caracterização e separação do trabalho externo e interno;
- v. Transformar o trabalho interno em externo;
- vi. Mitigar o trabalho interno ou eliminá-lo, se possível;
- vii. Mitigar o trabalho externo ou eliminá-lo, se possível;
- viii. Efetuar um teste piloto após finalizar as atividades SMED, demonstrando o “*to be*”;
- ix. Quantificar os benefícios provenientes da implementação da metodologia SMED.

**Figura 21.** Nove fases da implementação da metodologia SMED no caso prático.



Fonte: Elaboração Própria.

<sup>1</sup> Shigeo Shingo – Especialista no combate ao desperdício, *Muda Mura e Muri*, a quem é atribuído o desenvolvimento e a divulgação do SMED e dos sistemas *Poka-Yoke*. Autor de vários livros de referência para o mundo da indústria, nomeadamente “*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*” editado em 1985 (Shingo, 1985; ATEQ, 2022).

#### 4.3.1. Fase 1 e 2 – Definição e Formação da equipa de trabalho: Metodologia SMED

Antes da construção da equipa de trabalho, de acordo com a **fase 1** mostrada na Figura 2, refletiu-se acerca de qual seriam as áreas a envolver neste caso de estudo. Sendo um caso muito técnico com aplicação operacional, pode ter consequências no próprio produto, caso a metodologia não seja aplicada de uma forma estruturada e não respeite todos os critérios qualitativos, pelo que se procurou envolver todas as áreas participantes no processo produtivo, sejam elas de intervenção direta ou indireta nas operações.

Desta feita, foi definida a inclusão das seguintes áreas na composição da equipa de trabalho: i) área da produção, com a inclusão chefes de turno, chefes de equipa e os operadores; ii) área da qualidade de processo/produto, com a participação dos inspetores de linha; iii) área da tecnologia de processo incluindo na equipa um participante da engenharia de processo; iv) área da manutenção promovendo a participação do chefe da manutenção tal como a participação do técnico de manutenção; v) área da análise de trabalho e métodos com a participação de um técnico conhecedor da ferramenta SMED.

Constituiu-se assim a equipa multidisciplinar, oferecendo uma maior e completa amplitude de conhecimento do processo e do produto, contribuindo assim com a assertividade e efetividade exigida para levar em diante o caso de estudo e para o sucesso da implementação do SMED.

Após definição da constituição da equipa, deu-se início à **fase 2** da implementação da metodologia do SMED, ou seja, à preparação e administração da formação aos constituintes da equipa.

A formação tem como base os conteúdos relativos à execução do processo SMED, sendo que o seu foco será na transmissão do conhecimento das seguintes fases da metodologia, conforme observado na Figura 2, ou seja, **fase 3** – registo das atividades de *setup* “*As Is*”, **fase 4** – Separar o Trabalho Externo do Interno, **fase 5** – transformar o trabalho interno em externo, **fase 6** – mitigar o trabalho interno ou eliminar, e **fase 7** – mitigar o trabalho externo ou eliminar. Estes são os 5 passos que têm como referência as obras de Shigeo Shingo<sup>1</sup>, como os estágios para aplicar uma metodologia SMED.

Serão ainda consideradas: a **fase 8** – realização da atividade após a implementação do SMED para observar a eficácia das atividades implementadas e a **fase 9** – “*As is and To Be*” onde estão quantificados todos os benefícios relacionados com a implementação do SMED, com apresentação de resultados.

Os conteúdos da teoria do SMED são assim transferidos para os constituintes do grupo de trabalho, tornando-os detentores do conhecimento teórico da implementação da metodologia SEMD e como consequência capacitá-los de transformar esse conhecimento na prática, contribuindo assim para a obtenção dos objetivos do caso de estudo proposto.

Neste sentido, na Figura 22 apresenta-se a evidência relativa ao material e conteúdos que sustentaram a formação da equipa.

**Figura 22.** Manual de formação e conteúdos para metodologia SMED.



Fonte: Manual formação SMED JDeus.

Os conteúdos abordados dão resposta às perguntas sequenciais realizadas no decorrer da formação, conforme o Manual de Formação SMED, disseminando o conhecimento pelos formandos, de acordo com a seguinte sequência: i) O que é o SMED – realização de uma breve explicação do que trata este programa; ii) Quando usar SMED – identificação de quais são os ambientes e situações em que o SMED se aplica e em que estratégia; iii) Onde pode ser utilizado o SMED – identificação dos pontos onde aplicar o SMED, sendo que a sua aplicabilidade se concentra em equipamentos que estão sujeitos a *setups* de série a produzir; iv) Porquê o SMED – exposição das razões que levam as empresas a aplicarem a metodologia SMED e qual a sua importância no combate ao desperdício de recursos; v) Os 5 passos do SMED – descrição da sistemática teórica do SMED quanto à sua aplicabilidade no chão de fábrica, conforme o estado de arte descrito por Shigeo Shingo (1985) na sua obra “*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*”; vi) Quantificação dos benefícios do SMED – explicação da importância da recolha de dados do antes e do depois da aplicação da metodologia SMED com o objetivo de demonstrar a importância da metodologia na mitigação dos desperdícios tal como no aumento da performance dos equipamentos alvo de SMED.

Após a formação, a equipa multidisciplinar fica com o conhecimento teórico da metodologia SMED e, por consequência, com as competências necessárias para executar na prática o SMED no chão de fábrica.

#### 4.3.2. Fase 3 – Registo das atividades de *setup*, caracterizando o “*as is*”

Para que o SMED tenha os resultados pretendidos, com a mitigação dos tempos de *setups*, é necessário ter o registo real de todas as tarefas realizadas, desde a decisão do início de *setup* com todas as preparações do trabalho externo necessário e, mais crítico, com todas as ações e tarefas que são tomadas relativas ao trabalho interno que é realizado com o equipamento parado até à sua conclusão, com o início em produção da próxima série planeada na cadência correta. Só tendo o conhecimento profundo de todas as tarefas se podem tomar decisões entre quais estão as tarefas que podem ser alvo de transformação e as que devem ser mantidas.

De forma a registar todas as atividades recorrentes do *setup*, foi produzido um vídeo com todos os passos relativos às atividades e tarefas integrantes, de forma a promover a avaliação por parte da equipa, num ambiente controlado e sem a pressão inerente ao início e fim de *setup* por parte dos gestores de linha. Desta forma identificaram-se, de forma mais profunda, todas as movimentações, atividades desempenhadas pelo Técnico Qualificado Elementar – TQE<sup>2</sup> recorrendo à revisão dos vídeos e de algumas partes em específico, de forma a catalogar e registar todas as tarefas e ações decorrentes da produção do *setup*.

No decorrer da análise dos vídeos foram registadas todas as tarefas e ações desempenhadas pelo TQE e o tempo necessário para cada uma delas, conforme se mostra na Figura 23, na página seguinte, onde foi possível concluir que o *setup* necessitou de 49 atividades distintas com um tempo total de 86,10 minutos, ou seja, 1 hora e 26 minutos, desde a atividade “1 – Fechar a alimentação de material à máquina” até à atividade “49 – Arranque de Máquina”.

Sabendo-se que um dos maiores desperdícios de tempo é obtido nas movimentações, uma das formas gráficas que se utilizou foi o diagrama de *Spaghetti*, onde foram colocadas, graficamente no *layout*, todas as deslocações realizadas pelo TQE

---

<sup>2</sup> TQE – Técnico Qualificado Elementar, responsável pela execução dos *setups* na estrutura organizativa da área produtiva da Injeção da JDeus.

nas atividades de *setup*. Desta forma foi possível comparar no final da implementação do SMED o “*to be*” com o “*as is*” de forma a visualmente identificar os benefícios.

**Figura 23.** Registo de atividades desenvolvidas no *setup*.

**JDEUS**

**Objectivo:** Estudo do trabalho ao estado actual

**Registo de Actividades**

#	Atividades realizadas	AS-IS (tempos)		
		Tempo inicial	Tempo final	Tempo Total
1	Fechar alimentação de material à máquina			00:23
2	Recolha de carro de material para <i>setup</i>			01:10
3	Recolha da ponte para junto da máquina			01:01
4	Recolha e procura de gripper na zona de armazenamento de grippers			01:13
5	Paragem de máquina e robot			02:02
6	Recua a unidade de injeção			01:20
7	Colocação de material de limpeza			00:26
-----				
46	Conferir informações da máquina - hidráulicos			01:32
47	Troca da gripper dos insertes			06:04
48	Setup ao alimentador			05:04
49	Arranque de máquina			01:00
				86:10:00

Fonte: Registo de ações SMED “*as is*” JDeus – Fase 3.

Na Figura 24, na página seguinte, podem-se identificar as movimentações realizadas no *setup*.

Verificaram-se, com a ajuda da Figura 24, todas as movimentações realizadas pelo TQE, onde se observa uma sobreposição de muitas das movimentações, algumas delas de grande distância, originando uma perda de tempo com impacto no tempo de paragem do equipamento.

Dois grandes grupos de movimentações relacionadas com desperdício foram identificados: i) movimentações excessivas por falta de organização e preparação do *setup*, tarefas essas que estão incluídas nas atividades internas do *setup* as quais são passíveis de serem avaliadas para passarem para a atividades externas e algumas delas até mesmo serem eliminadas; e ii) movimentações por incapacidade de fazer algumas tarefas em simultâneo, correspondendo a um procedimento de *setup* pensado apenas na sequência da operação e não na otimização da mesma, agrupando algumas tarefas.

**Figura 24.** Diagrama de Spaghetti mostrando as movimentações do setup na MI-09.



Fonte: Layout Injeção JDeus.

Após a recolha de todos estes dados, para o conhecimento profundo de como se realiza o *setup* e atribuídos os tempos reais a todas as atividades, está-se então na condição de iniciar as atividades de análise.

#### **4.3.3. Fase 4 – Caracterização e separação do trabalho externo e interno**

A primeira análise realizada foi a caracterização das atividades de trabalho externo e as de trabalho interno. Para tal teve-se em atenção todas as atividades que foram realizadas com a máquina em produção, quer sejam de preparação de *setup*, como após o arranque até à estabilização da produção, sinalizando assim o final do *setup*, denominando-as como ‘trabalho externo’, assim como, todas as atividades que foram realizadas com a máquina parada, estas denominadas como ‘trabalho interno’.

De igual modo foram separados os tempos para que sejam conhecidos os totais necessários para os trabalhos externos e os internos.

Na Figura 25 mostra-se a separação entre o trabalho externo e o interno e respectivos tempos para cada uma destas atividades.

**Figura 25.** *Registo de atividades separadas em trabalho externo e interno.*

**JDEUS**  
**Objectivo:** Separar o trabalho Interno do Externo  
**Trabalho Interno:** Tarefas que só podem ser realizadas com o equipamento parado  
**Trabalho Externo:** Tarefas que podem ser realizadas com o equipamento a funcionar

**Registo de Actividades**

#	Atividades realizadas	AS-IS (tempos)			Ferramentas
		Medido	Interno	Externo	
1	Fechar alimentação de material à máquina	00:23		00:23	Movimento torneira
2	Recolha de carro de material para setup	01:10		01:10	0
3	Recolha da ponte para junto da máquina	01:01		01:01	Capacete e viseira
4	Recolha e procura de gripper na zona de armazenamento de grippers	01:13		01:13	0
5	Paragem de máquina e robot	02:02	02:02		0
6	Recua a unidade de injeção	01:20	01:20		0
7	Colocação de material de limpeza	00:26	00:26		0
8	Descarga com material de limpeza para limpeza do fuso	01:07	01:07		Safety toll para recolha de restos de material
9	Limpeza do molde	01:11	01:11		Dispensador de óleo lubrificação - proteção do aço
<hr/>					
48	Setup ao alimentador	05:04	05:04		0
49	Arranque de máquina	01:00	01:00		0
		86:10:00	82:23:00	3:47:00	0
			96%	4%	

Fonte: Registo ações SMED JDeus – Fase 4.

Verifica-se na Figura 25 que a grande predominância é de trabalho interno, com cerca de 96% do tempo empregue nas atividades com equipamento parado e que totalizam 82 minutos e 23 segundos, ou seja, 1 hora e 22 minutos. Por outro lado, cerca de 4% do tempo empregue com a máquina em funcionamento, ou seja, nas atividades realizadas em trabalho externo, que totalizam 3 minutos e 47 segundos, ou seja, apenas cerca de 4 minutos.

A mesma tendência de predominância verifica-se no número de atividades realizadas, ou seja, 45 das 49 atividades são realizadas com a máquina parada, contra apenas 4 das 49 atividades realizadas com a máquina ainda em produção.

Desta forma, depois de toda a caracterização do trabalho externo e interno, devidamente quantificado em tempo e quantidade de tarefas, torna-se imprescindível a análise detalhada do *setup* em relação às tarefas desempenhadas, a fim de promover o ponto seguinte que passará por identificar quais as tarefas internas que podem passar a

externas, aumentando assim a disponibilidade de equipamento, tal como do seu indicador OEE e, por consequência, da performance da área, mitigando e eliminando os desperdícios identificados.

#### **4.3.4. Fase 5 – Transformar o trabalho interno em externo**

De forma a dar seguimento a uma análise mais detalhada, foram revistos todos os vídeos realizados que documentam o *setup*. Esta atividade permitiu identificar todas as tarefas internas com potencial de passarem a externas. Desta forma identificaram-se as tarefas que poderiam ser realizadas antes da paragem da máquina ou depois do *setup*, ou seja, já com a máquina trabalhar após o *setup*, recorrendo à indicação e análise técnica da proposta de alocação das tarefas na sequência e no tempo correto, sejam elas tarefas realizadas em trabalho interno e externo. Esta análise teve como foco mitigar o trabalho interno e/ou passá-lo para externo, de forma a impactar na redução do tempo de paragem de equipamento para *setup*.

Assim foram identificadas as tarefas que poderiam ser executadas em trabalho externo e que até então estavam incluídas no trabalho interno, sendo consideradas na lista de tarefas de trabalho externo, diminuindo assim o tempo de paragem de máquina.

Foram ainda identificadas algumas tarefas que, dado a sua especificidade, poderão ser realizadas em qualquer altura do *setup*, em máquina parada, sem critérios sequenciais, o que irá permitir que estas sejam executadas por colaboradores devidamente treinados, paralelamente ao decurso de todas as tarefas sequenciais para a realização de *setup*.

Na Figura 26, na página seguinte, são mostradas todas as tarefas que, após a análise mais técnica, foram identificadas para serem tornadas externas.

Conforme se verifica na Figura 26, algumas das atividades que eram consideradas internas foram consideradas aptas para atividades externas. Das 49 atividades que compõem o *setup*, 4 são externas na base, ou seja, consideradas na caracterização do “*As Is*”, 12 das tarefas internas foram requalificadas para externas, totalizando assim 33 atividades internas e 16 atividades externas, face ao anterior estado de 45 internas e 4 externas.

Em termos de tempo, contando com os 86 minutos e 10 segundos do tempo total do *setup*, com 96% de atividades internas representando 82 minutos e 23 segundos, contra 4% de externas representando 3 minutos e 47 segundos, este passou para 70% de atividades internas representando 60 minutos e 12 segundos e 30% de atividades externas representando 25 minutos e 58 segundos.

Figura 26. Registo de atividades internas que passam para externas após análise do setup.

**JDEUS**

**Objectivo:** Transformar o trabalho interno em trabalho Externo

**Trabalho Interno:** Tarefa que só podem ser realizadas com o equipamento parado

**Trabalho Externo:** Tarefas que podem ser realizadas com o equipamento a funcionar

**Registo de Actividades**

#	Atividades realizadas	AS-IS (tempos)		Ferramentas	TO-BE (tempos)	
		Interno	Externo		Interno P/ Externo	Interno
1	Fechar alimentação de material à máquina	0:00:00	0:23:00	Movimento torneira		0:23:00
2	Recolha de carro de material para setup	0:00:00	1:10:00	0		1:10:00
3	Recolha da ponte para junto da máquina	0:00:00	1:01:00	Capacete e viseira		1:01:00
4	Recolha e procura de gripper na zona de armazenamento de grippers	0:00:00	1:13:00	0		1:13:00
7	Colocação de material de limpeza	0:26:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		0:26:00
26	Transportar o molde até ao sitio de arrumo	2:03:00	0:00:00	Aplicação de layout para setup - 6S		2:03:00
27	Remoção das correntes após colocação do molde no local de arrumo	0:40:00	0:00:00	Aplicação de layout para setup - 6S		0:40:00
28	Transportar a ponte até ao molde que se pretende colocar de novo	0:17:00	0:00:00	Aplicação de layout para setup - 6S		0:17:00
34	Arrumar a ponte no local zero	1:02:00	0:00:00	Aplicação de layout para setup - 6S		1:02:00
40	Arrumar a gripper	1:00:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		1:00:00
41	Recolha de porta palete e caixas para setup de material	2:00:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		2:00:00
42	Fazer a recolha do material para setup	2:00:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		2:00:00
43	Levar resto de material nas caixas e palete para dentro da caixa dos materiais	1:15:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		1:15:00
45	Levar as caixas para junto do máquina	0:20:00	0:00:00	Em paralelo com a atividade externa		0:20:00
47	Troca da gripper dos inserts	6:04:00	0:00:00	Externalização da atividade do setup por parte de colaborador específico		6:04:00
48	Setup ao alimentador	5:04:00	0:00:00	Externalização da atividade do setup por parte de colaborador específico		5:04:00
		82:23:00	3:47:00		60:12:00	25:58:00
Total do tempo de setup		86:10:00			86:10:00	
<b>% AS IS</b>		<b>96%</b>	<b>4%</b>	<b>% melhoria</b>	<b>70%</b>	<b>30%</b>

Fonte: Registo ações SMED Interno para externo JDeus – Fase 5.

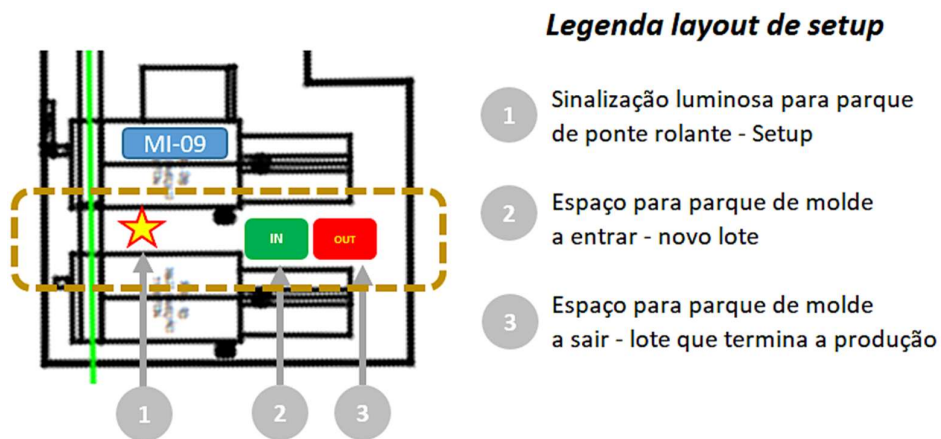
Para a requalificação destas tarefas, foram utilizadas as ferramentas do LM, nas quais se destaca o 6S, conforme abordado no ponto 2.5.2., como uma ferramenta que promove a obtenção da organização do posto de trabalho (*Seiri*), a sequência das tarefas (*Seiton*), a limpeza e normalização do posto de trabalho (*Seisu; Seiketsu*), tal e qual na disciplina (*Shitsuke*) a aplicar com toda a envolvente da segurança (*Safety*), mantendo assim dois dos maiores *slogans* da JDeus, “*Safety First*” e “*Quality First*”.

Destacam-se as atividades requalificadas de internas em externas, as atividades “26 – Transportar o molde até ao sitio de arrumo”, “27 – Remoção de correntes após colocação de molde no local de arrumo”, “28 – Transportar a ponte até ao molde que se pretende colocar de novo” e “34 – Arrumar a ponte no local zero” da lista de atividades do *setup* pelo facto de estarem diretamente relacionadas com o 6S, conforme visto na Figura 26, que com a correta aplicação desta ferramenta do LM em todas as suas etapas, permitiu idealizar e realizar mudanças de *layout* como a identificação dos fluxos incorretos, organização e identificação das áreas de apoio ao *setup*, tal como, o local onde

os meios de apoio à tarefa deveriam estar presentes e identificados. Estas mudanças de *layout* possibilitaram a passagem das atividades identificadas como internas para externas, apenas com a organização do local de trabalho, dado que apoiaram e organizaram as movimentações relativas ao manuseamento dos moldes, considerando-as como atividades externas a serem realizadas antes do *setup*, enquanto a máquina estiver a trabalhar, como preparação de *setup*.

Na Figura 27 mostram-se as alterações de *layout* propostas para a realização da requalificação das atividades mencionadas.

Figura 27. *Layout* previsto para agilização do *Setup*.



Fonte: JDeus – Layout de *setup*.

Na Figura 27 verifica-se que o *layout* proposto, tendo como base a organização do espaço e fluxo da atividade de *setup*, demarca os espaços de depósito dos meios necessários de uma forma concreta e clara para corresponder com a sistemática da atividade e assim eliminar movimentações desnecessárias à procura dos meios. Assim, o *layout* no ponto 3 define um local de depósito de todos os moldes da série a sair. De igual modo no ponto 2 identifica-se o local a receber o molde da série a entrar. Desta forma evita-se desperdício de tempo com movimentações desnecessárias e não preparadas, criando uma sistemática integrada na instrução de *setup*. Ainda para evitar movimentações desnecessárias, a ponte rolante, meio de transporte e movimentação para os moldes, terá local próprio sinalizado no chão com o número 1. Para garantir a localização correta da ponte haverá uma projeção de luz no chão, coincidente com o guincho da ponte e o local identificado como ponto 1 na Figura 27, Parque de ponte para

*setup*. A coincidência entre a projeção da luz e a marca no chão demonstra o ponto zero da ponte, referente à posição definida para realizar o *setup*.

As requalificações destas 4 atividades de internas para externas permite reduzir o tempo de paragem de máquina para *setup* em 4 minutos e 2 segundos, contribuindo para o aumento da disponibilidade do equipamento.

Ainda com o conceito da ferramenta 6S, foram identificadas e visionadas algumas atividades que não acrescentam qualquer valor à tarefa do *setup*, ou seja, atividades que podem ser realizadas externamente. As atividades em questão são a “7 – Colocação de material de limpeza”, “40 – Arrumar gripper”, “41 – Recolha de porta paletes e caixa para *setup* de material”, “42 – Fazer recolha de material para *setup*”, “43 – Levar o resto do material nas caixas e palete para dentro da caixa dos materiais”, e “45 – Levar as caixas para junto da máquina” que após uma análise fortemente focada nos primeiros 3S, ou seja, na organização do espaço, na metodologia aplicada e na limpeza do posto de trabalho, se verificou que deviam ser consideradas como externas, ou seja, com máquina em funcionamento, dado que não têm nenhuma relevância no decorrer do *setup*, podendo o mesmo ser efetuado sem qualquer impacto. As atividades serão posteriormente sistematizadas, organizadas e incluídas no descritivo da instrução de *setup*.

As requalificações destas 6 atividades de internas para externas permitiu reduzir o tempo de paragem de máquina para *setup* em 7 minutos e 1 segundo, contribuindo também para o aumento da disponibilidade do equipamento.

Quanto às atividades “47 – Trocar gripper dos inserts” e “48 – *Setup* ao alimentador” são as atividades em que a sua realização poderá ser realizada em qualquer momento do *setup*, dado não têm qualquer necessidade sequencial no decurso da realização do *setup*, contudo é imperativo que sejam realizadas em máquina parada. Visto poderem ser realizadas em qualquer momento do *setup*, desde que seja em máquina parada, serão atribuídas adicionalmente a outros colaboradores que não sejam os que estão a desempenhar o *setup* sequencial, realizando, assim, estas tarefas simultaneamente ao *setup*, mas com outros intervenientes. Desta forma o tempo destas tarefas será excluído do trabalho interno, sendo considerado como um *setup* de equipamento distinto e realizado em simultâneo com a troca de moldes nas máquinas injetoras. Estas atividades são necessárias e estão incluídas no procedimento de *setup*, contudo a sua realização deve ser programada pelo TQE, requisitando assim os meios humanos e materiais necessários a disponibilizar para o seu cumprimento.

As requalificações destas 2 atividades externas permitiu reduzir o tempo de paragem de máquina para *setup* em 11 minutos e 8 segundos, que embora não sejam realizadas com máquina em funcionamento, contribuíram também para o aumento da disponibilidade do equipamento.

Em conclusão, a requalificação de trabalho interno em externo, com o conjunto das ações tomadas, verificou um ganho de 11 minutos e 3 segundos (4m 2s + 7m 1s) que somado ao tempo mitigado às atividades do *setup* interno de 11 minutos e 8 segundos, originou um ganho total de 22 minutos e 11 segundos, reduzindo o tempo de *setup* interno, ou seja, de máquina parada, aumentando a disponibilidade do equipamento em cerca de 27% e, por consequência, a sua performance.

Para a empresa, o impacto desta melhoria na disponibilidade de equipamento representa uma redução de 22 minutos e 11 segundos por cada *setup* realizado, o que considerando a realização de **cerca de 1,23 *setups* por dia**, produz uma redução total de 27 minutos e 17 segundos por dia. Se se tiver em conta o número médio de dias num mês produtivo de 20 dias, o *ganho total* será de **9 horas e 05 minutos em cada mês**.

O resultado desta atividade originou a passagem de atividades de *setup* internas em externas, tal como, na redução de tempos de atividades internas, gerando assim aumento de disponibilidade de equipamento e aumento da performance produtiva. O resultado representa uma redução de 23% do tempo consumido em cada *setup*, máquina parada e, por consequência, um aumento de 1,9% de disponibilidade de máquina ao fim de um mês produtivo (considerado 20 dias produtivos).

Este aumento de disponibilidade de equipamento representa maior produtividade com os mesmos recursos num equipamento que representa um gargalo para o processo produtivo da empresa. Este ganho representa *mais um turno de trabalho ao fim do mês* com a mesma carga horária de trabalho e com os mesmos recursos empregues no processo produtivo.

#### **4.3.5. Fase 6 – Mitigar o trabalho interno ou eliminá-lo, se possível**

Após transformar todas as atividades possíveis de internas para externas, conforme descrito, foram observadas todas as atividades que permaneceram como internas e que, dado a natureza da sua atividade, só podem ser realizadas com a máquina parada. Esta ação passou por realizar novos vídeos da atividade total do *setup*, de acordo com o novo descritivo sequencial de tarefas, onde o foco foi a visualização e avaliação

de todas as atividades e a validação quanto à sua classificação de execução em atividades externas e internas, comparando assim a execução operacional com o descritivo.

É ainda nesta fase do trabalho que se avaliam tecnicamente todas as atividades internas, verificando os movimentos resultantes das tarefas executadas com o objetivo de retirar todos aqueles que são desnecessários e reduzir, em tempo, aqueles que sejam passíveis de reorganização sequencial da própria tarefa. Na redução do tempo das atividades foram também consideradas aquelas que possam ser executadas em paralelo, por dois operadores, diminuindo assim o tempo de paragem na sua execução.

Na Figura 28 mostram-se as ações que sofreram alterações e quais os seus resultados com impacto no tempo de *setup*.

**Figura 28.** Registo de atividades internas mitigadas, divididas e eliminadas.

**JDEUS**  
**Objectivo:** Reduzir ou eliminar o trabalho interno  
*Trabalho Interno:* Tarefas que só podem ser realizadas com o equipamento parado  
*Trabalho Externo:* Tarefas que podem ser realizadas com o equipamento a funcionar

**Registo de Atividades**

#	Atividades realizadas	AS-IS (tempos)		Ferramentas	TO-BE (tempos)		TO-BE (tempos)	
		Interno	Externo		Interno P/ Externo	Interno	Externo	Reduzir interno
1	Rechar a montagem de material à máquina	0:00:00	0:23:00	Movimento torçeira	0:00:00	0:23:00	0:00:00	0:23:00
33	Garfuja de ar quente Balar e retirar óxidos	0:23:00	0:00:00	0	0:50:00	0:00:00	0:24:00	
34	Ajuntar a ponte no local zero	1:02:00	0:00:00	0	0:00:00	1:02:00	0:16:00	0:46:00
35	Retirar travca de transponte do molde	0:30:00	0:00:00	0	0:30:00	0:00:00	0:00:00	
36	Montar cabos elétricos e sistema de injeção	13:48:00	0:00:00	0	13:48:00	0:00:00	7:15:00	
37	Ligar os ligas quente	0:12:00	0:00:00	0	0:12:00	0:00:00	0:57:00	
38	Ligar os hidráulicos	1:15:00	0:00:00	0	1:15:00	0:00:00	0:32:00	
39	Ligar as mangueiras elétricas	3:54:00	0:00:00	0	3:54:00	0:00:00	0:00:00	
40		---	---	--				
40	Ajuntar a gripper	0:00:00	0:00:00	0	0:00:00	1:00:00	1:00:00	
41	Recolha de porta paletes e caixas para setup de material	2:00:00	0:00:00	0	0:00:00	2:00:00	2:00:00	
42	Fazer a recolha do material para setup	2:00:00	0:00:00	0	0:00:00	2:00:00	2:00:00	
43	Ligar resto de material nas caixas e paletes para dentro da caixa dos materiais	1:15:00	0:00:00	0	0:00:00	1:15:00	1:15:00	
44	Dirigir a mesa de seleção	1:18:00	0:00:00	0	1:18:00	0:00:00	1:18:00	
45	Levar as caixas para junto da máquina	0:20:00	0:00:00	0	0:00:00	0:20:00	0:20:00	
46	Conferir as formações da máquina - hidráulicos	1:32:00	0:00:00	0	1:32:00	0:00:00	0:00:00	
47	Troca da gripper dos insertos	0:04:00	0:00:00	0	0:00:00	0:04:00	0:04:00	
48	Setup ao alimentador	5:04:00	0:00:00	0	0:00:00	5:04:00	5:04:00	
49	Arranque de máquina	1:00:00	0:00:00	0	1:00:00	0:00:00	1:00:00	
		82:23:00	3:47:00		60:12:00	25:58:00	36:32:00	31:36:00
<b>Total do tempo de setup</b>		<b>86:10:00</b>			<b>86:10:00</b>		<b>66:06:00</b>	
		<b>% AS IS 96% 4%</b>			<b>% Melhorias 70% 30%</b>		<b>52% 48%</b>	

Fonte: Registo ações SMED JDeus – Fase 6.

Após as ações implementadas relativas à redução ou eliminação do trabalho interno constata-se na Figura 28 que os tempos de trabalho interno e externo já representam um equilíbrio significativo, ou seja, 52% do tempo total do *setup* está

relacionado com tarefas internas e 48% do tempo total está com as tarefas externas. Contudo pode-se verificar que para além do equilíbrio, também o tempo total utilizado foi significativamente reduzido, em cerca de 23,20%, ou seja, em menos 20 minutos e 04 segundos (86m 10s – 66m 06s).

No que se refere ao tempo das atividades de trabalho interno, o seu impacto de redução é significativo, retirando cerca de 25 minutos e 40 segundos (60m 12s – 34m 32s), o que representa cerca de 42% de redução de tempo quando comparado com a anterior fase 5 – Transformar o trabalho interno em externo. Incluem-se nesta redução do tempo as atividades que foram eliminadas do trabalho interno, são elas as tarefas: “5 – Paragem de máquina e robot”; “39 – Ligar mangueiras elétricas” e “46 – Conferir informações da máquina – Hidráulicos”, assim como, algumas atividades que partilharam o seu tempo com trabalho de atividades externas, são elas as tarefas: “13 – Colocar a ponte para recolha do molde” e “29 – Elevar e transportar novo molde”.

Contudo alguns tempos foram majorados, dado a reorganização da repartição de algumas tarefas, são elas: “10 – Trocar *Gripper*”; “17 – Colocação das restantes correntes”; “19 – Ajuste da ponte”; “23 – Desaperto dos apertos rápidos”; “25 – Abertura da porta + Recolha de molde”; “34 – Arrumar a ponte no local zero” e “37 – Ligar as águas quentes”.

Quanto ao tempo das atividades de trabalho externo, este sofreu um aumento dada a partilha e divisão de tarefas internas para externas, implicando assim num incremento de 5 minutos e 26 segundos (31m 34s – 25m 58s), ou seja, cerca de 23% incremento de tempo quando relacionado com a anterior fase 5 – Transformar o trabalho interno em externo.

Em conclusão, após todas as ações tomadas em relação ao ponto de mitigar o trabalho interno ou eliminá-lo, verificou-se um tempo total de *setup* em atividades com tarefas de trabalho interno de 34 minutos e 32 segundos (82m 23s – 22m 11s<sup>3</sup> – 25m 40s<sup>4</sup>).

Quando comparado com o “*As Is*” verifica-se um decréscimo de cerca de 58% de *setup* com máquina parada, correspondendo a menos 47 minutos e 51 segundos (22m 11s + 25m 40s), aumentando assim a disponibilidade de equipamento e, como consequência, a sua performance.

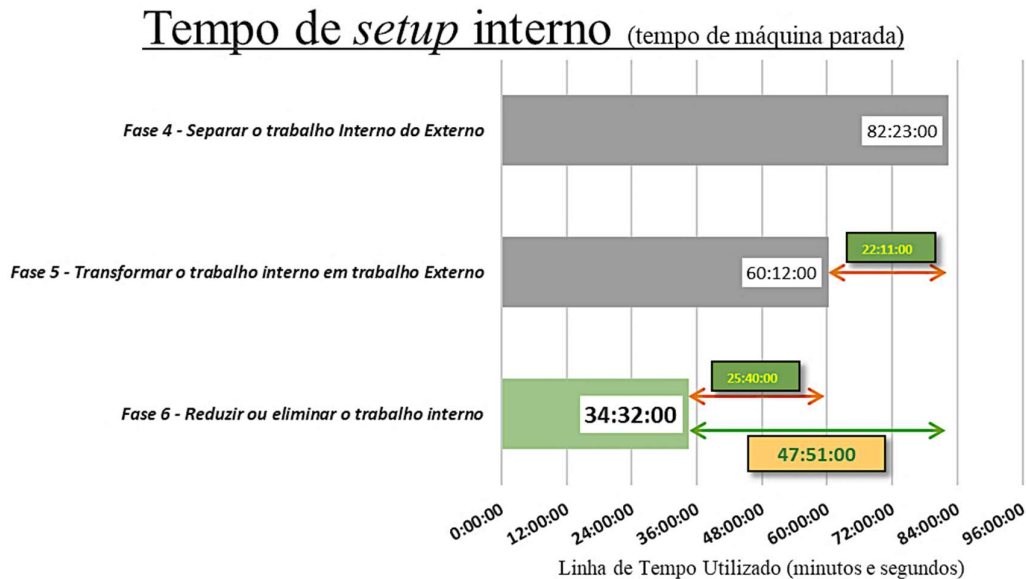
---

<sup>3</sup> Tempo de eficiência referente à fase 5

<sup>4</sup> Tempo de eficiência referente à fase 6

Na Figura 29 pode ser ver-se a eficiência de tempo relativa às atividades realizadas na fase 5 e 6 quando comparadas com o “*As Is*”, ou seja, o tempo atual para realizar o *setup*, antes de qualquer ação relativa à aplicação do programa SMED.

**Figura 29.** Gráfico representativo da eficiência de tempo após fase 5 e 6 do SMED.



Fonte: Elaboração própria, dados de eficiência tempo fase 5 e 6.

Esta melhoria de performance de equipamento representa um ganho significativo para a empresa, tendo em conta os **1,23 *setups*** por dia, que se cifra em **58 minutos e 51 segundos por dia** ( $47m\ 51s \times 1,23$ ), o que produz um aumento de disponibilidade de equipamento de cerca de 4% por dia, o que considerando 20 dias produtivos, se traduz em **19 horas e 37 minutos** ( $58m\ 51s \times 20$  dias) **ao final de um mês**.

Nesta análise cabe ainda referir que na que revisão do *setup*, a atividade “5 – Paragem de máquina e *robot*” foi anulada por completo, dado que foi realizada uma análise técnica ao equipamento *robot* e sua interface com a máquina injetora, em termos de *hardware* e *software*, possibilitando assim a inclusão de linhas de programação no *software* dos equipamentos com instruções para reconhecimento de início de *setup*, sempre que solicitado. O objetivo desta ação foi libertar o TQE da tarefa de preparar a paragem da máquina de injeção e do *robot* de auxílio ao processo de injeção. As máquinas serão assim coordenadas e instruções na sua programação que lhes permitem realizar a tarefa automaticamente sem necessitar de interação com o TQE.

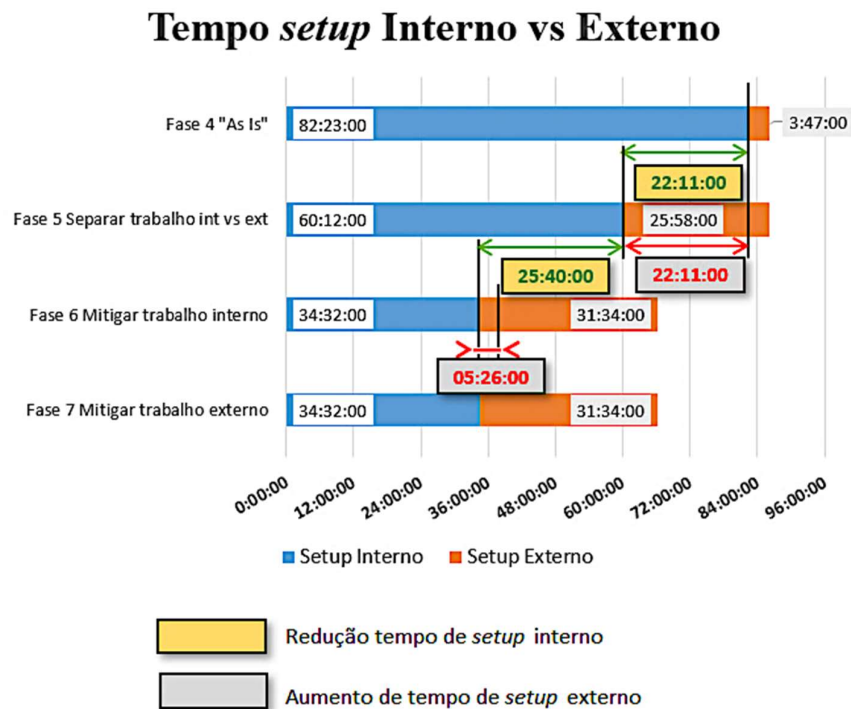
Tendo em conta o resultado positivo e coerente da observação entre o descritivo de *setup* e a execução operacional, procedeu-se à revisão do Procedimento de *Setup*, fazendo uso da ferramenta do LM, *Standard Work (SW)*, referenciada no ponto 2.5.4., que permitiu criar a sistematização necessária e objetiva da execução do *setup*, devidamente registada em documento “Procedimento de *Setup* de Máquinas de Injeção” para futura consulta informativa e formativa dos TQEs.

#### 4.3.6. Fase 7 – Mitigar o trabalho externo ou eliminá-lo, se possível.

Após a análise de todas as atividades externas, as originalmente identificadas, bem como as que foram adicionadas nas fases 5 e 6 provenientes de atividades anteriormente desempenhadas como *setup* interno, estas estão coerentes na sua identificação como atividades de *setup* externo, assim como se confirmam que todas elas são necessárias e parte integrante do desempenho da mudança de série a produzir. Assim não se identificaram quaisquer possibilidades de diminuição de tempo em qualquer uma das atividades, nem a possível eliminação das mesmas.

Na Figura 30 mostram-se os tempos de *setup* ao longo da aplicação das fases 5, 6 e 7.

Figura 30. Gráfico representativo dos *setup* internos e externos nas fases 5, 6 e 7.



Fonte: Elaboração própria com dados de tempos das fases 5, 6 e 7 do *setup*.

Conforme mostrado na Figura 30, confirma-se a eficiência no tempo de *setup* nas atividades internas, através da demonstração dos resultados em 4.3.4., relativo à fase 5 do projeto, onde foi realizada a transferência de trabalho interno para externo, diminuindo assim o tempo de paragem de equipamento em 22 minutos e 11 segundos em cada *setup* e dos resultados em 4.3.5., relativo à fase 6 de projeto, onde foi realizada a análise do trabalho interno remanescente, mitigando-o se possível ou até eliminando-o, o que resultou numa diminuição de tempo de paragem de equipamento em 25 minutos e 40 segundos.

Quanto ao tempo que é consumido em atividades externas ao *setup*, a Figura 30 mostra que estas, embora não afetem o tempo de máquina parada, são necessárias para o bom funcionamento da área, não só para zelar pela organização, conforme referido em 2.5.2. referente ao 5s+1s e também em 2.5.4. referente ao SW. Neste contexto em 4.3.4. demonstra-se que a análise realizada a todas as tarefas internas fez com que as que transitaram para atividades externas incrementaram o tempo em 22 minutos e 11 segundos no *setup* externo. Já em 4.3.5. demonstra-se que houve mais um aumento de 5 minutos e 36 segundos, com origem na partilha de tarefas internas para externas.

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo das fases 5, 6 e 7 referente ao tempo recuperado no trabalho interno do *setup* com um tempo “*To Be*” final de 34 minutos e 32 segundos e o tempo que foi atribuído ao trabalho externo com um tempo “*To Be*” final de 31 minutos e 34 segundos. Desta forma, mostra-se resumidamente o impacto que cada uma das 3 fases, após a sua execução, tem na implementação do projeto SMED.

**Tabela 1.** *Resumo de tempos das fases 5, 6 e 7.*

Tabela resumo das fases 5; 6 e 7 projeto SMED						
Fases do projeto	Trabalho Interno (equipamento <b>parado</b> )			Trabalho Externo (equipamento <b>em produção</b> )		
	Tempo da fase “ <i>As Is</i> ”	Tempo da fase “ <i>To Be</i> ”	Tempo subtraído	Tempo da fase “ <i>As Is</i> ”	Tempo da fase “ <i>To Be</i> ”	Tempo adicionado
<b>Fase 5</b> - Transformar trabalho interno em externo	82:23:00	60:12:00	22:11:00	3:47:00	25:58:00	22:11:00
<b>Fase 6</b> - Mitigar trabalho <u>interno</u> ou elimina-lo, se possível	60:12:00	34:32:00	25:40:00	25:58:00	31:34:00	5:36:00
<b>Fase 7</b> - Mitigar trabalho <u>externo</u> ou elimina-lo, se possível	34:32:00	34:32:00	0:00:00	31:34:00	31:34:00	0:00:00
<i>(tempos registados em minutos)</i>			Total → 47:51:00	Total → 27:47:00		

Fonte: Elaboração própria com dados de tempos das fases 5, 6 e 7 do *setup*.

Assim, quanto ao trabalho interno, verifica-se um decréscimo de 22 minutos e 11 segundos na fase 5 e um decréscimo de 25 minutos e 40 segundos na fase 6, ou seja, retiram-se 47 minutos e 51 segundos ( $22m\ 11s + 25m\ 40s = 47m\ 51s$ ) ao total inicial de 82 minutos e 23 segundos, obtendo-se 34 minutos e 32 segundos ( $82m\ 23s - 47m\ 51s = 34m\ 32s$ ).

Quanto ao trabalho externo, verifica-se um acréscimo total de 27 minutos e 47 segundos ao tempo inicialmente registado de 3 minutos e 47 segundos, obtido com um acréscimo na fase 5 de 22 minutos e 11 segundos e na fase 6 de 5 minutos e 36 segundos.

Desta forma, torna-se pertinente o subcapítulo seguinte, onde o descritivo da instrução do “Procedimento de *Setup* de Máquinas de Injeção” é aplicado em concordância com a operação física de *setup*, apurando a confiabilidade do processo e verificando se haverá algum ponto a ser objeto de reparo.

#### **4.3.7. Fase 8 – Efetuar um teste piloto após finalizar as atividades SMED, o “to be”**

Conforme visto no decorrer da implementação do projeto, todas as fases foram realizadas de uma forma sequencial, correspondendo a uma estrutura lógica na execução de um SMED. Este caso de estudo sendo aplicado numa área de injeção plástico, com um dos equipamentos mais saturados em termos de necessidade produtiva, conduz à necessidade de concluir cada uma das 7 fases antes de prosseguir para a seguinte.

Concluídas as primeiras 7 fases e como forma de validar a eficácia e eficiência da implementação das tarefas de cada uma delas, foi planeada a fase 8 referente ao *teste piloto* de forma a comparar a prática com a teoria definida, no que diz respeito à sequência lógica da execução do *setup*. Esta fase define-se como a auditoria ao processo de como efetuar o *setup*, esperando-se ver refletida na Folha de Operação a comparação com a sequência e o comportamento físico da sua execução.

É neste contexto que é pertinente a elaboração ou alteração da Folha de Operação, sendo esta atualizada de acordo com o último descritivo lógico de execução de *setup* que reflete todas as alterações sugeridas para que os TQE estejam devidamente capacitados para entender, explicitamente, como fazer o *setup* e passá-lo à prática, com o mesmo rigor do descritivo sequencial da Folha de Operação.

Na Tabela 2 mostram-se as tarefas que farão parte do descritivo da Folha de Operação, com a sequência lógica do *setup*, como referência a ter em conta.

**Tabela 2.** Sequência de operações – Folha de Operações Setup.

Sequência da tarefa	Atividades realizadas - Trabalho interno (máquina parada)	TO-BE (tempos: min)
		Interno
1	Recua a unidade de injeção	0:36:00
2	Descarga com material de limpeza para limpeza do fuso	0:55:00
3	Limpeza do molde	1:11:00
4	Troca da gripper	2:54:00
5	Ligou o ar e colocação da gripper na zona de home	0:37:00
6	Fecho de molde	0:04:00
7	Fazer purga de água	3:20:00
8	Retirar a pressão dos hidráulicos	0:42:00
9	Retirar mangueiras do óleo água e fichas elétricas	1:00:00
10	colocação das restantes correntes	0:37:00
11	Retirar mangueiras do óleo água e fichas elétricas	0:44:00
12	ajuste da ponte	1:26:00
13	Arrumar cabos elétricos + Fecho da porta do Robot	0:17:00
14	Fecho das água	0:13:00
15	deslocação até à máquina	0:40:00
16	Desaperto dos apertos rápidos	0:41:00
17	Abertura da máquina + Recolha coluna Retratil	1:05:00
18	Abertura da porta + Recolha do Molde	0:37:00
19	Elevar e transportar novo molde	1:00:00
20	Colocar o molde na máquina	0:15:00
21	Centrar os apertos rápidos com o prato da máquina	1:04:00
22	Carregou o programa e ligou os hidráulicos + colocar máquina junto do molde	2:43:00
23	Baixar e retirar correntes	0:24:00
24	Arrumar a ponte no local zero	0:16:00
25	Retirar tranca de transporte do molde	0:09:00
26	Montar cabos elétricos e sistema de injeção	7:15:00
27	Ligar as águas quentes	0:57:00
28	Ligar os hidráulicos	0:32:00
29	Dirigiu à mesa de selecção	1:18:00
30	Arranque de máquina	1:00:00
	<b>Total →</b>	<b>34:32:00</b>

Fonte: Elaboração própria com descritivo operacional da execução do *setup*.

Após a atualização da Folha de Operação de Execução de *Setup*, dá-se então sequência à execução do *teste piloto* referente processo de *setup* para validação e conclusão da atividade operacional, aferindo assim se todas as tarefas que compõem a Folha de Operação estão de acordo com projetado ou se existirá a necessidade de ajustar alguma atividade.

Na sequência do *teste piloto* ao procedimento e elaboração do *setup* na máquina de injeção plástico, segundo os critérios do SMED, não foram identificados desvios operacionais quando relacionados com o descritivo do *setup*, não só no que diz respeito à sequência lógica descrita, bem como aos tempos mencionados. Desta forma atestou-se que o resultado da implementação do projeto SMED no equipamento máquina de injeção MI09 foi bem-sucedido e validado.

Desta forma, passa-se à implementação final operacional do projeto no chão de fábrica, usando todos os critérios e procedimentos mencionados.

No próximo subcapítulo, referente à fase 9 do projeto, quantificar-se-ão os proveitos provenientes da implementação do projeto SMED no presente caso de estudo.

#### 4.3.8. Fase 9 – Benefícios provenientes da implementação da metodologia SMED

No seguimento da consolidação dos resultados práticos da aplicação do projeto SMED, referente ao caso de estudo, torna-se necessário quantificar os resultados obtidos sob uma forma de performance operacional para atingir o principal objetivo, ou seja, baixar o tempo de *setup*, que segundo a análise ao gráfico de *pareto* sobre as principais causas do *downtime* do equipamento (referenciado no subcapítulo 4.2.1.), objetivando a pertinência da aplicação do SMED na área de injeção,

Neste caso de estudo, o tempo de *setup* interno, baixou em cerca de 58% do seu tempo inicial, provocando uma melhoria substancial e relevante no ponto “Tempo de *setup*” na análise de causas para o *downtime* do equipamento.

Esta redução provoca ainda uma melhoria substancial na performance da gestão dos *setups*, não só organizacional, conforme demonstrado no subcapítulo 4.3.4. que foca a transformação do trabalho interno em externo assente em resultados a aplicação dos 6S, como também na otimização do resultado da produção em cerca de 4,08% do *output* da produção, conforme demonstrado no subcapítulo 4.3.6., onde a Tabela 1 apresenta de uma forma resumida os ganhos obtidos pela implementação do SMED.

De seguida a Tabela 3 mostra a recolha de todos os dados relativos aos benefícios pela aplicação do SMED, para referência.

**Tabela 3.** Dados relativos aos benefícios – Operacionais (disponibilidade de tempo).

<b>JDEUS</b>		
<b>Objectivo:</b> Quantificar os Benefícios Operacionais		
Descritivo dos dados	Dados	Unidade de medida
<b>Minutos reduzidos por Setup</b>	<b>47:51:00</b>	Minutos
<b>Nº médio Setups por turno</b>	<b>1,23</b>	Setup/dia
<b>Minutos reduzidos por dia nos setups</b>	<b>58:51:20</b>	
<b>Horas de trabalho = 1 dia (24h)</b>	<b>1</b>	Dia trabalho
<b>Nº dias médio trabalho por mês</b>	<b>20</b>	Dias/mês méd.
<b>Nº dias médio de trabalho por ano (b)</b>	<b>229</b>	Dias/ano méd.
<b>Minutos por hora</b>	<b>60</b>	Minutos
<b>GANHO HORAS MENSAL</b>	<b>19:37:07</b>	Horas
<b>GANHO HORAS ANUAL (229 dias referência)</b>	<b>224:37:55</b>	Horas
<b>GANHO DE DIAS DISPONIVEIS DE TRABALHO (a)</b>	<b>9,35</b>	Dias
<b>AUMENTO DE DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTO DIA</b>	<b>4,08%</b>	Racio (a/b)

Fonte: Elaboração própria com os dados recolhidos durante a fase 5, 6 e 7 do SMED.

Nesta tabela referenciam-se alguns dados demonstrativos do benefício da aplicação deste projeto, tal como, o tempo que foi retirado ao ‘trabalho interno’ de cada *setup* de 47 minutos e 51 segundos. Por dia verifica-se um decréscimo nos tempos de *setups* de 58 minutos e 51 segundos que por sua vez irá originar 19 horas, 37 minutos e 7 segundos ao fim de um mês (considerando 20 dias). Em um ano de produção, tendo em conta a média de 229 dias produtivos, chega-se ao tempo de 224 horas, 37 minutos e 55 segundos, representando que o *equipamento terá mais 9,35 dias disponíveis* para produzir peças boas, ou seja, *4,08% de aumento na sua disponibilidade produtiva*.

Sendo a fase 9 a última etapa do processo de implementação do SMED e tendo-se concluído a recolha e análise dos dados, efetua-se um resumo, no próximo subcapítulo, de todo o processo de forma a dar suporte às conclusões que se retiram deste caso de estudo, bem como de possíveis atividades que possam surgir no sentido de desbloquear a implementação de outros projetos no âmbito do LM.

#### **4.4. Resumo de Capítulo**

Considerando os princípios da “casa Toyota” deve-se começar com boas fundações, estruturando o básico e dando corpo a metodologias que a fazem crescer até chegar ao “telhado”, neste projeto não poderia ser diferente, dado que este foi aplicado numa empresa assente em fundamentos TPS na sua raiz. Isto permitiu ter um contacto real com o mundo LM, tal como, a aplicação de ferramentas rumo a standardização e sequência lógica de todos os processos. Só desta forma sistemática se consegue aplicar o *kaizen* e criar um mundo de melhoria contínua dentro das organizações.

Analisando o estrangulamento no fluxo produtivo na área de injeção da empresa, com impacto no *output* de todos o processo de construção de *intercoolers*, e após a investigação das causas raiz, verificou-se que a perda de tempo em *setup* foi o ponto mais representativo, dando assim pertinência ao caso de estudo desenvolvido com a aplicação da ferramenta SMED, de forma a eliminar os desperdícios identificados, a aumentar a performance dos equipamentos e, por consequência, dos processos produtivos.

Assim sendo e com a informação recolhida, foram aplicados os fundamentos do SMED estruturados de forma adaptativa à realidade da empresa, com o objetivo cimentar os conhecimentos de *kaizen* por todos os participantes, tal como a aplicação das ferramentas relacionadas com o LM e, por fim, demonstrar a capacidade desta ferramenta no combate aos desperdícios através dos resultados obtidos.

De notar que, como ponto de partida operacional do SEMD, a recolha de dados da situação atual real, é muito importante. Deu origem a todos os trabalhos de análise comparativa que conduziu a todo o processo de mitigação e alocação de tarefas que de outra forma ficariam camufladas, impedindo assim o aumento da eficiência da área.

A sequência da aplicação lógica e estruturada do processo da aplicação do SMED, permitiu desenvolver uma atividade de *kaizen* profunda com impacto na forma como se desenvolvem as tarefas na sequência de execução do *setup*, permitindo assim tornar toda a atividade de injeção de peças plásticas mais eficaz e eficiente, originando mais disponibilidade de equipamento e, por consequência, processos mais eficientes.

Assim, passa-se às conclusões obtidas, tendo em conta os dados recolhidos e análise efetuada após a aplicação do projeto e que demonstra o seu impacto na área produtiva de injeção plástico numa indústria do ramo automóvel.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES

A exigência dos mercados está em níveis cada vez mais altos, com a sua disputa a requer que as empresas estejam sempre à procura de racionalizar os recursos que têm ao seu dispor, otimizando-os e, assim, criando valor nos seus processos para poderem competir com os seus concorrentes.

Gungor e Evens (2017) referem que é no combate ao desperdício que as empresas ficam mais competitivas, incidindo-o na mudança de lotes de produção e, não só, no desperdício de tempo, como também na mudança de série, de forma a seguir as tendências e exigências dos mercados.

Um dos maiores desperdícios que a indústria de injeção de plásticos enfrenta é o tempo de *setup*, pelo que, a empresa alvo deste caso de estudo, sendo do ramo automóvel, não foge à regra, verificando numa das suas áreas mais importantes, equipamentos que estrangulam o *output* de produção pelo seu elevado tempo de *setup*.

Esta situação tornou pertinente a aplicação de um projeto SMED como forma de diminuir esse tempo de *setup*, transformando-o em aumento de performance do equipamento e, assim, em aumento do potencial *output* da produção.

Cumprindo todas as fases planeadas para a implementação do SMED, o projeto revelou-se não só importante no ponto de vista de organização do processo, como também na reconfiguração do método de *setup*, originando uma descrição mais completa e metódica na sequência lógica de como fazê-lo na prática.

O reflexo da reconfiguração do método do *setup* através da metodologia SMED teve impacto positivo na obtenção da mitigação do desperdício associado ao tempo de máquina parada. O resultado obtido permitiu fazer o mesmo *output* de produção com menos 4,08% de ocupação de equipamento que pode ser visto como aumento da performance produtiva do equipamento em 4,08%, devido à maximização do equipamento alvo do projeto SMED.

No seguimento do PDCA deste projeto, Liker e Franz (2013) demonstram que no fecho do ciclo na última fase, “Agir”, um dos pontos importantes é a transversalidade do projeto a outros equipamentos idênticos, podendo representar uma ferramenta eficaz e eficiente no combate ao desperdício e aumento de performance nos recursos da empresa alvo.

A aplicação do projeto permitiu também a prática de outras ferramentas do LM, tal como o 5S+1, PDCA e JIT, entre outras, evidenciando na prática o estado de arte e

demonstrando a importância das ferramentas do LM no combate ao desperdício e na gestão dos recursos disponíveis da empresa, sempre escassos e finitos.

Este projeto demonstra a importância do LM nos dias de hoje para a indústria, através aplicação das suas ferramentas no combate ao desperdício e no aumento de performance dos processos produtivos nas empresas, onde a empresa alvo do caso de estudo é um exemplo da necessidade de o implementar, com todas as suas sistemáticas, permitem uma melhoria contínua permanente.

Neste contexto, Barros e Passos (2021) concluem pela pertinência e força do LM e importância da interligação das suas ferramentas na redução dos desperdícios e resultado das empresas. Ainda concluem que as empresas necessitam de criar a capacidade de se adaptar às constantes mudanças dos volumes e referências a produzir para satisfazerem as necessidades dos seus clientes, onde o SMED é uma das importantes metodologias a ter em conta.

Oliveira (2017) também concluiu que a implementação da ferramenta LM resulta em ganhos importantes para as empresas (financeiros, disponibilidade de equipamentos e recursos), onde a aplicação do projeto SMED e ferramentas do LM permitiu identificar desperdícios de tempos de *setup*, originando um conjunto de atividades para mitigar esses desperdícios.

Assim sendo, dá-se corpo à **resposta para a pergunta de investigação desta dissertação definida em: “Como a aplicação de metodologia SMED impacta na área produtiva de injeção plástico numa indústria do ramo automóvel?”**

O impacto no recurso mais importante das empresas, as pessoas, proporciona um investimento na formação, capacitação e desenvolvimento deste recurso, envolvendo-o na cultura *kaizen*, aumentando a sua performance com o conhecimento e uso de ferramentas do LM. A empresa objeto do estudo ficou mais robusta na abordagem às ferramentas de melhoria contínua, como também nas ferramentas de qualidade, por parte dos seus colaboradores, aumentando assim a performance das pessoas, com impacto direto no resultado produtivo da empresa.

Contudo, foi na organização, método e *output* da área alvo do projeto SMED que o impacto foi mais significativo. Isto porque a redução do tempo de *setup* e a mitigação de desperdícios existentes que não agregavam qualquer valor ao processo, permitiu tornar o *setup* mais curto, aumentando o tempo disponível para trabalho do equipamento e, assim, a performance da área.

Na indústria, o combate ao desperdício é uma obrigação, pois apenas com esta consciência bem clara na sua gestão, poderá continuar a fazer frente à dinâmica dos mercados, cada vez mais competitivos. Fica claro que o SMED é uma ferramenta que impacta positivamente os processos produtivos que tenham mudança de série, pelo resultado demonstrado no caso de estudo.

Como forma de sustentar cientificamente a resposta à pergunta de investigação, apresentam-se os resultados obtidos após a aplicação do SMED, assim sendo, a execução de *setup* de máquina parada passou de 82 minutos e 23 segundos para 34 minutos e 32 segundos, baixando em 58% o tempo de paragem e aumentando a disponibilidade de máquina em 47 minutos e 23 segundos. Considerando que em média se faz cerca de 1,23 *setup* por dia e os 229 dias de trabalho por ano, a área ganha cerca de 224 minutos e 38 segundos, o que origina cerca de 4,08% de disponibilidade de equipamento ao fim de um ano de trabalho, ou seja, 9,35 dias de trabalho de disponibilidade num ano de trabalho.

O conhecimento do impacto dos resultados obtidos numa das máquinas mais saturadas da área e com relevância no *output* da empresa, ou seja, a máquina MI09 considerada como um equipamento “gargalo”, tornou relevante a importância de aplicar este projeto aos restantes equipamentos equivalentes e outros, sendo uma das prioridades dos planos de ações para a melhoria contínua e redução e combate ao desperdício. A empresa pretende assim maximizar os seus processos, minimizando os seus custos de transformação.

Como oportunidades futuras de desenvolvimento operacional referenciam-se os seguintes: i) a disseminação do projeto SMED para todas as outras prensas de injeção, ii) treino e capacitação de outras equipas nas ferramentas LM, em especial na metodologia SMED, iii) implementação da metodologia SMED pelas outras áreas e processos da empresa alvo.

As limitações sentidas foram basicamente a dificuldade de “esticar” o tempo existente para a realização deste trabalho. A conciliação de todas as atividades diárias foi o principal desafio, pois todas fazem parte do quotidiano comum. Um planeamento correto é necessário para que todas as atividades sejam realizadas, pois já Albert Einstein afirmava que “*Falta de tempo é a desculpa daqueles que perdem tempo por falta de planeamento*”. O planeamento deve ser equilibrado e seguido de forma metódica e sistemática, pois só assim se consegue uma conciliação de todas as atividades.

Como investigação futura, sugere-se a realização da aplicação do estudo VSM (*Value Stream Mapping* – mapeamento do fluxo de valor) num processo produtivo em

conjunto com a aplicação de um SMED, isto porque, um dos grandes desperdícios existentes nas empresas é o espaço, tal como é o caso do excesso de stock. A aplicação de um SMED trará uma melhoria nas mudanças de série, tendo como princípio a diminuição dos stocks intermédios entre operações. O encadeamento do SMED com o VSM deverá ser estudado, investigado e posto em prática, pois o retorno que trará para as empresas será significativo, quando se pretende eliminar os desperdícios existentes ao longo dos processos produtivos. Fica lançado o desafio.

## BIBLIOGRAFIA

- Al-Araidah, O., Jaradat, M. A., & Batayneh, W. (2010). Using a fuzzy Poka-Yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4787-4795.
- Altman, H. (2017). *Lean Enterprise: Quickstart step by step guide to build a lean business*. Scotts Valley, CA: Create Independent Publishing Platform.
- Anderson, D. J., & Carmichael, A. (2017). *Kanban Essencial Condensado*. Seattle, WA: Lean-Kanban University.
- ATEQ. (2022). *Shigeo Shingo*. Palmela: ATEQ. Obtido de ATEQ - Academia de Formação: <https://www.atec.pt/lexico/r-s/shigeo-shingo.html>
- Bandeira, R. M. A. (2020). Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing em uma empresa de distribuição de cosméticos (Monografia em Engenharia de Produção, Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, São Luís, MA, Brasil). Obtido em <http://repositorio.undb.edu.br/jspui/handle/areas/352>
- Barros, F., & Passos, C. (2021). Implementação do SMED em ambiente LEAN. *Gestão e Desenvolvimento*, 29, 31-59.
- Bastos, B. C., & Chaves, C. (2012). Aplicação de Lean Manufacturing em uma Linha de Produção de uma Empresa do Setor Automotivo. In *IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia* (pp. 1-15). Resende, RJ: AEDB.
- Bastos, N. M., Alves, A. C., Castro, F. X., Duarte, J., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2021). Reconfiguration of assembly lines using Lean Thinking in an electronics components' manufacturer for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 55, 383-392.
- Booth, A. (2016). The literature review: Its role within research. In A. Booth, A. Sutton, & D. Papaioannou (Eds.), *Systematic approaches to a successful literature review* (Chap. 1, pp. 1-16). London: Sage.
- Bozdogan, K. (2010). *Evolution of the Lean Enterprise System: A Critical Synthesis and Agenda for the Future* (ESD Working Paper Series). Cambridge, MA: MIT.
- Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Setup time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33, 334-344.

- Campenhoudt, L. V., Quivy, R., & Marquet, J. (2019). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Chiroli, D. M., Pereira, L. M., Garcia, J. C., & Branco, F. C. (2019). Aplicação de troca rápida de ferramentas (TRF) em linhas de recebimento: estudo de caso em uma indústria do setor sementeiro. In *IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção* (pp. 1-12). Ponta Grossa, PR: ABEPRO.
- CITEVE. (2012). *Ferramenta de Desenvolvimento e Aplicação do Lean Thinking no STV*. Vila Nova de Famalicão: CITEVE.
- CLT – Comunidade Lean Thinking. (2008). *A Criação de valor através da eliminação do desperdício*. Porto: CLT. Obtido de: <https://www.cltservices.net>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action Research for Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220-240.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2011). *Gestão da Produção*. Lisboa: Lidel.
- Cunha, L. d., & Alves, J. M. (2011). A Manufatura Enxuta Contribuindo para a Melhoria do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ): Estudo de Caso. In *XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações*. São Paulo, SP: FGV.
- Diafler. (2022). *Empresa de moldes plástico*. Obtido de: <https://www.diafler.com.br/empresa-molde-plastico>
- Dinis-Carvalho, J., Guimarães, L., Sousa, R. M., & Leão, C. P. (2019). Waste identification diagram and value stream mapping: A comparative analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 767-783.
- Dobra, P., & Jósvali, J. (2021). Enhance of OEE by hybrid analysis at the automotive semi-automatic assembly lines. *Procedia Manufacturing*, 54, 184-190.
- Filho, M. G., & Fernandes, F. C. (2004). Manufatura enxuta: Uma revisão que classifica os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. *Gestão e Produção*, 11(1), 1-19.
- Ford, D., & Hakansson, H. (2013). Competition in business networks. *Industrial Marketing Management*, 42(7), 1017-1024.
- Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Trevisan, M. A. (2004). Revisão sistemática: Recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da Enfermagem. *Revista Latino-americana de Enfermagem*, 12(3), 549-556.

- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91-108.
- Gungor, Z. E., & Evens, S. (2017). Understanding the hidden cost and identifying the root causes of changeover impacts. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1138-1147.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437.
- Hoyle, D. (2005). *Automotive Quality Systems Handbook*. Oxford: Elsevier.
- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. d., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S Methodology to 6S with an Additional Layer to Ensure Occupational Safety and Health Levels. *Sustainability*, 11(14), 3827.
- Kurganov, V., Sai, V., Gryaznov, M., & Dorofeev, A. (2021). The Emergence and Development of Lean Thinking in Transport Services. *Transportation Research Procedia*, 54, 309-319.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2005). *O Modelo Toyota*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Liker, J. K., & Franz, J. K. (2013). *O modelo Toyota de melhoria continua*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2007). *O Modelo Toyota: Manual de Aplicação*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Lopez, P. R., Santos, J. F., & Arbós, L. C. (2013). Lean manufacturing: costing the value stream. *Industrial Management & Data Systems*, 113(5), 647-668.
- Manfredini, M. F., & Suski, C. A. (2010). Aplicação do Lean Manufacturing para minimização de desperdícios gerados na produção. In *V Congresso Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade* (pp. 308-317). Foz do Iguaçu, PR.
- Martins, H. A. (2009). *Estudo sobre os conceitos da autonomia e aplicação de PFMEA para auxílio na implementação de sistemas à prova de erro* (Monografia em Engenharia Mecatrônica, USP, São Paulo, SP, Brasil).
- McIntosh, R. I., Colley, S. J., & Mileham, A. R. (2001). *Improving Change over Performance: A Strategy for Becoming a Lean, Responsive Manufacturer*. Houston, TX: Butterworth Heinemann.

- Mcintosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98-111.
- Medlin, C. J., & Ellegaard, C. (2015). Conceptualizing competition and rivalry in a networking business market. *Industrial Marketing Management*, 51, 131-140.
- Miranda, M. Â. S. (2020). *Aumento da eficiência de uma linha de soldadura na produção de elevadores* (Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal).
- Moldes Injeção Plásticos (2021). *Moldagem, Ciclo e Etapas de Moldagem*. Obtido de <http://moldesinjeaoplasticos.com.br/moldagem-ciclo-e-etapas-de-moldagem/>
- Monden, Y. (2015). *Sistema Toyota de Produção: Uma abordagem integrada do Just-in-time* (4ª. ed.). Porto Alegre, RS: Bookman.
- Nobrega, R. B., & Kubo, E. K. M. (2020). Resquícios do Volvismo nas Organizações Contemporâneas. *International Journal of Development Research*, 10(7), 38097-38104.
- Observador (2021, Janeiro 19), Covid-19. Venda de Automóveis na Europa com Queda 'Sem Precedentes' em 2020. Observador. <https://observador.pt/2021/01/19/covid-19-venda-de-automoveis-na-europa-com-queda-sem-precedentes-em-2020/>
- Ogayar, J. J., & Galante, J. T. (2013). *Lean Process: Mejorar los procesos para ser más competitivos – Guía Lean Management V2 R2*. Obtido em [https://issuu.com/aareii/docs/femeval\\_com\\_curso\\_lean\\_v3](https://issuu.com/aareii/docs/femeval_com_curso_lean_v3)
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, OR: Productivity Press.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema de produção Toyota - Além da produção em larga escala*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Ortiz, C. A. (2009). *Kaizen e Implementação de Eventos Kaizen*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Padilha, C. M. C., Albertin, M. R., Souza, F. J. S., Castro, C. H. C., & Diógenes, L. O. M. (2012). Aplicação de um método de troca rápida de ferramentas (TRF) em uma empresa de bebidas. In *XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1-15). Bento Gonçalves, RS: ABEPRO.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6ª. ed.). Lisboa: Lidel.

- Pompeu, A. M., Pinheiro, J. A., & Rabaioli, V. (2015). Os modelos de produção e o trabalho padronizado: uma abordagem da produção artesanal à produção enxuta. *Multitemas*, 47, 89-108.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors* (Republished). New York, NY: Free Press.
- Reis, F. L. (2022). *Investigação Científica e Trabalhos Académicos*. Lisboa: Silabo.
- Riani, A. M. (2006). *O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson* (Monografia em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil).
- Rodrigues, M. V. (2015). *Sistemas de Produção Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier.
- Rodrigues, M. V. (2016). *Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão* (3ª. ed.). Rio de Janeiro, RJ: Campus.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar Desperdício*. São Paulo, SP: The Lean Enterprise Institute.
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2011). Waste Identification Diagrams. In *CLME'2011 / IIICEM – 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia* (pp. 1-7). Maputo, Mozambique: INEGI.
- Salgado, E. G., Mello, C. H. P., Silva, C. E. S., Oliveira, E. S., & Almeida, D. A. (2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão e Produção*, 16(3), 344-356.
- Saltiel, R. M. F., & Nunes, F. L. (2017). A Indústria 4.0 e o Sistema Hyundai de Produção: Suas Interações e Diferenças. In *Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP* (pp. 260-271). Joinville, SC: UFSC.
- Santos, R. F., & Alves, J. M. (2015). Proposta de um modelo de gestão integrada da cadeia de suprimentos: aplicação no segmento de eletrodomésticos. *Production*, 25(1), 125-142.
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.). Essex: Person Education Limited.
- Schmidt, F. C. (2019). *Sistema de Produção para Indústria de Autopeças com Elementos da Indústria 4.0* (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil).

- Schmidt, F. C., Korzenowski, A. L., Goecks, L. S., Gomes, I. B., & Benetti, V. G. (2023). A Production Systems for the Auto Parts Industry with Elements os Industry 4.0. *Production*, 33, e20220005.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Norwalk, CT: Productivity Press.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-Yoke System*. Portland, OR, Productivity Press.
- Shingo, S. (1996). *O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Shingo, S. (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Siebert, H., & Klodt, H. (2001). A Caminho da Concorrência Global: Catalisadores e Condicionantes. In OECD, *O Futuro da Economia Global* (pp. 161-184). Paris: OECD Publishing.
- Silva, F. S. (2018). *Normalização do processo de mudança em linhas de montagem de bicicletas e aplicação da metodologia SMED para diminuição de tempos de Setup* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade do Porto, Porto, Portugal).
- Spann, M. S., Adams, M., Rahman, M., Czarnecki, H., & Schroer, B. J. (1999). Transferring Lean Manufacturing to Small Manufacturers: States associations for small business and entrepreneurship: The Role of NIST-MEP. In *Proceedings of the US Association for Small Business and Entrepreneurship* (pp. 691-705). Decatur, IL: USASBE.
- Surajmech (2020). *Lean Manufacturing Tools*. Obtido de <https://www.surajmech.com/2020/02/lean-manufacturing-tools.html>
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. Rio Meão: LeanOp Press.
- Teixeira, S. M., & Buneder, R. (2020). Aplicação dos conceitos de SMED em uma linha de montagem de componentes eletrônicos. *Canoas*, 8(1), 23-43.
- Villava, G. M. (2008). *Herramientas Y Técnicas Lean Manufacturing en Sistemas de Producción Y Calidad* (Monografía em Engenharia Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, Mexico).
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

- Womack, J. (2006). *The Lean Post / Articles / Mura, Muri, Muda?* Obtido de Lean Enterprise Institute: <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/mura-muri-muda>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Womack, J., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that change the world*. New York, NY: Free Press.