



DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE SUPORTE À IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE CONCEITOS DO LEAN MANUFACTURING

JOSÉ PEDRO QUEIRÓS RIBEIRO

outubro de 2022

DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE SUPORTE À IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE CONCEITOS DO *LEAN* *MANUFACTURING*

José Pedro Queirós Ribeiro

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE SUPORTE À IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE CONCEITOS DO *LEAN* *MANUFACTURING*

José Pedro Queirós Ribeiro

Estudante n.º 1160833

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Professora Doutora Marlene Ferreira Brito e coorientação da Professora Maria Beatriz Pinheiro.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Na realização da presente dissertação de mestrado, contei com o apoio direto ou indireto de múltiplas pessoas às quais estou profundamente grato. Correndo o risco de injustamente não mencionar algum dos contributos quero deixar expresso os meus agradecimentos:

- ✓ À orientadora deste projeto, a Engenheira Marlene Ferreira, pela orientação prestada, pelo seu incentivo, disponibilidade e incansável apoio que sempre demonstrou. Aqui lhe exprimo a minha gratidão.
- ✓ À Engenheira Beatriz Pinheiro pela sua participação no projeto, disponibilidade e aconselhamento;
- ✓ Aos estudantes Renata Santos, Rita Sousa e Diogo Alves por colaborarem no processo de validação do manual, pois a vossa participação foi fundamental para o sucesso do projeto e, portanto, a todos, um muitíssimo obrigado;
- ✓ Merecem também destaque todas as pessoas que responderam ao questionário do manual, pois o vosso *feedback* foi fundamental para a validação e melhoria contínua deste projeto;
- ✓ À empresa *Symington Family States*, pela oportunidade de desenvolvimento de alguns projetos, que foram uteis para a criação do Manual de Instruções *Lean*;
- ✓ Aos meus professores pelos conhecimentos partilhados ao longo do meu percurso académico, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto;
- ✓ Não poderia deixar de agradecer à minha família por todo o apoio económico, pela força e pelo carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha vida académica;
- ✓ À minha namorada, Nicole Almeida, por todo o incentivo e carinho prestados. Obrigado por nunca duvidares das minhas capacidades;
- ✓ A todos os amigos e colegas que de uma forma direta ou indireta, contribuíram ou auxiliaram na elaboração do presente projeto, pela paciência, atenção e força que prestaram em momentos menos fáceis;
- ✓ Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, pelo acolhimento e oportunidade de realização deste projeto;

página propositadamente em branco

RESUMO

A presente Dissertação de Mestrado surge no âmbito da Unidade Curricular de Projeto/Dissertação/Estágio, referente ao 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O projeto de investigação, intitulado “Desenvolvimento de um manual de suporte à implementação prática de conceitos do *Lean Manufacturing*”, tem como principal objetivo desenvolver e validar um manual de auxílio à implementação prática de conceitos do *LM*.

Na atualidade, o *Lean Manufacturing (LM)* é um dos modelos de gestão mais procurado pelas organizações para promover o seu crescimento e desenvolvimento, no entanto muitas delas têm dificuldade em implementar de forma correta os seus conceitos, principalmente, devido à falta de conhecimento, más práticas de aplicação e por não possuírem um suporte com as metodologias *standard* da sua aplicação nos momentos de implementação. Posto isto, o que se pretende neste projeto é desenvolver e testar um Manual de Instruções *Lean (MIL)* com a informação necessária para implementar alguns dos conceitos do *LM*. O objetivo é que o manual sirva de suporte aos utilizadores nos momentos em que implementam as ferramentas do *LM*.

Para a realização deste projeto seguiu-se a metodologia investigação-ação, visto que é uma metodologia normalmente utilizada em projetos que pretendem resolver problemas práticos e sociais através da investigação, o que é o caso. Através desta metodologia, inicialmente, efetuou-se a definição do problema e dos objetivos do trabalho. De seguida, realizou-se um planeamento de ações. Posteriormente, executou-se o plano, sendo de destacar as etapas de seleção das ferramentas do *LM* a incluir no MIL (*Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban e VSM*), desenvolvimento e validação do manual. Depois, observaram-se os resultados e efetuaram-se os ajustes necessários. Por fim, teceram-se as devidas conclusões e identificaram-se projetos futuros de melhoria.

Na fase de validação, o MIL foi aprovado por duas peritas na área do *LM*, testado por três potenciais utilizadores, que aplicaram as ferramentas *Kaizen, 5's e VSM* em ambientes industriais, e avaliado por vinte e nove pessoas através da realização de um questionário online. Além disto, para monitorizar os resultados do questionário desenvolveu-se uma *dashboard* em *Power Bi* e um fluxo em *Power Automate* para agilizar o processo.

Os conteúdos do MIL foram aprovados com sucesso pelos experts *Lean*, as ferramentas testadas foram corretamente implementadas com o auxílio do manual e apresentaram resultados bastante significativos, como por exemplo, a redução de cerca de 62% do tempo de identificação de materiais e os incrementos de 55% e 57% das pontuações dos *5's* nos postos de trabalho e, por fim, as avaliações efetuadas ao MIL pelos questionados foram bastante positivas e, no geral, acima do objetivo definido. Assim, todos estes resultados, permitem concluir que o projeto foi desenvolvido com sucesso e que a utilização do Manual de Instruções *Lean* no processo de implementação de ferramentas do *LM* tem um efeito bastante positivo. Por fim, elaborou-se um artigo científico, o qual foi submetido na revista científica *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing; Manual de Instruções; Kaizen; Standard Work; 5's; SMED; Kanban e VSM

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This Master's Dissertation is part of the Project/Dissertation/Internship Curricular Unit, referring to the second year of the Master's Degree in Industrial Engineering and Management at the Instituto Superior de Engenharia do Porto. This research project, entitled "Development of a support manual for the practical implementation of Lean Manufacturing concepts", has as main objective to develop and validate a manual to aid the practical implementation of LM concepts.

Currently, Lean Manufacturing (LM) is one of the management models most required by organizations to promote their growth and development, however many of them have difficulty implementing its concepts correctly, mainly due to lack of knowledge, bad application practices and for not having a support with the standard methodology of its application in the moments of implementation. That said, the aim of this project is to develop and test a Lean Instruction Manual with the necessary information to implement some of the LM concepts. The goal is for the manual to serve as a support for users when implementing the LM tools.

To carry out this project, the research-action methodology was followed, since it is a methodology normally used in projects that intend to solve practical and social problems through research, which is the case. Through this methodology, initially, the problem and objectives of the work were defined. Then, action planning was carried out. Subsequently, the plan was executed, highlighting the steps of selecting the LM tools to include in the manual (Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM), development and validation of the manual. Afterwards, the results were observed and the necessary adjustments were made. Finally, the appropriate conclusions and future improvement projects were identified.

In the validation phase, the manual was approved by two experts in the field of LM, tested by three potential users, who applied the Kaizen, 5's and VSM tools in industrial environments, and evaluated by twenty-nine people through an online questionnaire. In addition, to monitor the results of the questionnaire, a Power Bi dashboard and a Power Automate flow were developed to streamline the process.

The contents of the manual were successfully approved by Lean experts, the tested tools were correctly implemented with the help of the manual and presented very significant results, for example, a reduction of about 62% in material identification time and increases in 55% and 57% of the scores of the 5's in the workstations and, finally, the assessments made to the manual by the respondents were very positive and, in general, above the defined objective. Thus, all these results allow us to conclude that the project was successfully developed and that the use of the Lean Instruction Manual in the process of implementing LM tools has an extremely positive effect. Finally, a scientific article was elaborated, which was submitted in the scientific journal Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

KEYWORDS

Lean Manufacturing; Instruction Manual; Kaizen; Standard Work; 5's; SMED; Kanban and VSM

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XV
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Enquadramento e Pertinência	17
1.2. Questão e Objetivos de Investigação	18
1.3. Opções Metodológicas	18
1.4. Estrutura do Trabalho	19
1.5. Calendarização	20
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	22
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	22
2.1.1. Definição do <i>Lean Manufacturing</i>	22
2.1.2. Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	23
2.1.3. História do <i>Lean Manufacturing</i>	23
2.1.4. <i>Toyota Production System</i>	25
2.1.5. Desperdícios <i>MUDA</i>	26
2.2. Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	28
2.2.1. Seleção das Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> a Incluir no Manual	28
2.2.2. <i>Kaizen</i>	32
2.2.3. <i>Standard Work</i>	33
2.2.4. <i>5's</i>	34
2.2.5. <i>SMED</i>	35
2.2.6. <i>Kanban</i>	38
2.2.7. <i>Value Stream Mapping</i>	40
3. DESENVOLVIMENTO	45
3.1. Desenvolvimento do Manual de Instruções <i>Lean</i>	46
3.1.1. Capítulo 1 – Introdução	46
3.1.2. Capítulo 2 – <i>Lean Manufacturing</i>	47
3.1.3. Capítulo 3 – Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	47
3.1.4. Capítulo 4 – Fichas Técnicas	48
3.1.5. Capítulo 5 – Anexos	60
3.2. Validação do Manual	61
3.2.1. Aprovação de Peritos na Área do <i>Lean</i>	61
3.2.2. Testes em Ambientes Industriais	61
3.2.3. Questionário de Recolha de <i>Feedback</i>	62
3.3. Monitorização de Respostas ao Questionário	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67

4.1. Apresentação de Resultados	67
4.1.1. Resultados da Aplicação do Manual em Ambientes Industriais	67
4.1.2. Resultados do Questionário	74
4.2. Discussão de Resultados	75
5. CONCLUSÃO	79
5.1. Conclusões Finais	79
5.2. Limitações e Investigação Futura	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO MANUAL DE INSTRUÇÕES <i>LEAN</i>	89
APÊNDICE B – FLUXO DESENVOLVIDO NO <i>POWER AUTOMATE</i>	92
APÊNDICE C – TABELA DE REGISTO AUTOMÁTICO DE RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO	94
APÊNDICE D – EXEMPLO DE E-MAIL AUTOMATICAMENTE ENVIADO PARA O GESTOR DO MANUAL COM A INFORMAÇÃO DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO	95
APÊNDICE E – TRATAMENTO DE DADOS.....	96
APÊNDICE F – ARTIGO CIENTÍFICO DESENVOLVIDO.....	97
ANEXO A – AUDITORIA 5´S REALIZADA NA <i>BI-SLIQUE</i>	115
ANEXO B – <i>VSM</i> REALIZADO NA <i>CORK SUPPLY S.A.</i>	116

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodologia Investigação-Ação.....	19
Figura 2 Calendarização do Projeto	20
Figura 3 Benefícios do Lean Manufacturing (Fonte: Adaptado de Driouach et al. (2019))	23
Figura 4 Evolução do Lean Manufacturing ao longo do tempo (Fonte: (Dave, 2020)).....	24
Figura 5 Pilares do TPS (Fonte: Adaptado de Sukiennik e Bak (2019))	25
Figura 6 Desperdícios MUDA (Fonte: Adaptado de Raut (2021))	26
Figura 7 Resultados do estudo de Sundar (Fonte: (Sundar et al., 2014))	29
Figura 8 Número de aplicação de ferramentas do Lean nos artigos analisados	31
Figura 9 Conceito de Kaizen (Fonte: Adaptado de Carnerud et al. (2018))	32
Figura 10 Ciclo PDCA (Fonte: Adaptado de Agostinho et al. (2019))	33
Figura 11 Etapas de aplicação da metodologia 5´s (Fonte: (Veres et al., 2018)).....	35
Figura 12 Etapas de aplicação da metodologia SMED (Fonte: (A. Silva et al., 2020))	37
Figura 13 Sistemas Kanban vs tempos de setup (Fonte: (Braglia et al., 2020)).....	39
Figura 14 As quatro fases de aplicação do VSM (Fonte: Adaptado de Kundol et al. (2019))	40
Figura 15 Principais símbolos do VSM (Fonte: Adaptado de Kundol et al. (2019))	41
Figura 16 Exemplo de mapa de fluxo de valor atual (Fonte: (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019))	42
Figura 17 Exemplo de mapa de fluxo de valor futuro (Fonte: (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019))	43
Figura 18 Fluxograma do Projeto.....	45
Figura 19 Manual de Instruções Lean	46
Figura 20 Alguns dos pensamentos do Lean que são transmitidos nas FT.....	49
Figura 21 Explicação do Questionário ERCS na FT do <i>SMED</i>	50
Figura 22 Template do Ciclo PDCA.....	51
Figura 23 Template dos 5´ <i>WHY</i>	52
Figura 24 Tabela de Triagem de Materiais.....	52
Figura 25 Instrução de trabalho desenvolvida para a etapa de triagem dos 5´s.....	53
Figura 26 Instrução de trabalho desenvolvida para a etapa de arrumação dos 5´s.....	53
Figura 27 Folhas de Registo de Tarefas desenvolvidas para a etapa de disciplina dos 5´s.....	53
Figura 28 Folhas de Verificação desenvolvidas para as etapas de triagem e arrumação dos 5´s ...	54
Figura 29 Template para Auditorias 5´s.....	55
Figura 30 Tabela de Registo de Atividades	56
Figura 31 Template desenvolvido para a elaboração de um Plano de Ação	56
Figura 32 Template desenvolvido para a elaboração de uma Matriz de GUT.....	56
Figura 33 Template desenvolvido para cartões kanban de produção.....	57
Figura 34 Template desenvolvido para cartões kanban de transporte	57
Figura 35 Template desenvolvido para cartões do quadro kanban	57
Figura 36 Template desenvolvido para a Matriz Produto Processo	58
Figura 37 Exemplo prático de kanban de produção da FT do Kanban	59
Figura 38 Exemplo prático de kanban de transporte da FT do Kanban.....	59
Figura 39 Exemplo prático de cartão do quadro kanban da FT do Kanban	59

Figura 40 Utilização de um diagrama do manual para apresentar os benefícios do Lean Manufacturing.....	67
Figura 41 Utilização de exemplo prático do manual para exemplificar a aplicação do Diagrama de Ishikawa	68
Figura 42 Utilização da informação do manual para definir as ferramentas Kaizen e Diagrama de Ishikawa	68
Figura 43 Utilização da informação do manual para enumerar os benefícios da ferramenta 5´s ..	68
Figura 44 Utilização do template do Diagrama de Ishikawa para a identificação das causas dos desperdícios de alumínio na Bi-slique	69
Figura 45 Utilização do template do Ciclo PDCA para auxiliar o processo de resolução de problemas na Artevasi	69
Figura 46 Utilização do template do Plano de Ação para o planeamento da implementação das propostas de melhoria na Artevasi	69
Figura 47 Utilização do template da Tabela de Triagem de Materiais para efetuar a triagem de materiais num PT da Artevasi	70
Figura 48 Utilização do template da Tabela de Triagem de Materiais para efetuar a triagem de materiais num PT da Bi-slique.....	70
Figura 49 IT desenvolvida para a etapa de Triagem dos 5´s na Bi-slique com o auxílio do manual	71
Figura 50 IT desenvolvida para a etapa de Arrumação dos 5´s na Bi-slique com o auxílio do manual	71
Figura 51 IT desenvolvida para a etapa de Limpeza dos 5´s na Bi-slique com o auxílio do manual	71
Figura 52 Utilização do template da Folha de Registo de Triagem para aplicação da etapa de disciplina dos 5´s na empresa Bi-slique	72
Figura 53 Resultados da aplicação dos 5´s com o auxílio do manual na Bi-slique.....	73
Figura 54 Resultados da aplicação do Kaizen com o auxílio do manual na Artevasi	73
Figura 55 Resultados da aplicação dos 5´s com o auxílio do manual na Artevasi	74
Figura 56 Resultados das respostas ao questionário do manual.....	75

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Exemplos de aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing	30
Tabela 2 Vantagens e desvantagens do SMED (Fonte: (A. Silva et al., 2020; Tekin et al., 2019; T. Vieira et al., 2019))	37
Tabela 3 Estudantes e projetos de estágio que colaboraram com o processo de validação do Manual de Instruções Lean	62
Tabela 4 Resultados da avaliação do manual pelos peritos na área do LM	74
Tabela 5 Resultados da avaliação do manual pelos estudantes que o testaram em ambientes industriais.....	75

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

ECRS	Eliminar-Combinar-Reduzir-Simplificar
ENGQU	Engenharia da Qualidade
FIFO	<i>First-In-First-Out</i>
FT	Ficha Técnica
IT	Instrução de Trabalho
JIT	<i>Just in Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MEGI	Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial
MIL	Manual de Instruções <i>Lean</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PT	Posto de Trabalho
SCM	<i>Supply Chain Managment</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Managment</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Lista de Símbolos

<i>D</i>	procura média	<i>unidades</i>
<i>FS</i>	fator de segurança	%
<i>LT</i>	<i>lead time</i> do <i>kanban</i>	<i>min</i>
<i>Q</i>	quantidade do contentor	<i>unidades</i>

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se efetuar o enquadramento do presente projeto de investigação. Para tal, inicialmente, começa-se por identificar a sua pertinência face ao panorama atual, de seguida, apresenta-se a questão de investigação e os objetivos que se pretendem alcançar com o projeto, depois, descrevem-se as metodologias adotadas para obter o sucesso dos mesmos e, por fim, apresenta-se a estrutura da dissertação e o plano de trabalho do projeto.

1.1. Enquadramento e Pertinência

De acordo com Zhou et al. (2017), um dos principais fatores que garante a sobrevivência das organizações no mercado de trabalho é a competitividade, o que leva a uma procura intensiva das empresas por modelos de gestão que promovam o seu crescimento e desenvolvimento. O aumento da produtividade e rentabilidade, é um objetivo demorado e difícil de alcançar, mas que qualquer empresa ou instituição pretende obter e, para tal, implementar uma filosofia *Lean* é fundamental (Driouach et al., 2019).

O *Lean Manufacturing (LM)* é um princípio de gestão que se tornou uma tendência em todo o mundo, com a finalidade de reduzir os custos através da eliminação de todo o tipo de desperdícios, e pode ser aplicado em qualquer tipo de empresa e segmento de negócio (Oliveira et al., 2019). Neste sentido, a correta aplicação das suas ferramentas (*VSM, SMED, Kaizen, Kanban, JIT, Standard Work, 5's*, entre outras) possibilita melhorias significativas na produtividade, que por sua vez, leva ao aumento da margem de lucro das empresas (Ching & Ghobakhloo, 2018).

Segundo Dave (2020), um dos problemas da atualidade é o facto de as empresas terem falta de conhecimento sobre técnicas e métodos *Lean* para melhorar os seus sistemas de produção e alcançar o tão desejado sucesso, visto que o maior obstáculo das organizações continua a ser a dificuldade em implementar de forma correta as ferramentas do *Lean*. Ching e Ghobakhloo (2018) referem que mesmo quando as práticas *Lean* são aplicadas por pessoas instruídas, existe sempre a possibilidade de ocorrer erros nos procedimentos de implementação, devido a más práticas de aplicação, ou mesmo pela não realização de algumas etapas fulcrais, e isto, por não possuírem um suporte com a metodologia *standard* da sua aplicação no momento em que implementam as ferramentas do *LM*. Assim, com base no trabalho de Dave (2020) e Ching e Ghobakhloo (2018), pode-se concluir que a eficácia da aplicação do *Lean* está extremamente relacionada com a correta aplicação da metodologia de implementação das suas ferramentas.

Posto isto, o presente projeto de investigação surge com a finalidade de desenvolver e testar uma ferramenta para auxiliar as organizações e as pessoas a combater as dificuldades na implementação de conceitos do *LM*. Deste modo, a ferramenta a desenvolver será um Manual de Instruções *Lean* (MIL) com as metodologias de aplicação prática de alguns conceitos do *LM*, com o objetivo de servir de suporte aos utilizadores nos momentos em que os implementam. É importante referir que o manual a desenvolver será aprovado por peritos na área do *Lean*, e validado através da recolha de *feedback* de potenciais utilizadores, bem como da sua aplicação em contextos industriais reais.

Em suma, com a presença do manual no processo de implementação de ferramentas do *LM*, prevê-se que erros devidos à falta de conhecimento e ao não cumprimento das suas metodologias de aplicação sejam resolvidos, pois o MIL fornecerá conhecimento aos utilizadores sobre as

ferramentas e servirá de guia nos seus processos de aplicação, garantindo assim que todas as etapas de implementação das ferramentas do *LM* incluídas no manual são executadas, e de forma correta. Por fim, com a realização deste projeto, as organizações terão mais facilidade em implementar corretamente alguns dos conceitos do *Lean Manufacturing*, que tão importantes são para as empresas atingirem o sucesso.

1.2. Questão e Objetivos de Investigação

De acordo com o problema enunciado, o presente projeto de investigação foi realizado com a finalidade de responder à questão de investigação que se segue: “Qual o efeito da utilização do Manual de Instruções *Lean* no processo de aprendizagem e implementação de conceitos do *Lean Manufacturing*?”

Neste sentido, de forma a auxiliar as organizações e as pessoas a ultrapassar as dificuldades nos processos de aplicação de práticas do *LM*, o projeto de investigação em análise tem como principal objetivo desenvolver e validar um manual de suporte à implementação prática de alguns dos conceitos do *LM*. Face à necessidade enunciada, definiram-se os seguintes objetivos:

- ✓ Compreender a filosofia do *Lean Manufacturing* e seus princípios de gestão;
- ✓ Selecionar seis ferramentas do *LM* para incluir no manual;
- ✓ Reconhecer quais as metodologias de aplicação dessas ferramentas;
- ✓ Desenvolver um Manual de Instruções *Lean* (MIL) que, detalhadamente, descreva todos os procedimentos de aplicação prática desses conceitos do *Lean*;
- ✓ Selecionar peritos na área do *Lean* para analisar e avaliar o MIL;
- ✓ Rever e melhorar o MIL com base nas sugestões de melhoria dos peritos;
- ✓ Fornecer o MIL a pessoas com poucos conhecimentos sobre o *LM*, para implementarem conceitos do *Lean* abordados no manual em áreas piloto de empresas de produção, e isto, com a finalidade de quantificar os benefícios da utilização do manual desenvolvido;
- ✓ Recolher *feedback* sobre o MIL através da realização de questionários.
- ✓ Desenvolver uma *dashboard* em *Power Bi*, para monitorizar as respostas aos questionários;
- ✓ Identificar projetos futuros de melhoria;
- ✓ Publicar os resultados do trabalho numa revista científica.

1.3. Opções Metodológicas

Neste projeto aplicar-se-á a metodologia de investigação-ação, visto que este trabalho tem como finalidade resolver o problema da falta de conhecimento sobre o *LM*, através da investigação deste modelo de gestão e das metodologias de implementação de alguns dos seus conceitos, para desenvolver e validar uma ferramenta de auxílio à sua aplicação prática.

De acordo com Fonseca (2012), a investigação-ação é uma metodologia orientada para a melhoria da prática, com o objetivo de resolver e atenuar os problemas sociais. Segundo Pereira e Oliveira (2020), num projeto de investigação-ação, inicialmente, começa-se por definir o problema que se

pretende resolver. Depois, efetua-se um planeamento das ações necessárias para resolver o problema. De seguida, concretiza-se o plano definido. Posteriormente, avaliam-se os resultados e identificam-se as melhorias necessárias. Por fim, realizam-se novos ciclos da metodologia até se atingirem os resultados pretendidos. Além disso, na investigação-ação, normalmente, utilizam-se técnicas de recolha de informação, como por exemplo, inquérito, observação e análise documental, para se efetuarem modificações, reajustamentos, mudanças de direção e melhoria contínua dos resultados (Fonseca, 2012).

Posto isto, neste projeto, realizar-se-ão dois ciclos da metodologia. No primeiro, desenvolver-se-á a primeira versão do MIL, analisar-se-á o trabalho desenvolvido com o auxílio de dois peritos na área do *Lean* e identificar-se-ão os reajustamentos e modificações necessárias. No segundo ciclo, efetuar-se-ão as modificações identificadas no ciclo anterior, testar-se-á o MIL em áreas piloto de empresas de produção, recolher-se-á *feedback* da ferramenta através da realização de inquéritos e análise aos resultados dos testes, avaliar-se-ão os resultados e por fim, identificar-se-ão potenciais melhorias futuras. Na Figura 1, pode-se visualizar a forma pela qual se pretende aplicar a metodologia investigação-ação no presente projeto.

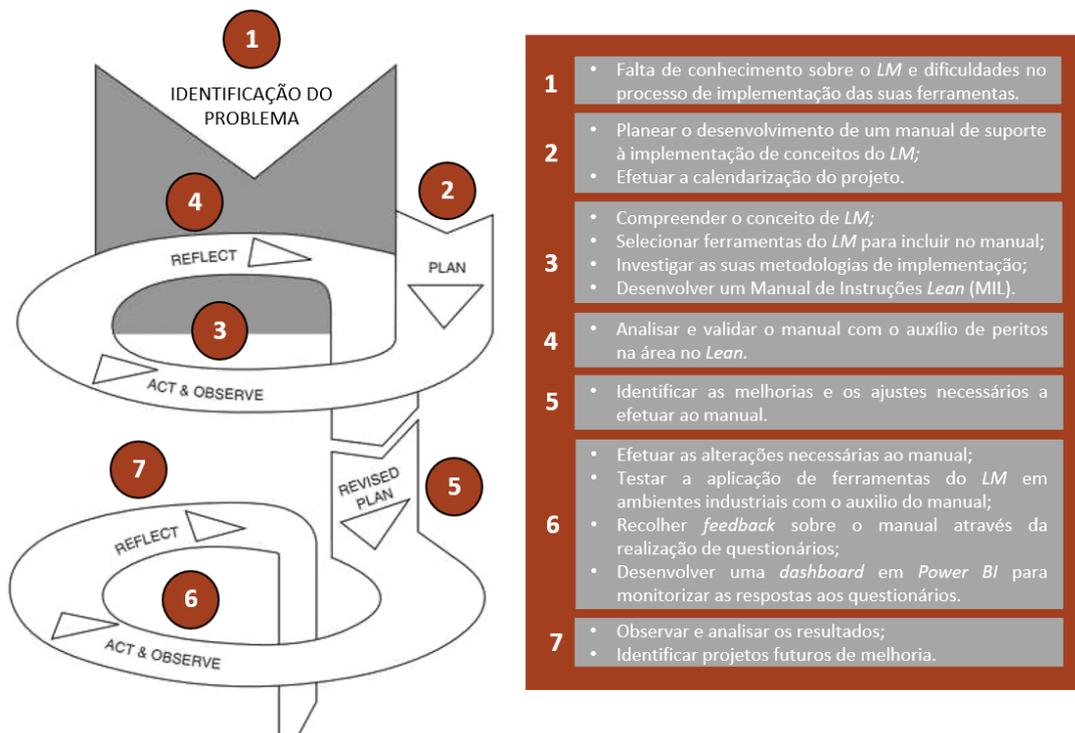


Figura 1 Metodologia Investigação-Ação

1.4. Estrutura do Trabalho

O presente projeto de investigação está organizado de forma a oferecer uma fácil compreensão ao leitor. Deste modo, o mesmo encontra-se repartido em cinco capítulos, estruturados da seguinte forma:

- ✓ No capítulo 1, Introdução, efetua-se o enquadramento do projeto e a descrição do problema a ser abordado, são definidos os objetivos, a metodologia aplicada e, por fim, a respetiva organização do projeto e a sua calendarização.

- ✓ No Enquadramento Teórico, capítulo 2, encontra-se uma pesquisa bibliográfica relativamente aos conceitos teóricos relacionados com o projeto de investigação, bem como a etapa de seleção de ferramentas do *LM* a incluir no manual.
- ✓ No capítulo 3, Desenvolvimento, efetua-se a descrição das etapas de desenvolvimento do projeto, isto é, criação, teste, validação e monitorização do Manual de Instruções *Lean*.
- ✓ Relativamente ao capítulo 4, Resultados e Discussão, neste apresentam-se todos os resultados do projeto, bem como a sua análise e discussão;
- ✓ Na Conclusão, capítulo 5, é concluído o projeto, através de uma reflexão final relativamente a todo o trabalho desenvolvido, bem como dos resultados do projeto. Neste capítulo, é, também, feito um levantamento das limitações do projeto e de possíveis trabalhos futuros.

1.5. Calendarização

Devido á quantidade de tarefas do projeto de investigação, decidiu-se fazer um planeamento do trabalho em diferentes etapas. Deste modo, a calendarização do projeto apresenta-se na Figura 2.

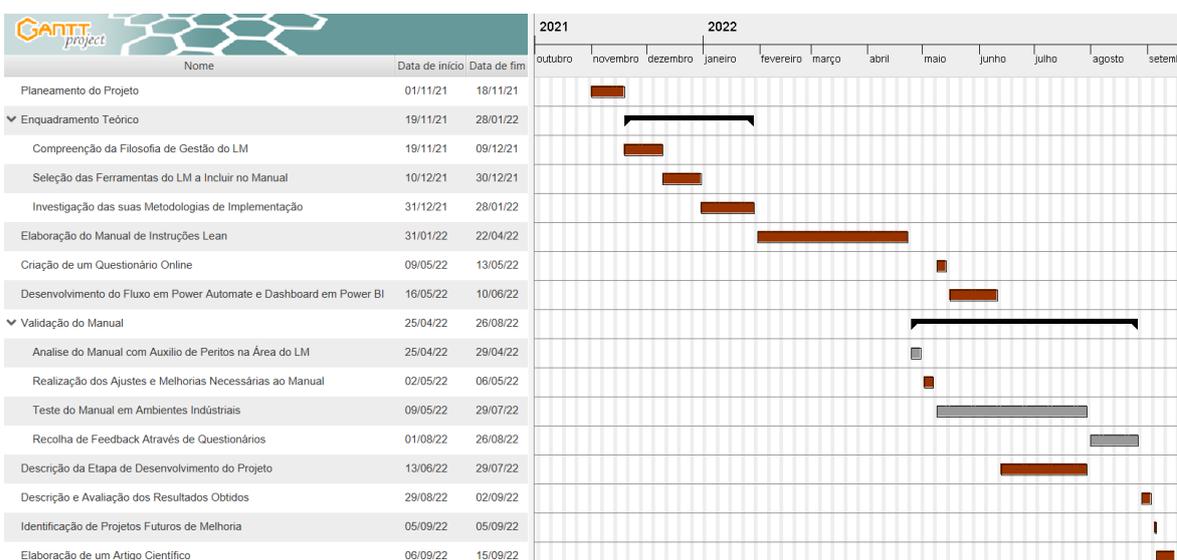


Figura 2 Calendarização do Projeto

página propositadamente em branco

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo destina-se à apresentação dos conteúdos abrangidos pela dissertação tendo em conta a opinião e informação fornecida pelos investigadores da área. Esta revisão bibliográfica é principalmente baseada no *Lean Manufacturing* e em algumas das suas ferramentas de aplicação.

Na primeira parte, é efetuada uma revisão sobre o *Lean Manufacturing*, na qual é apresentada a sua definição, os seus principais conceitos, a sua origem e história, o sistema de produção que está na sua base de criação (*TPS*) e os desperdícios *MUDA*.

Na segunda parte, inicialmente, selecionam-se as ferramentas do *LM* a incluir no MIL. De seguida, é realizada uma revisão sobre os princípios e metodologias de aplicação das ferramentas do *LM* selecionadas.

2.1. *Lean Manufacturing*

O presente tópico, tem como objetivo explicar a filosofia de gestão do *Lean Manufacturing* e, para tal, teve de ser dividido em subcapítulos. Inicialmente, é feita uma definição do conceito, para se perceber o que é o *Lean* e quais os seus objetivos. De seguida, são abordados os princípios que estão na base deste método de gestão. Posteriormente, é efetuada uma revisão sobre a sua origem e evolução ao longo do tempo. Depois, é realizado um estudo ao sistema de produção que esta por de trás do conceito do *Lean*, o *TPS*. Por fim, são descritos os desperdícios *MUDA*, em que a sua eliminação é um dos principais objetivos do *LM*.

2.1.1. Definição do *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing*, é uma prática de gestão da produção que considera que a alocação de recursos deve ser direcionada para os objetivos que evidentemente criam valor, e como tal, todos aqueles que são considerados como desperdícios devem ser eliminados (Castro & Posada, 2019). Neste sentido, segundo Ching e Ghobakhloo (2018) é uma filosofia de produção, utilizada com a finalidade de remover as atividades de um sistema produtivo que consomem recursos, mas que não criam valor para os clientes. Assim, o *Lean* é um conjunto de técnicas que são aplicadas para maximizar o valor dos produtos para o cliente, de forma a permitir que os mesmos tenham a qualidade e as especificações pretendidas pelos consumidores (Ching & Ghobakhloo, 2018).

De acordo com Womack e Jones (1996), o *LM* é a melhor forma de gerir uma organização com foco em todos os *stakeholders*, na qual se produzem grandes quantidades com o mínimo de utilização de esforço humano, equipamentos e tempo. Para Jacquinet (2019), é uma metodologia que tem como finalidade a simplificação dos procedimentos e a redução dos prazos, não só de armazenamento, mas também de produção e de tomada de decisão. Na prática, o *Lean* procura reduzir e controlar os custos, e direcionar todos os esforços para a satisfação dos clientes (Jacquinet, 2019).

Na Figura 3, é possível visualizar alguns dos benefícios da implementação do *LM*.



Figura 3 Benefícios do *Lean Manufacturing* (Fonte: Adaptado de Driouach et al. (2019))

2.1.2. Princípios do *Lean Manufacturing*

De acordo com Womack et al. (1990) e (1996), a gestão segundo o *LM* baseia-se em cinco princípios fundamentais, que são os seguintes:

- **Especificação de valor de acordo com o cliente:** perceber qual o preço que o cliente está disposto a pagar pelo produto e quais os aspetos do produto que são fundamentais para o consumidor. É um processo que deve abranger todo o sistema de produção;
- **Identificação dos fluxos que criam valor:** analisar tudo aquilo que envolve o sistema de produção, identificar todos os fluxos que acrescentam valor ao produto, e eliminar todos aqueles que são considerados como desperdício.
- **Focar nas atividades que criam valor:** após eliminação dos desperdícios deve-se direccionar todos os esforços nas etapas que acrescentam valor ao produto de forma a atingir um fluxo contínuo;
- **Sistema de produção puxada:** implementar um sistema de produção puxada que se inicia no cliente e vai até aos fornecedores, isto é, só se produz a montante no preciso momento em que os materiais ou produtos são necessários a jusante;
- **Melhorar de forma contínua:** melhorar constantemente os processos produtivos através da aplicação de ferramentas *Lean*, principalmente o *Kaizen*, para atingir resultados cada vez melhores.

2.1.3. História do *Lean Manufacturing*

Os pilares que servem de base à filosofia que ultrapassa os limites de produção, organização e gestão, foram definidos juntamente com a criação do *Toyota Production System (TPS)* comandado

por Taiichi Ohno no momento em que geria a empresa *Toyota Motor Company* (Ohno, 1988). No entanto, as primeiras manifestações do LM, foram resultado dos receios americanos de que as organizações japonesas do setor automóvel obtivessem uma vantagem competitiva insuperável (Dave, 2020). Esta situação, levou a que acadêmicos e gestores americanos efetuassem um processo de *benchmarking*, com o objetivo de descobrir os segredos da indústria japonesa (Dave, 2020). Segundo Jastia e Kodali (2015), foi em 1988 que os primeiros resultados foram publicados, no artigo “*Triumph of the lean production system*” de Krafcik, no qual o conceito *Lean* apareceu formalmente, no entanto, ganhou reconhecimento através do livro “*The Machine That Changed the World*” de Womack e Jones em 1990. Através desta obra, as indústrias ocidentais descobriram que os sistemas de produção japoneses não só reduziam o esforço humano, mas também todo o tipo de recursos da produção, principalmente, *stock*, espaço e capital (Dave, 2020).

De acordo com Lyskova (2020), o momento fundamental na evolução do *Lean* foi entre 1948-1975 quando Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda desenvolveram um novo sistema de produção (*Toyota Production System*), com a finalidade de obter a máxima eficiência econômica a partir da mínima utilização de recursos, e com ausência de desperdícios.

De acordo com Dave (2020), os autores que estiveram na base de criação e evolução dos conceitos de *Lean Production*, foram Eli Whitney, Taylor, Gilbreth, Henry Ford, Shingo e Ohno. Na Figura 4, é possível visualizar um resumo da evolução do LM ao longo dos anos.

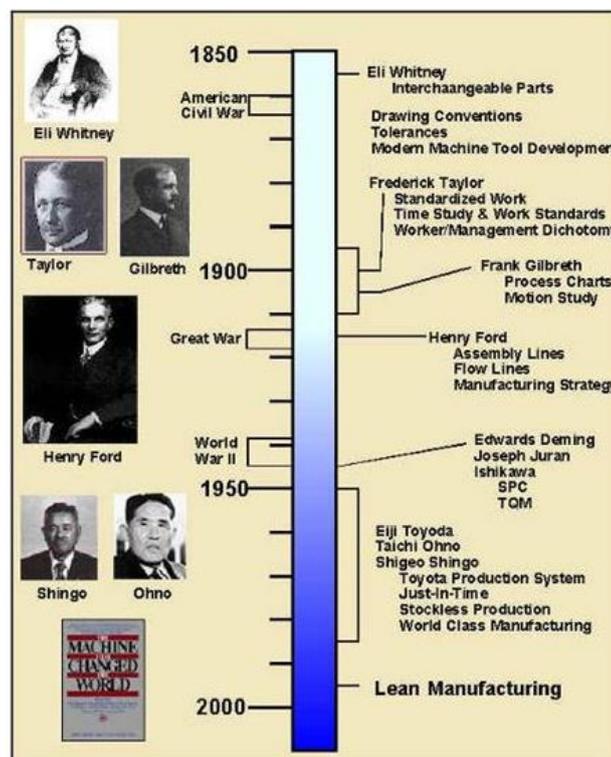


Figura 4 Evolução do *Lean Manufacturing* ao longo do tempo (Fonte: (Dave, 2020))

Segundo Dave (2020), a contribuição americana levou a um aumento acentuado da produtividade, que permitiu a diminuição dos preços, e que por sua vez, fez com que os clientes tivessem maior acesso aos produtos. Por outro lado, a contribuição japonesa fez com que todos os tipos de desperdícios fossem eliminados, e que houvesse uma mínima utilização de recursos para tirar o máximo proveito dos sistemas produtivos (Dave, 2020).

Na atualidade, o *LM* esta cada vez mais presente em diversas áreas (como por exemplo, na construção, saúde, indústrias de produção, entre outras), e é uma ferramenta fundamental de auxílio à gestão na obtenção de melhor eficiência dos processos (Bajjou et al., 2019).

2.1.4. Toyota Production System

Segundo Oliveira et al. (2019), o *Toyota Production System (TPS)* surgiu no Japão no ano de 1950 na *Totota Motor Company*, com o principal objetivo de aumentar os níveis de produção utilizando o mínimo de recursos possível, nomeadamente, esforço humano, movimentações, tempo, equipamentos, espaço e materiais. Assim, o *TPS* pretende a eliminação de todo o tipo de desperdícios e inconsistências nos sistemas produtivos, e baseia-se em dois pilares fundamentais que são o *Just-in-Time (JIT)* e *Jidoka* (Ohno, 1988). Na Figura 5, pode-se visualizar os pilares e princípios do *TPS*.

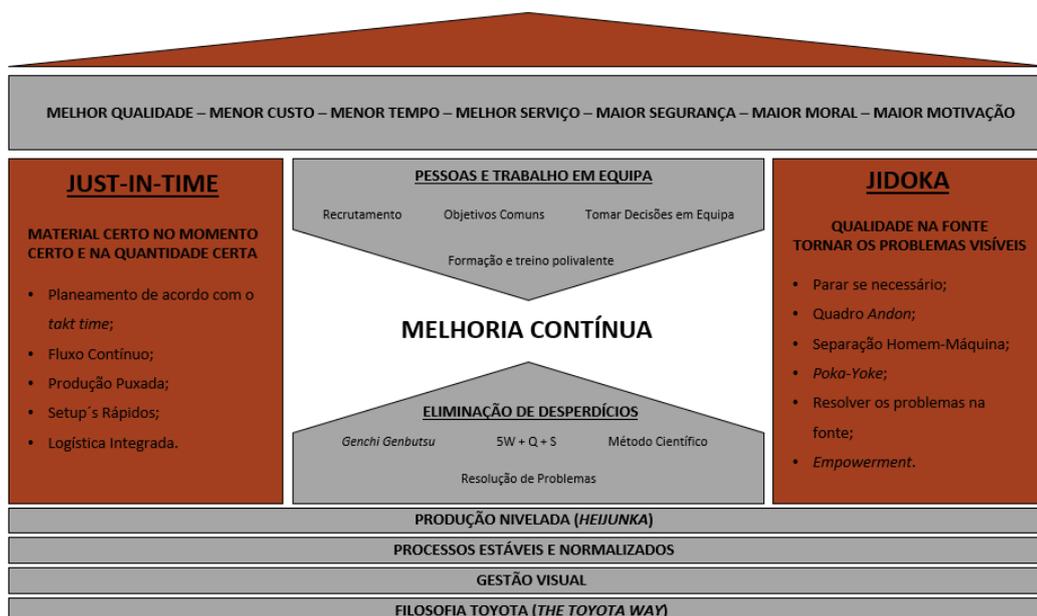


Figura 5 Pilares do *TPS* (Fonte: Adaptado de Sukiennik e Bak (2019))

Segundo Vijaya (2021), Kiichiro Toyota, fundador da *Toyota Motor Company*, defendia que para ter sucesso no processo de fabricação de automóveis, é necessário ter todas as peças próximas da linha de montagem exatamente no momento em que vão ser usadas. Para tal, torna-se necessário aplicar o *JIT*, no sentido de controlar e estabilizar a produção, reduzir a acumulação de materiais, eliminar os defeitos, e garantir que os produtos são entregues exatamente no momento definido pelos clientes (Vijaya, 2021).

Para Vijaya (2021), uma boa gestão de inventário segundo o *JIT*, é a compra de materiais precisamente no momento em que eles são necessários para a produção, de forma a eliminar a acumulação de grandes quantidades de *stock* em armazém, bem como de *WIP* ao longo do processo produtivo. Neste sentido, torna-se necessário planear a receção de matérias-primas para perto do momento em que as mesmas serão usadas (Vijaya, 2021). Além disto, é extremamente importante ter proximidade com os fornecedores, de forma que os mesmos possam realizar entregas frequentes de materiais em quantidades reduzidas (Vijaya, 2021). Assim, com a implementação do *JIT* há uma redução dos custos de armazenamento e de transporte de materiais

em chão de fábrica, eliminação de desperdícios e evita-se a obsolescência dos materiais (Vijaya, 2021).

Segundo Romero et al. (2019), o *TPS* não se limita a eliminar as tarefas que não acrescentam valor aos processos, mas também a melhorar a qualidade dos seus produtos através do *Jidoka* (“automação com toque humano”), que é considerado pelo autor como o principal fio condutor para a transformação digital das empresas. É uma prática que aglomera um conjunto de princípios de *design* de sistemas de automação que têm a finalidade de fornecer “conhecimento humano” aos equipamentos, para que estes consigam operar e detetar anomalias de forma autónoma, e que permitam que os operários consigam supervisionar várias máquinas ao mesmo tempo (Romero et al., 2019). Os sistemas *Jidoka*, são dispositivos mecânicos, denominados de “*Poka-Yokes*”, que têm a finalidade de evitar defeitos, detetá-los quando eles ocorrem, e alertar o agente humano da sua ocorrência, normalmente através de alarmes (Romero et al., 2019).

2.1.5. Desperdícios *MUDA*

Segundo Anoop et al. (2020), tudo o que não acrescenta valor ao produto é considerado desperdício, e de acordo com o *TPS*, a sua identificação e eliminação é essencial para melhorar a eficiência do sistema produtivo, visto que é uma forma direta de aumentar os lucros das organizações. Na Figura 6, é possível visualizar os sete desperdícios *MUDA*, bem como o oitavo que foi acrescentado mais tarde.



Figura 6 Desperdícios *MUDA* (Fonte: Adaptado de Raut (2021))

De acordo com Raut (2021), Anoop et al. (2020) e Pinto (2009) as oito formas de desperdício são as seguintes:

1. Excesso de produção

A superprodução, dá-se quando a taxa de produção ultrapassa as necessidades dos clientes. No entanto, de acordo com os princípios do *Lean*, as organizações devem possuir um sistema de produção puxada para produzir exatamente as quantidades pretendidas pelos clientes. Deste modo, tudo o que é fabricado a mais é considerado desperdício, pois são gastos recursos (mão-de-obra e materiais) de forma desnecessária. Normalmente, este tipo de desperdício ocorre devido à existência de longos prazos de entrega, produção de lotes muito grandes, más relações com os fornecedores, entre outros. Além disto, o excesso de produção pode causar um aumento de inventário, o que pode ser prejudicial para a empresa.

2. Inventário

Todo *stock* que excede o limite mínimo necessário para responder as necessidades dos clientes é considerado desperdício, visto que possuir quantidades de matéria-prima e *WIP* em excesso pode causar atrasos, obsolescência e aumento de custos (transporte e armazenamento), além de ocupar espaço fabril que poderia ser utilizado por atividades que acrescentassem valor ao produto.

3. Esperas

As esperas são um dos principais causadores de interrupções do fluxo produtivo, pelo que devem ser evitadas e tratadas de forma minuciosa. Alguns exemplos da ocorrência de esperas são os seguintes:

- Quando os produtos ou materiais não estão a ser processados ou transportados, e por tanto, estão à espera de que sejam utilizados;
- Trabalhadores somente a assistir ao funcionamento de um equipamento automatizado;
- Operários e equipamentos à espera das próximas etapas de processamento, ferramentas, materiais, peças, entre outros;
- Operários e equipamento inativos, normalmente devido à falta de materiais;
- Atrasos devido ao *botleneck*;
- Entre outros.

4. Movimentos

Este tipo de desperdício aborda a questão da ergonomia e saúde dos trabalhadores no trabalho. Todas as tarefas que necessitam de deslocação, flexão, alcance e levantamento devem ser analisadas cuidadosamente, visto que podem ser potências fontes de *stress* nos trabalhadores, que por sua vez pode acarretar custos para a organização. Deste modo, postos de trabalho com atividades que requerem esforço humano devem ser revistos e redesenhados de forma a diminuir os movimentos dos operários.

5. Transporte

De acordo com os princípios de gestão do *Lean*, os materiais devem ser entregues nos locais onde são necessários, pelo que não devem circular por diversas zonas fabris até chegarem ao local onde serão usados. Assim sendo, todos os tipos de transporte de materiais desnecessários ou ineficientes são considerados desperdícios. Exemplos deste tipo de desperdício, são os transportes de *WIP* por longas distâncias e de produtos acabados para armazém ou entre processos.

6. Defeitos

Na produção de peças defeituosas, e nas atividades de correção de erros de produção são desperdiçados diversos recursos, principalmente, materiais, mão de obra e tempo. Além disto, os defeitos podem chegar ao cliente, o que pode ser bastante prejudicial para a organização. Algumas das causas dos defeitos são as seguintes:

- Falta de padrões de autocontrolo e de inspeção nas várias etapas do processo;
- Falhas e erros humanos;
- Movimentações de materiais;

- Possuir a mentalidade de que errar é humano e, no entanto, não é;
- Entre outros.

7. Excesso de processamento

O processamento excessivo, ocorre quando são executadas tarefas desnecessárias ao longo do processo de produção, isto é, normalmente atividades realizadas para corrigir erros de produção resultantes de outras fases de processamento. Os erros, ocorrem, principalmente, quando os procedimentos são inadequados, a eficiência do processo é baixa ou quando os equipamentos e materiais apresentam problemas. Dois exemplos da ocorrência de processamento exagerado são os seguintes:

- **Retrabalho:** ocorre quando os produtos apresentam erros após o primeiro processamento, logo é necessário o retrabalho para os corrigir;
- **Inspeção:** ocorre quando as características dos produtos não são monitorizadas ao longo do seu processamento, pelo que é necessário efetuar uma inspeção para verificar se os parâmetros se encontram em conformidade.

8. Não utilização do potencial humano

Um dos principais objetivos do *Lean*, é fazer com que os colaboradores se envolvam ao máximo nos processos organizacionais. As empresas que retiram proveito da vontade e capacidade mental de todos os seus colaboradores, e não somente dos gestores, incentivam a criatividade e motivação das pessoas no trabalho, o que por sua vez, leva à obtenção de resultados consideráveis tanto a nível de eficiência dos processos, como a nível financeiro. Posto isto, o não aproveitamento de todas as capacidades dos diversos colaboradores da organização é considerado como desperdício na ótica do *Lean*.

2.2. Ferramentas do *Lean Manufacturing*

O presente tópico, tem como objetivo selecionar e estudar as ferramentas do *Lean Manufacturing* que serão incluídas no MIL. Neste sentido, inicialmente, são selecionados seis conceitos do *LM* para incluir no MIL, com o auxílio de um estudo de Sundar et al. (2014), e de uma pesquisa efetuada para identificar os conceitos do *LM* mais aplicados na bibliografia analisada. De seguida, é realizada uma investigação sobre os conceitos que foram selecionados para serem incluídos no MIL, ou seja, o *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM*.

2.2.1. Seleção das Ferramentas do *Lean Manufacturing* a Incluir no Manual

Visto que ao longo do projeto é impossível colocar todas as ferramentas do *LM* no MIL, optou-se por selecionar seis delas para incluir no manual, pois foi o número que se considerou exequível para o tempo de realização da presente dissertação. Assim sendo, a forma mais correta que se identificou para efetuar a escolha das ferramentas, foi a seleção de seis das que normalmente são aplicadas com maior frequência e, portanto, que estão entre as mais requisitadas. Para auxiliar a identificar as ferramentas do *LM* que normalmente se aplicam com maior frequência, analisou-se um estudo de Sundar et al. (2014) e, posteriormente, efetuou-se uma pesquisa bibliográfica

baseada em informação mais recente, para verificar quais conceitos do *LM* é que são mais vezes aplicados nos artigos analisados.

Sundar et al. (2014), efetuaram um estudo com o principal objetivo de identificar quais os princípios do *LM* que eram mais vezes aplicados pela comunidade científica, no qual analisaram 2743 artigos. Como resultado, os autores verificaram que cerca de 30% dos artigos analisados aplicaram o *VSM*, *SMED*, *Kaizen* e *Kanban*, e que estas são das ferramentas mais importantes para alcançar o sucesso nos sistemas de produção. Além disso, apuraram também que o *Kaizen* é a ferramenta mais utilizada em casos de estudo, com cerca de 46%, pelo que concluíram que as organizações encaram o *LM* como um processo de melhoria contínua (Sundar et al., 2014). Além disto, os autores verificaram que os conceitos de Produção Puxada, Produção em Lotes Pequenos, *JIT*, Eliminação de Desperdícios, Relação com os Fornecedores, *TQM*, *5's* e *Standard Work* são conceitos que também são implementados com alguma frequência, neste caso, em 20% a 25% dos artigos analisados. Por outro lado, Sundar et al. (2014), verificaram que os casos de estudo deram menor importância à Gestão Visual, Envolvimento do Cliente, Carga de Trabalho Uniforme e Célula de Fabrico. Os resultados detalhados da pesquisa podem ser consultados na tabela da Figura 7.

LP tools	Conceptual	Descriptive	Empirical	Exploratory cross sectional	Exploratory longitudinal	Total	%
Value stream mapping	2	72	53	51	1	179	32.78
Set-up time reduction	2	73	47	48	1	171	31.32
Kaizen	2	59	61	43	1	164	30.04
Kanban	3	69	40	52	0	164	30.04
Pull production	1	62	37	36	1	137	25.09
Small lot size	1	53	33	47	0	134	24.54
JIT purchasing	0	59	31	37	1	128	23.44
Elimination of waste	2	57	23	45	1	126	23.08
Supplier involvement	1	50	19	52	1	123	22.53
Total quality management	0	65	15	39	0	119	21.79
5S	2	63	17	33	0	115	21.06
Standardisation of work	0	55	24	33	0	112	20.51
Flexible information system	0	66	11	30	1	108	19.78
JIT production	2	47	18	31	1	99	18.13
Takt time	0	44	34	12	0	90	16.48
Continuous flow	0	45	10	34	0	89	16.30
Employee commitment	0	39	8	38	1	86	15.75
Multifunctional employees	0	43	11	30	1	85	15.57
Long-term supplier and customer relationship	1	55	6	22	1	85	15.57
Top management commitment	1	38	5	36	0	80	14.65
Total productive maintenance	2	32	7	38	0	79	14.47
Customer involvement	0	32	4	38	1	75	13.74
Uniform work load	0	35	3	33	0	71	13.00
Visual factory	0	32	2	28	0	62	11.36
Cellular layout	1	28	4	28	1	62	11.36

Figura 7 Resultados do estudo de Sundar (Fonte: (Sundar et al., 2014))

Visto que o estudo de Sundar et al. (2014) foi publicado numa data um pouco afastada da atualidade, optou-se por efetuar também uma pesquisa bibliográfica baseada em informação mais recente. Na pesquisa, analisaram-se artigos científicos resultantes de casos práticos de implementação de conceitos do *LM* e, para cada um deles, identificaram-se aqueles que foram aplicados. O objetivo do estudo foi a identificação das ferramentas do *LM* que mais vezes eram implementadas nos artigos científicos analisados. Os resultados da pesquisa efetuada podem ser consultados na Tabela 1. Seguidamente, apresentar-se-ão todas as características da pesquisa, bem como os filtros utilizados.

As bases de informação utilizadas na pesquisa bibliográfica foram o *Science Direct* e o *b-on*. Estas plataformas foram selecionadas pelo facto de serem fontes de informação recomendadas por grande parte dos docentes do ensino superior, por apresentarem informação fidedigna e uma razoável quantidade de artigos científicos com consulta gratuita. É importante referir que no estudo

utilizou-se como palavra-chave o vocábulo *“Lean Manufacturing”*, pois foi a palavra que se considerou mais indicada para poderem aparecer casos práticos de implementação de qualquer uma das ferramentas do *LM*. Além disso, decidiu-se analisar apenas artigos com data de publicação recente e, para tal, só se incluíram artigos publicados entre 2017 e 2021, isto é, com um espaço temporal de cinco anos desde o momento da realização da pesquisa (2021). No estudo, incluíram-se artigos escritos na língua portuguesa e na língua inglesa. Outro aspeto importante, foi o facto de só se terem incluído na pesquisa artigos disponíveis relativos a casos práticos de implementação de conceitos do *Lean*, pois o objetivo era identificar os conceitos do *LM* que são aplicados com maior frequência, pelo que se excluíram os artigos em que os conceitos do *LM* eram abordados somente de forma teórica.

Tabela 1 Exemplos de aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing*

Autor	Artigo	Ferramentas Aplicadas
(Rose et al., 2017)	<i>“Similarities of Lean Manufacturing approaches implementation in SME’s towards the success: Case study in the automotive component industry”</i>	5’s; Kaizen; SMED; VSM; Célula de Fabrico
(Antosz & Stadnicka, 2017)	<i>“Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results”</i>	5’s; “5 WHY”; SMED; Standard Work; TPM
(Kruger et al., 2021)	<i>“Proposta de melhorias no processo de produção de uma panificadora a partir de ferramentas do Lean Manufacturing”</i>	Análise ABC; Mapeamento de Processos; VSM; Eliminação de Desperdícios; Kaizen
(Dhiravidamani et al., 2018)	<i>“Implementation of Lean Manufacturing and Lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study”</i>	Kaizen; VSM; 5’s; Standard Work; Diagrama de Ishikawa; Gráfico Homem-Máquina; SMED
(Masuti & Dabade, 2019)	<i>“Lean Manufacturing implementation using Value Stream Mapping at excavator manufacturing company”</i>	VSM; 5’s; Kaizen
(Pucheta et al., 2019)	<i>“Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study”</i>	VSM; Balanceamento de Linhas; Kaizen; SMED; 5’s; SCM
(Braglia et al., 2020)	<i>“Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with Kanban”</i>	JIT; Kanban; Gestão Visual; SMED
(Htun et al., 2019)	<i>“Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS)”</i>	Standard Work; Kanban; JIT; Produção Puxada
(Rossini et al., 2019)	<i>“Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company”</i>	Kaizen; SIPOC; A3 Problem Solving; Ciclo PDCA; Balanciamento de Linhas;

(Khan et al., 2020)	<i>"Potential of lean tool of value stream mapping (VSM) in manufacturing industries"</i>	VSM; Kaizen
(Karam et al., 2018)	<i>"The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project"</i>	SMED; Standard Work; Gestão Visual; Kaizen
(Mohan Sharma & Lata, 2018)	<i>"Effectuation of Lean Tool 5S on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India"</i>	5's; Eliminação de Desperdícios; Standard Work
(Masmali, 2021)	<i>"Implementation of Lean Manufacturing in a Cement Industry"</i>	Kanban; JIT; VSM
(Ribeiro et al., 2019)	<i>"The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study"</i>	5's; Gestão Visual; SMED; Standard Work; OEE
(Powell, 2018)	<i>"Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments"</i>	Kanban; Produção Puxada

Após analisar a Tabela 1, foi possível construir o gráfico de barras da Figura 8, a partir do qual se pode concluir que os conceitos do LM mais aplicados nos artigos analisados foram o *Kaizen*, *SMED*, *5's*, *VSM*, *Standard Work* e *Kanban*.

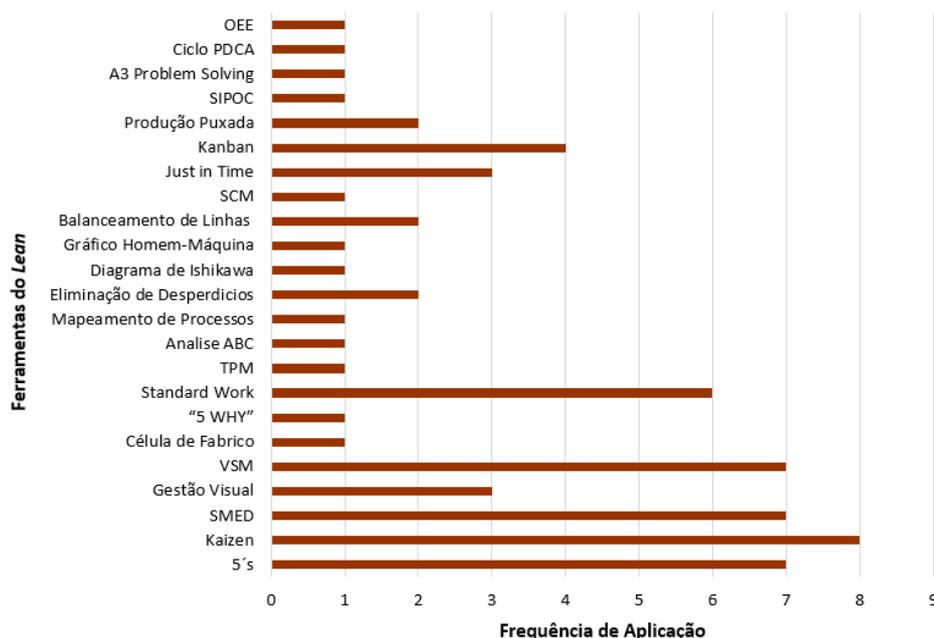


Figura 8 Número de aplicação de ferramentas do *Lean* nos artigos analisados

Com base nas duas pesquisas enunciadas anteriormente, optou-se por seleccionar os conceitos *VSM*, *Kaizen*, *SMED*, *Kanban*, *5's* e *Standard Work* para serem os seis primeiros conceitos do LM a serem incluídos no MIL.

2.2.2. Kaizen

Segundo Carnerud et al. (2018), *Kaizen* é uma palavra japonesa, formada por dois ideogramas: *Kai* e *Zen*, Figura 9. O primeiro significa “mudança”, enquanto o segundo representa “para melhor”, pelo que, podemos descrever *Kaizen* como mudança para melhor, sendo esta uma ferramenta fundamental para a prática da melhoria contínua (Carnerud et al., 2018). De acordo com Rossini et al. (2019), este conceito foi desenvolvido por Massaki Imai tendo em conta os princípios da *Toyota Production System*, e na atualidade, a sua aplicação tem aumentado não só no setor de produção, mas também em todas as áreas de negócio. Além disso, é uma técnica que serve de base para a implementação do *LM*, e tem como principais objetivos melhorar os processos, eliminar os desperdícios, estimular o envolvimento e dedicação dos colaboradores, e proporcionar uma cultura organizacional onde todos se sintam motivados para melhorar continuamente (Kumar et al., 2018).



Figura 9 Conceito de *Kaizen* (Fonte: Adaptado de Carnerud et al. (2018))

Imai (2010), fundador do *Kaizen*, enfatiza que o *kaizen* não é apenas uma melhoria contínua dos processos, mas sim uma melhoria global da organização, e como tal, propõe que esta filosofia seja entendida como uma melhoria diária, de todos, e aplicada em todos os lugares. De acordo com Ferreira e Saurin (2019), os resultados da aplicação do *Kaizen* surgem da acumulação de pequenas melhorias isoladas, que são padronizadas, e de seguida servem de base para um novo ciclo de melhoria, pelo que, segundo o autor, o *Standard Work* é imprescindível para a aplicação do *Kaizen*.

Implementação do Kaizen

Segundo Vo et al. (2019), normalmente, na implementação de um projeto *Kaizen* é criado um pequeno grupo de cinco a dez colaboradores das áreas da organização que são impactadas pelos problemas em questão, e os mesmos trabalham em conjunto durante um a cinco dias com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e possíveis soluções para melhorar ou eliminar os problemas.

De acordo com Imai (1986), para se atingir bons resultados na implementação de melhoria contínua, deve-se atuar no *gemba*, pois é o local onde o tempo é aproveitado para melhorar diariamente os processos, identificar anomalias, solucionar problemas e implementar melhorias. Segundo Imai (2010), “é no *gemba* que tudo se joga, o *gemba* é o espelho do trabalho dos gestores e a qualidade do seu trabalho reflete-se na forma como as pessoas trabalham”.

De acordo com Vo et al. (2019), para a implementação do *Kaizen*, normalmente, deve-se usar as seguintes ferramentas do *LM*:

- ✓ **5 WHY:** Identificar os “porquês” de os problemas terem ocorrido;
- ✓ **5’s:** Manter os postos de trabalho limpos e organizados, para facilitar a identificação de potenciais melhorias;
- ✓ **Diagrama de Ishikawa:** Identificar as causas raiz dos problemas;

- ✓ **Standard Work:** A padronização do trabalho é a base da melhoria contínua;
- ✓ **Ciclo PDCA e A3 Problem Solving:** Auxiliar no processo de resolução de problemas e implementação de melhorias.

Segundo Nino et al. (2020), quando se pretende implementar o *Kaizen* a utilização do Ciclo PDCA é fundamental para orientar as equipas de trabalho nos processos de planeamento, desenvolvimento, monitorização e implementação de melhorias. De acordo com Chen e Li (2019), o Ciclo PDCA, também designado por “Ciclo de Deming”, é uma prática de gestão que tem como finalidade auxiliar os processos de tomada de decisão, de modo a garantir que os objetivos definidos são alcançados. As etapas de aplicação do desta ferramenta podem ser consultadas na Figura 10.

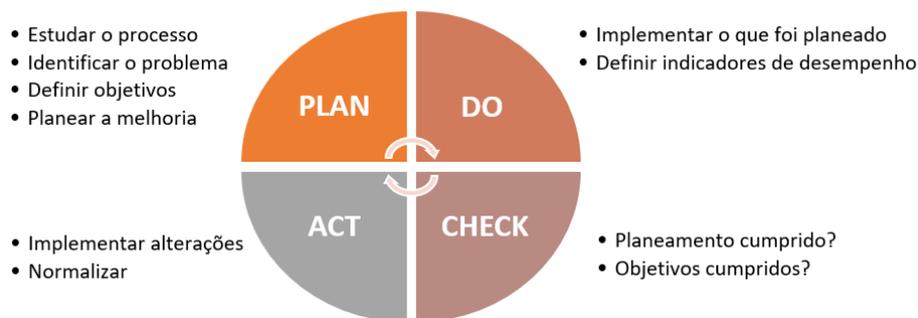


Figura 10 Ciclo PDCA (Fonte: Adaptado de Agostinho et al. (2019))

Benefícios do Kaizen

Vo et al. (2019), defendem que nas organizações que possuem uma cultura *Kaizen*, os operários desenvolvem capacidades para se envolver nos processos de resolução de problemas que afetam os seus postos de trabalho, pelo que, de forma autónoma, tornam-se mais capazes de identificar problemas de qualidade, falhas do processo, e até mesmo fontes de desperdícios. Carnerud et al. (2018), afirmam que as organizações que implementam o *Kaizen* obtêm um vasto conjunto de vantagens, como por exemplo, a capacidade para definir e melhorar os processos, a definição minuciosa das etapas dos processos entre secções, funções e equipas de trabalho, surgimento de um elevado número de ideias de melhoria, e a busca constante pelos melhores métodos de trabalho em todos os níveis.

2.2.3. Standard Work

O *Standard Work*, é uma metodologia *Lean* que foi desenvolvida por Taiichi Ohno, fundamental para a implementação de melhorias, e que leva á redução dos desperdícios (Coimbra, 2013). Segundo Ohno (1988), “onde não existirem *standards*, não existem melhorias”. Portanto, as organizações só conseguem melhorar os processos se estes estiverem normalizados e, posteriormente, só consegue manter as melhorias se as mesmas forem padronizadas (Coimbra, 2013).

Segundo Antonioli et al. (2017), o *Standard Work* visa a normalização da sequência de execução das tarefas em cada posto de trabalho, de forma a garantir que os procedimentos sejam executados sempre da mesma maneira, independentemente de quem realiza as atividades. Para Mor et al.

(2019), é uma ferramenta muito importante para descobrir os melhores métodos e sequências de trabalho para cada processo, bem como para cada operador, no entanto, as tarefas devem ser realizadas seguindo rigorosamente os procedimentos definidos, sem qualquer tipo de improvisação.

Implementação do *Standard Work*

Segundo Mor et al. (2019), não existe um padrão de etapas definidas para a implementação do *Standard Work*, no entanto, existe um conjunto de regras a ter em conta na sua implementação, que são as seguintes:

- ✓ O trabalho deve ser analisado de forma detalhada, tendo em consideração a sua sequência, o tempo de execução, e forma como é executado;
- ✓ Os procedimentos de trabalho devem ser definidos em função do *takt time*;
- ✓ Os transportes de produtos no local de trabalho devem ser simples e diretos;
- ✓ Deve ser definido um *stock* padrão de materiais e equipamentos, necessário para garantir que os procedimentos são executados sem interrupções.

Benefícios do *Standard Work*

De acordo com Mor et al. (2019), as principais vantagens da aplicação do *Standard Work* são as seguintes:

- ✓ Redução das variações nos tempos de ciclo e da variabilidade do processo;
- ✓ Facilita o processo de formação de novos trabalhadores;
- ✓ Criação de instruções de trabalho;
- ✓ Estabilização dos processos;
- ✓ Melhor controlo dos processos;
- ✓ Melhor qualidade e flexibilidade.

2.2.4. 5's

Segundo Witt et al. (2018), o 5's é a metodologia do *LM* mais utilizada pelas grandes empresas de todo o mundo que pretendem atingir a excelência, devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação. É um método japonês que foi desenvolvido para manter um ambiente de qualidade nas organizações, e é bastante útil para organizar os postos de trabalho, nos quais os colaboradores possam trabalhar com eficiência, eficácia e segurança (Gao et al., 2020). De acordo com Veres et al. (2018), a metodologia 5's é uma prática de qualidade simples, mas poderosa, que ajuda a identificar e a reduzir os desperdícios dos locais de trabalho, além de ser o ponto de partida para qualquer empresa que pretenda ser reconhecida como responsável, limpa e organizada.

Implementação da metodologia 5's

A metodologia 5's consiste na aplicação de cinco etapas, Figura 11, que são as seguintes (Gao et al., 2020; Veres et al., 2018):

- ✓ **Seiri (Triar):** deixar nos postos de trabalho somente aquilo que é imprescindível, e remover o que não é relevante;
- ✓ **Seiton (Arrumar):** definir locais específicos para cada material, e deixar mais próximo do colaborador aqueles que são mais vezes utilizados;
- ✓ **Seiso (Limpar):** limpar os equipamentos e locais de trabalho, com a finalidade de identificar irregularidades;
- ✓ **Seikutsu (Normalizar):** normalizar e documentar os procedimentos de aplicação das três fases anteriores, de modo que sejam claros e fáceis de entender;
- ✓ **Shitsuke (Disciplinar):** garantir que os procedimentos definidos são cumpridos, realizar frequentemente auditorias internas, e fazer com que a metodologia 5's se torne um hábito na organização.



Figura 11 Etapas de aplicação da metodologia 5's (Fonte: (Veres et al., 2018))

Benefícios do 5's

Segundo Veres et al. (2018), os benefícios que as organizações obtêm da aplicação da metodologia 5's são os seguintes:

- ✓ Ambiente de trabalho limpo e organizado;
- ✓ Responsabilidade e disciplina dos colaboradores;
- ✓ Melhoria da segurança e manutenção;
- ✓ Maior durabilidade dos equipamentos;
- ✓ Redução de desperdícios, tais como, acumulação de materiais, espaço e tempo.

2.2.5. SMED

Na atualidade, os conceitos do *LM* são frequentemente usados de forma a reduzir os desperdícios e a melhorar a capacidade de resposta das organizações aos pedidos dos clientes (A. Silva et al., 2020). Neste sentido, o aumento da flexibilidade dos processos e a produção de lotes mais pequenos são as duas maneiras mais eficazes de obter os objetivos referidos anteriormente, no entanto, este tipo de produção normalmente leva ao aumento do número de mudanças de configuração dos equipamentos, pelo que as organizações precisam de uma forma de manter os tempos de *setup* baixos, eliminando os desperdícios e limitando as atividades que não acrescentam

valor (A. Silva et al., 2020). Assim, o *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*), surge como uma metodologia que aborda a redução dos tempos de preparação, ajustes e troca de equipamentos, e o seu principal objetivo é aumentar a eficiência do processo de *setup* causado pela necessidade de alterar os artigos em produção (A. M. Vieira et al., 2020).

Segundo Karam et al. (2018), o *SMED* foi desenvolvido por Shigeo Shingo no *TPS* e é uma das ferramentas mais importantes do *LM*, que engloba um conjunto de técnicas para reduzir os tempos de paragens dos equipamentos e aumentar a produtividade.

Definição de Setup

Segundo Bhade e Hegde (2020), o *setup* ocorre quando é necessário efetuar ajustes aos equipamentos para produzir determinado produto. O tempo de *setup*, inicia-se quando a última peça boa da ordem de produção anterior é produzida e termina quando a primeira peça boa da nova ordem de produção é fabricada e, normalmente, este tempo é gasto em tarefas de limpeza e troca de peças nos equipamentos para a produção do próximo produto (T. Vieira et al., 2019). De acordo com a definição original do *SMED*, as mudanças de configuração a serem aplicadas a uma linha de produção devem ser realizadas em menos de dez minutos (A. Silva et al., 2020).

A metodologia *SMED* diferencia dois tipos de *setup*: O *setup* externo, que são tarefas executadas com o equipamento em funcionamento e com antecedência para adiantar o procedimento de mudança de configuração; O *setup* interno, que engloba as tarefas que podem ser realizadas somente com a máquina parada (Bhade & Hegde, 2020).

Implementação do SMED

As etapas de implementação do *SMED* estão apresentadas na Figura 12, e são as seguintes (Bhade & Hegde, 2020; A. Silva et al., 2020; T. Vieira et al., 2019):

1. Caracterização do estado inicial

Corresponde ao estudo da situação atual do processo de mudança de configuração, no qual não há distinção entre tarefas internas e externas. Nesta fase, é necessário acompanhar todas as tarefas de *setup*, registá-las e cronometrar os seus tempos de execução.

2. Distinção entre tarefas internas e externas

Nesta fase, deve-se analisar todas as atividades observadas na primeira etapa, com a finalidade de distinguir quais é que estão a ser executadas com o equipamento em funcionamento (tarefas externas), e com o equipamento parado (tarefas internas).

3. Transformação de tarefas internas em tarefas externas

Na terceira etapa, o principal objetivo é transformar o máximo de tarefas internas em tarefas externas, isto é, começar a executar atividades com o equipamento em funcionamento que até ao momento eram executadas com o equipamento parado.

4. Redução das tarefas internas

Nesta etapa, deve-se focar todas as atenções nas tarefas internas, isto é, todas aquelas que não puderam ser convertidas em externas na fase anterior, com o objetivo de reduzir os seus tempos de execução e, caso seja possível, eliminar as desnecessárias. Para tal, deve-se simplificar e

normalizar o trabalho de mudança de configuração, organizar os espaços de trabalho e colocar as ferramentas e materiais o mais próximo possível dos equipamentos.

5. Redução das tarefas externas

Na última etapa do *SMED*, deve-se simplificar e reduzir os tempos de execução das tarefas realizadas com o equipamento em funcionamento, embora as tarefas externas não afetem o tempo de inatividade dos equipamentos, no entanto, apresentam desperdícios pelo que devem sempre que possível ser melhoradas.

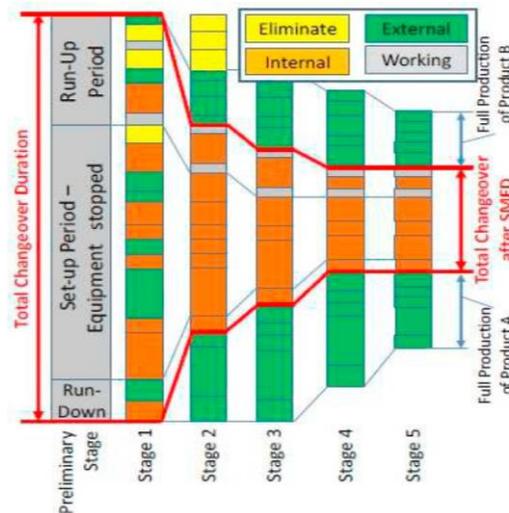


Figura 12 Etapas de aplicação da metodologia *SMED* (Fonte: (A. Silva et al., 2020))

Benefícios e Limitações do *SMED*

O *SMED*, quando bem implementado, traz elevados benefícios para as organizações, no entanto é uma ferramenta que apresenta algumas limitações (A. Silva et al., 2020). Posto isto, as vantagens e desvantagens do *SMED* podem ser consultadas na Tabela 2.

Tabela 2 Vantagens e desvantagens do *SMED* (Fonte: (A. Silva et al., 2020; Tekin et al., 2019; T. Vieira et al., 2019))

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redução dos tempos de <i>setup</i>, inatividade dos equipamentos, desperdícios, custos e esperas; ✓ Entregas mais rápidas com a produção de lotes pequenos; ✓ Aumento da capacidade produtiva e disponibilidade dos equipamentos; ✓ Facilmente se conseguem atingir reduções de 70% a 90% do tempo de <i>setup</i>; ✓ Maior flexibilidade, eficiência e qualidade; ✓ Permite a simplificação e organização do trabalho; 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Para aplicar o <i>SMED</i> é necessário um conhecimento sólido sobre os aspetos técnicos dos equipamentos e compreender bem o método de trabalho; ✗ Falta de ferramentas de análise para auxiliar a implementação; ✗ Só pode ser aplicado em sistemas de produção compostos por máquinas e trabalhadores; ✗ Os trabalhos repetitivos e normalizados eliminam tempos de inatividade dos trabalhadores, no entanto, podem afetar a sua condição física e mental;

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Normalização de procedimentos de <i>setup</i>; ✓ Elimina a necessidade de trabalhadores qualificados nos processos de <i>setup</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ A fase de projeção de equipamentos e ferramentas tem elevada influência na melhoria das tarefas de <i>setup</i> e, no entanto, não é referida no método; ✗ A componente humana esta presente em quase todos os processos, no entanto, não é abordada com profundidade.
--	---

2.2.6. Kanban

Segundo Ahmad et al. (2018), um dos problemas das organizações é a falta de capacidade para dar resposta às mudanças, principalmente por serem pouco ágeis e flexíveis. Assim sendo, o *Kanban* surge como uma metodologia do *LM* para superar esse problema, com os principais objetivos de permitir que as empresas deem resposta às mudanças dinâmicas do mercado, aumentem a sua qualidade e reduzam os desperdícios (Ahmad et al., 2018). O *kanban* é uma palavra japonesa que significa “cartão”, e é um método usado para controlar visualmente a produção, desenvolvido com a finalidade de permitir a implementação de sistemas de produção *JIT* (Powell, 2018). Estes sistemas que utilizam o *Kanban*, são caracterizados por postos de trabalho com tempos de *setup* reduzidos, e é somente a partir desta condição que se pode pensar numa produção *one-piece-flow*, onde todo o contentor de materiais consumidos a jusante são substituídos por contentores de materiais produzidos a montante, mantendo assim o princípio *FIFO* (Braglia et al., 2020).

Implementação do Kanban

Segundo J. Siva et al. (2019), para entender o funcionamento da metodologia *Kanban* é necessário conhecer os seus componentes, que são os seguintes:

- ✓ **Cartões de Movimentação:** contêm informações sobre o tipo e quantidade de peças que os postos de trabalho a jusante devem retirar dos a montante, e autorizam as transferências de produtos;
- ✓ **Cartões de Produção:** contêm informações sobre o tipo e quantidade de peças que os postos de trabalho a montante têm de produzir, isto é, autorizam a produção de um novo lote de peças para o local de trabalho a jusante;
- ✓ **Contentores:** recipientes usados para transportar um número autorizado de peças entre postos de trabalho;
- ✓ **Área de entrada:** local de armazenamento que fornece aos centros de trabalho o material necessário para produzir a peça seguinte;
- ✓ **Área de saída (supermercado):** local onde são mantidos os contentores com produtos acabados, e permanecem nos supermercados até que os mesmos sejam solicitados;
- ✓ **Área de retirada:** local para onde são enviados os contentores vazios com *Kanban's* de movimentação, de forma a indicar que o posto de trabalho precisa de ser reabastecido;

Braglia et al. (2020), refere que existem várias abordagens de aplicação da metodologia *Kanban* em função das durações dos *setup's*, que podem ser visualizadas na Figura 13 e, seguidamente, detalhadas:

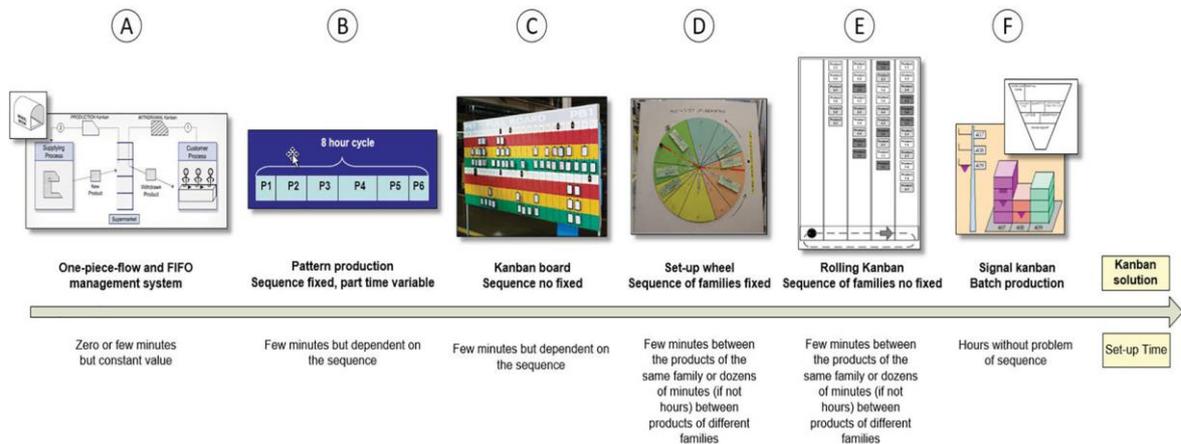


Figura 13 Sistemas Kanban vs tempos de setup (Fonte: (Braglia et al., 2020))

- A. **Caixa Kanban:** aplicado em situações em que não existem *setup's*, na qual a gestão de contentores é feita segundo a estratégia “cheio-vazio”, de forma a seguir o princípio *FIFO*;
- B. **Produção Padrão:** tendo em conta a minimização dos tempos de *setup*, é definida uma sequência de produção que é continuamente repetida, alterando-se apenas as quantidades de produção;
- C. **Quadro Kanban:** criação de um cartão para cada contentor de peças, identificar no quadro aqueles que estão em atraso, por fazer, em produção e finalizados, e tendo em conta a sua urgência;
- D. **Roda Setup:** todas as famílias de produtos são colocadas numa roda giratória, que gira no sentido anti-horário onde o marcador indica o momento atual de produção. São adicionados cartões de produção à roda sempre que um consumo desse produto é registado. Apenas os cartões presentes no setor correspondente ao momento atual são colocados em produção.
- E. **Rolling Kanban:** são definidas várias sequências de produção entre as famílias de produtos ou até mesmo entre produtos da mesma família, para reduzir os tempos de *setup*. O quadro é dividido em várias colunas em que cada um representa um momento temporal (dia, turno). O número de colunas é variável e define o tempo em que um *kanban* deve ser servido. O número de *kanban's* é definido pela seguinte formula:

$$N^{\circ} \text{ Kanban} = \frac{LT \times D \times (1 + FS)}{Q}$$

onde, **LT** é o *lead time* do *Kanban*, **D** é a procura média, **FS** é o fator de segurança definido pela empresa e **Q** a quantidade de peças que o contentor consegue levar.

Benefícios do Kanban

De acordo com Ahmad et al. (2018) e Papalexi et al. (2016), as vantagens da aplicação do *Kanban* são as seguintes:

- ✓ Controlo do *WIP*;
- ✓ Redução de *stock*;
- ✓ Permite gerir visualmente a produção;

- ✓ Melhora o fluxo de materiais;
- ✓ Melhora a capacidade de resposta as mudanças;
- ✓ Evita a superprodução.

2.2.7. Value Stream Mapping

Na atualidade, a redução de desperdícios e a eliminação de atividades que não acrescentam valor aos produtos é cada vez mais exigente para as empresas terem sucesso em setores de mercado competitivos (Ghosh & Lever, 2020). Neste sentido, o *Value Stream Mapping (VSM)* surge como uma ferramenta baseada nos princípios do *TPS*, que auxilia as organizações a compreender e a agilizar os processos de trabalho através da utilização de outros conceitos do *Lean Manufacturing*, com o principal objetivo de identificar, mapear e reduzir os desperdícios de todos os processos envolvidos na produção de determinado produto (Gunaki et al., 2021). É um mapa dos processos que revela as barreiras que bloqueiam o fluxo contínuo de materiais e identifica oportunidades de redução de perdas (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019).

Segundo Busert e Fay (2019), o *VSM* é usado como ferramenta de controlo e coordenação dos processos de produção, com a finalidade de garantir que todos os prazos são cumpridos, além de possibilitar a realização de análises aprofundadas à cadeia de processos, incentivando a melhoria contínua através da padronização de processos, identificação de irregularidades, redução de desperdícios e obtenção de altos níveis de fluxo. É uma ferramenta de gestão, que oferece uma perspectiva abrangente dos processos, e permite analisá-los e melhora-los como um todo, além de ser uma das ferramentas essenciais para a implementação do conceito *JIT* (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019).

Implementação do VSM

Segundo Gunaki et al. (2021), antes de implementar o *VSM* deve-se realizar uma análise completa a todo o sistema de produção, e de preferência com o auxílio dos gestores, supervisores e operários, pois a sua presença é fundamental para se identificarem os locais onde a produtividade pode ser aumentada. Além disso, o autor refere ainda que se deve questionar tudo aquilo que está a ser feito em cada etapa do processo, e que é importante pensar no que poderia acontecer se as tarefas desnecessárias fossem eliminadas (Gunaki et al., 2021).

A implementação do *VSM* deve seguir uma sequência de quatro etapas, representadas na Figura 14 e, seguidamente, detalhadas:



Figura 14 As quatro fases de aplicação do *VSM* (Fonte: Adaptado de Kundol et al. (2019))

1. Seleção do produto ou família de produtos a analisar

No fase de seleção de produtos a analisar, deve-se dar prioridade aos produtos que apresentam falhas constantes no cumprimento dos prazos de entrega, e que por sua vez afetam a produtividade e eficiência dos seus processos (Kundgol et al., 2019).

2. Mapear o estado atual do processo

De acordo com Kundgol et al. (2019), após a seleção do produto ou família de produtos, é necessário efetuar um desenho que represente a situação atual. Inicialmente, devem ser efetuadas observações minuciosas sobre toda a cadeia de valor da família de produtos selecionada, desde os fornecedores de matéria-prima até aos produtos acabados, e ao mesmo tempo recolher dados sobre o tempo de ciclo, *setup*, esperas, entre outros (Kundgol et al., 2019). À medida que se percorre a cadeia de valor, deve-se construir os primeiros rascunhos a papel e caneta do fluxo que liga os vários processos, para depois se obter um bom mapa do estado atual, e para tal, deve-se representar os fluxos utilizando os símbolos e ícones do VSM presentes na Figura 15, e que possuem individualmente um significado único (Kundgol et al., 2019).

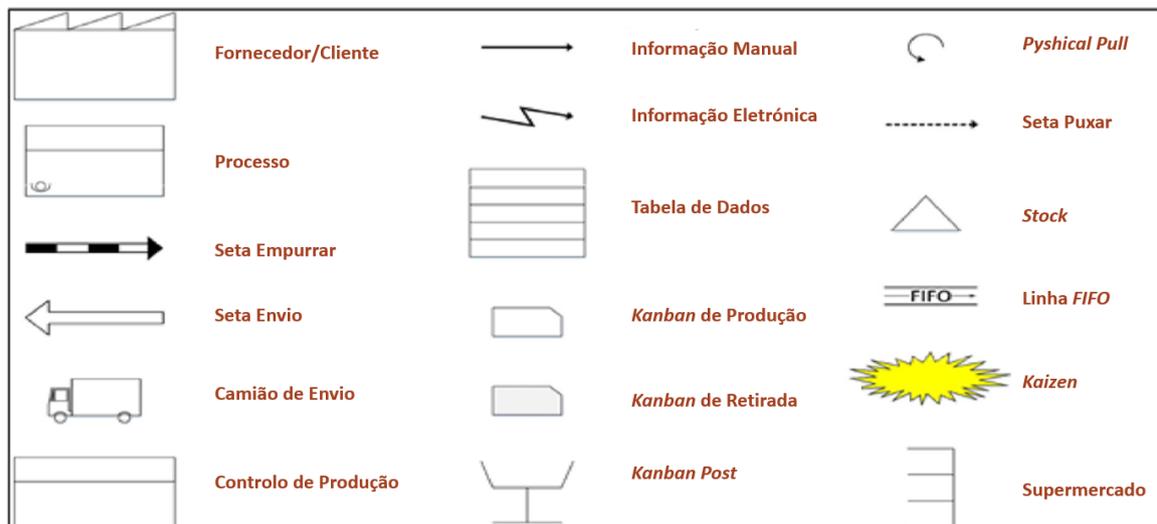


Figura 15 Principais símbolos do VSM (Fonte: Adaptado de Kundol et al. (2019))

Segundo Busert e Fay (2021), o mapeamento do processo deve ser realizado no sentido inverso ao fluxo de produção, isto é, deve-se começar por mapear o processo mais próximo do consumidor e ir recuando até aos fornecedores, processo a processo.

Na elaboração do VSM são utilizados ícones que representam fluxo de materiais e de informação, entre outros ícones que possibilitam a visualização e compreensão do fluxo de valor (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019). No final da representação inicial, o mapa deverá ter um aspeto semelhante ao representado na Figura 16.

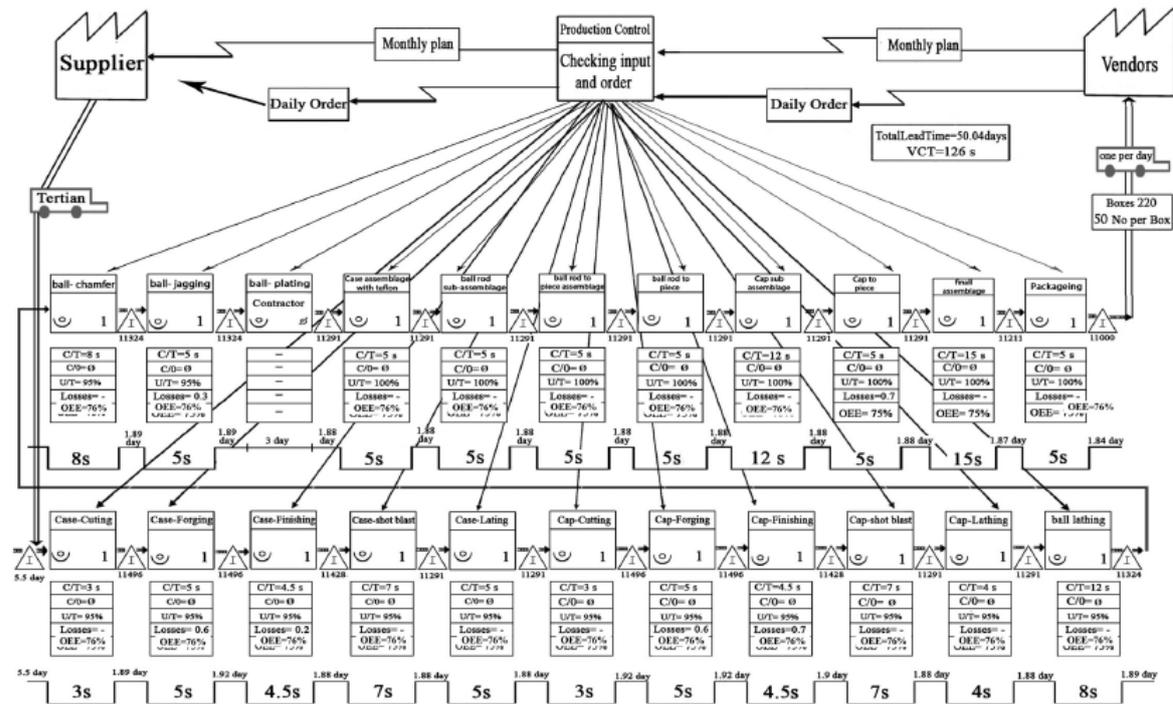


Figura 16 Exemplo de mapa de fluxo de valor atual (Fonte: (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019))

3. Projeção do mapa futuro do processo

Finalizado o mapeamento do estado atual, torna-se possível identificar potenciais melhorias que tornem o fluxo do processo mais eficiente e o mais próximo do contínuo possível (Gunaki et al., 2021). Posto isto, de acordo com os princípios do *Lean Manufacturing*, foi definido um conjunto de conceitos a seguir para atingir um mapa futuro com um menor *lead time*, menores custos e maior qualidade (Kundgol et al., 2019). Sendo eles apresentados de seguida (Kundgol et al., 2019):

- ✓ **Produzir segundo o *Takt Time***: produzir a um ritmo imposto pela procura, que é calculado através da divisão do tempo disponível pela procura dos clientes;
- ✓ **Usar fluxo contínuo sempre que possível**: evitar interrupções do processo, esperas e deslocções entre postos de trabalho;
- ✓ **Recorrer a “supermercados”**: nas situações em que o fluxo contínuo não é possível, deve se aplicar supermercados para criar *stocks* intermédios;
- ✓ **Aplicar o conceito de “one piece flow”**: produzir um artigo de cada vez, e o mesmo seguir sem paragens para o processo seguinte;
- ✓ **Estabelecer um fluxo de produção puxada**: enviar matérias a montante, nas quantidades e no preciso momento em que são necessários a jusante;
- ✓ **Planear e nivelar a produção**: produzir pequenos lotes intercalados e ao ritmo do *pacemaker*;

Assim, em resultado da aplicação dos conceitos do *Lean* referidos anteriormente, espera-se que se obtenha um mapa do estado futuro como o representado na Figura 17.

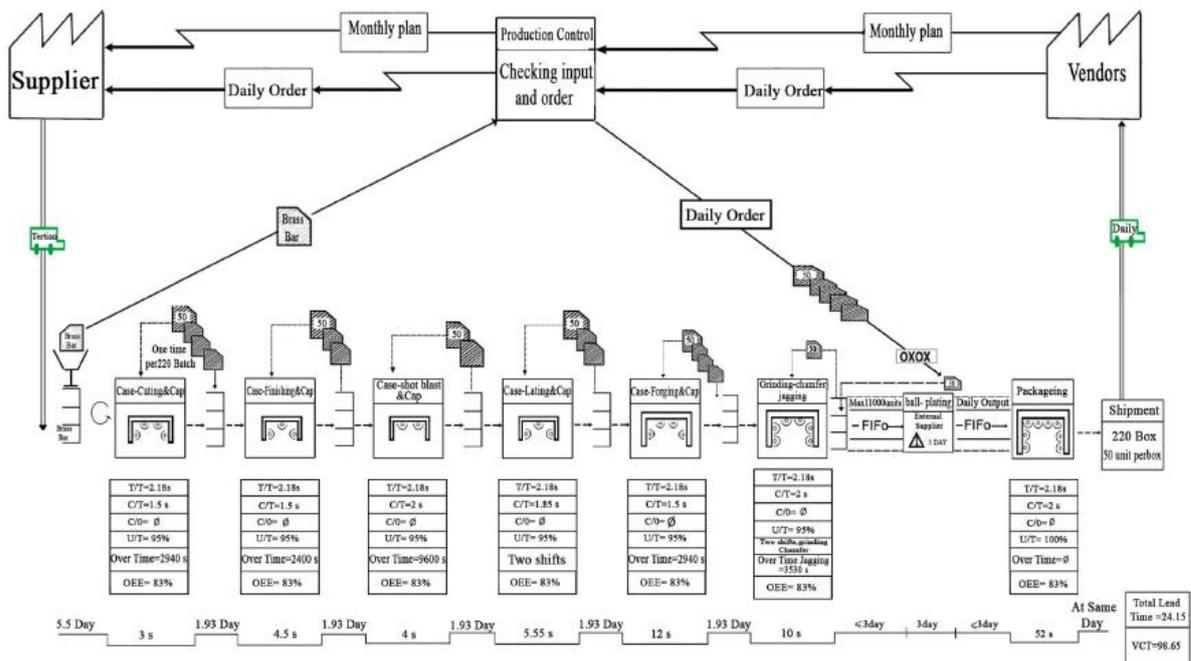


Figura 17 Exemplo de mapa de fluxo de valor futuro (Fonte: (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019))

4. Implementação

Após a finalização do mapa do estado futuro, é necessário implementar as medidas por ele propostas, e nomear responsáveis para cada área ou atividade, de modo que os mesmos assegurem o cumprimento dos objetivos definidos nos planos de ação traçados (Busert & Fay, 2021).

Benefícios do VSM

De acordo com Ghosh e Lever (2020), a aplicação do VSM torna os processos mais ágeis e flexíveis, aumenta a sua eficiência, e direciona-os para os clientes, o que levará a uma melhor capacidade de resposta às necessidades dos consumidores.

Segundo Patidar et al. (2020), os principais benefícios da aplicação do Value Stream Mapping são os seguintes:

- ✓ Redução da mão de obra;
- ✓ Redução dos tempos de espera;
- ✓ Aumento de produtividade;
- ✓ Redução das quantidades de WIP;
- ✓ Melhor utilização dos espaços no *gemba*;

Limitações do VSM

O VSM é extremamente difícil de usar em sistemas de produção complexos com diversos fluxos de produção, pelo que a sua eficácia se limita a processos mais lineares, além de ser uma ferramenta com um nível de precisão limitado (Ghosh & Lever, 2020).

Para Busert e Fay (2021), o VSM apresenta limitações no mapeamento dos fluxos de informação, pois a mesma apenas é distinguida entre manual e eletrônica, pelo que a ferramenta não oferece maneira de avaliar a qualidade da informação.

página propositadamente em branco

3. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo destina-se à apresentação das etapas de desenvolvimento prático do projeto, bem como à justificação de todas as opções tomadas ao longo das mesmas. Neste sentido, inicialmente, efetua-se uma descrição do processo de desenvolvimento do MIL, na qual se apresentam todos os conteúdos e informações presentes em cada um dos capítulos do documento, bem como os motivos pelos quais estes foram incluídos. De seguida, explicam-se os procedimentos efetuados em cada uma das fases de validação do manual. Por fim, apresentam-se os fluxos criados no *Power Automate* e a *dashboard* desenvolvida em *Power BI* para monitorizar as respostas ao questionário do MIL. É importante relembrar que as etapas de seleção dos conceitos do *LM* a incluir no MIL e investigação das suas metodologias de implementação, foram abordadas no Enquadramento Teórico da presente dissertação, pelo que não serão mencionadas neste capítulo.

De forma a facilitar a compreensão das fases de desenvolvimento do presente projeto de investigação, optou-se por desenvolver um fluxograma do projeto na plataforma *Bizagi Modeler*. O mesmo pode ser consultado na Figura 18.

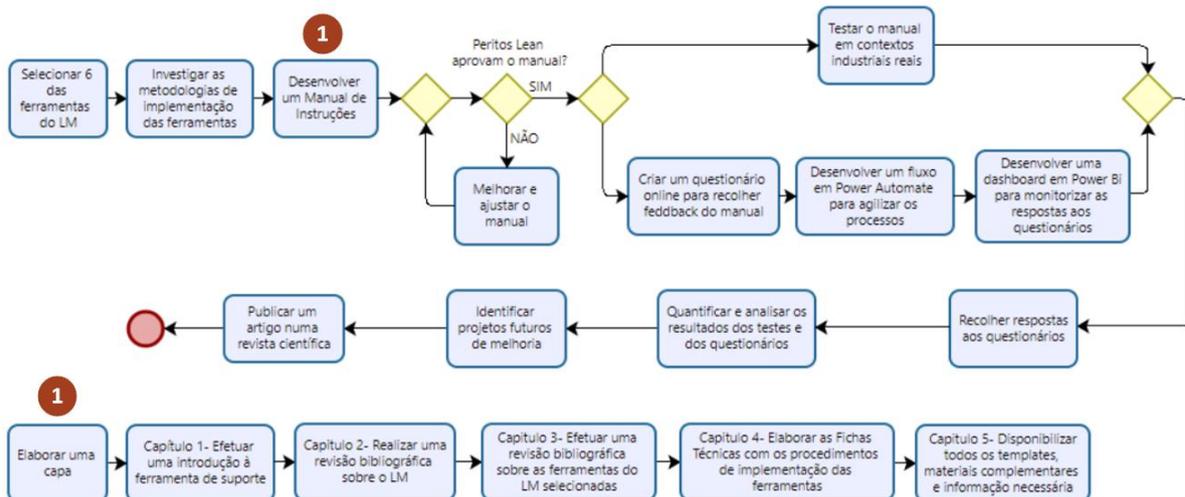


Figura 18 Fluxograma do Projeto

3.1. Desenvolvimento do Manual de Instruções *Lean*

Para auxiliar as pessoas com dificuldades na implementação de conceitos do *LM*, procedeu-se à criação de um manual de suporte à sua aplicação prática, o qual foi intitulado de Manual de Instruções *Lean* (MIL). Neste sentido, o mesmo servirá para fornecer aos utilizadores conhecimento sobre o *LM*, seis das suas ferramentas e respetivas metodologias de implementação. Neste projeto, foram abordadas no MIL as ferramentas *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM*. Deste modo, com a presença do manual pretende-se garantir que estas ferramentas sejam implementadas corretamente e que os resultados pretendidos sejam alcançados.

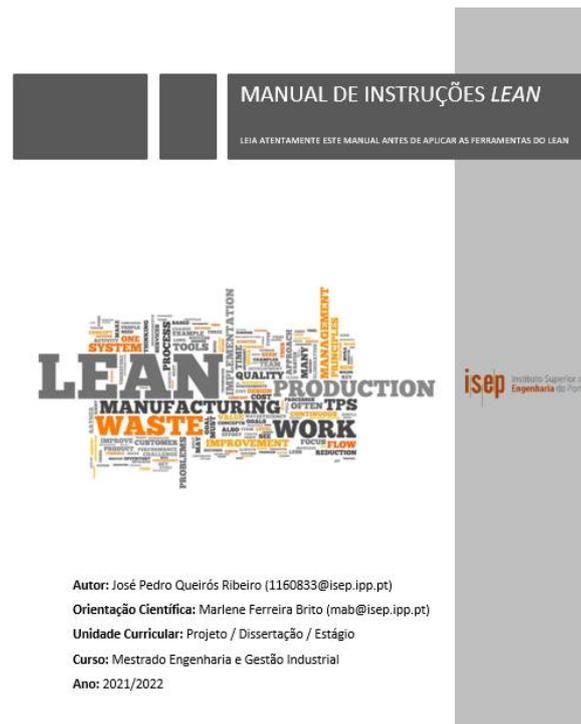


Figura 19 Manual de Instruções *Lean*

É importante referir que o MIL foi desenvolvido com base no enquadramento teórico efetuado no segundo capítulo da presente dissertação, e noutras pesquisas bibliográficas adicionais efetuadas, nas quais foram consultados artigos científicos, revistas científicas, dissertações de mestrado e alguns *websites*. Além disto, grande parte do conhecimento e percurso académico do autor, bem como algumas das suas experiências profissionais com o *LM* foram também usados para a criação desta ferramenta de suporte.

O Manual de Instruções *Lean* foi elaborado com o auxílio do *Microsoft Word* e encontra-se dividido em cinco capítulos, que serão descritos detalhadamente nos subtópicos seguintes. Por fim, é importante referir que durante a leitura do presente tópico deve fazer-se acompanhar do MIL, para poder consultá-lo e perceber a forma como o mesmo foi desenvolvido.

3.1.1. Capítulo 1 – Introdução

No primeiro capítulo, efetuou-se uma introdução ao Manual de Instruções *Lean*, com a finalidade de apresentar o produto desenvolvido aos utilizadores. Posto isto, na introdução, inicialmente,

descrevem-se os motivos e a pertinência da criação desta ferramenta de suporte. De seguida, aborda-se a estrutura do documento, onde se indicam os conteúdos que estão presentes em cada um dos capítulos do MIL. Posteriormente, mostram-se as formas de validação e teste adotadas na fase de aprovação do manual. Depois, apresentam-se os resultados esperados para o processo de implementação de ferramentas do *Lean* com o auxílio do MIL, bem como os benefícios da utilização desta ferramenta de suporte. Por fim, disponibilizam-se os contactos do autor do MIL, para que os utilizadores possam esclarecer as suas dúvidas, e o *link* de um questionário online, para que os utilizadores possam contribuir para a melhoria contínua do manual.

3.1.2. Capítulo 2 – *Lean Manufacturing*

No segundo capítulo, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o *Lean Manufacturing*, pois para aplicar os conceitos do *Lean* é fundamental que os utilizadores conheçam as origens e os princípios básicos desta filosofia. Neste sentido, inicialmente, efetuou-se uma definição do conceito, de forma que o leitor possa compreender o que é o *Lean* e quais os principais benefícios da sua implementação. Seguidamente, enumeraram-se os princípios que estão na base de uma gestão *Lean*. Depois, realizou-se um estudo sobre as origens e história do *LM*, com a finalidade de mostrar aos leitores a evolução do *Lean* ao longo do tempo, bem como as pessoas que contribuíram para a sua criação. Posteriormente, apresenta-se uma pesquisa sobre a *Toyota Production System (TPS)*, com o objetivo de mostrar aos utilizadores do MIL os pilares que estão na base de gestão do sistema de produção que deu origem ao *LM*. Por fim, identificaram-se as oito formas de desperdícios *MUDA*, para que os leitores estejam conscientes dos aspetos que afetam os sistemas de produção, e saibam aquilo que têm de eliminar ou reduzir com a implementação de ferramentas do *Lean*.

3.1.3. Capítulo 3 – Ferramentas do *Lean Manufacturing*

No terceiro capítulo, o principal objetivo é apresentar aos leitores os conceitos teóricos das seis ferramentas do *LM* que foram selecionadas para incluir no MIL, ou seja, o *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM*, para que os mesmos possam realizar um estudo prévio destas ferramentas antes de proceder à sua implementação. Para a elaboração deste capítulo, utilizou-se o estudo bibliográfico efetuado no Enquadramento Teórico da presente dissertação, ao qual se acrescentou informações complementares obtidas em novas pesquisas.

Assim, neste capítulo, para cada um dos conceitos do *LM* abordados no MIL apresentam-se os seguintes subtópicos:

- **Definição**

Neste subtópico, efetua-se a definição da ferramenta, para que os utilizadores do MIL possam saber o que é a ferramenta, para que serve, as situações em que é aplicada e quais os seus principais objetivos. Nas páginas 19, 20 e 21 do MIL, é possível visualizar um exemplo de definição de uma ferramenta do *LM*, neste caso, do *Kaizen*.

- **Fases de implementação:**

Após a definição, de forma breve e objetiva, detalham-se as etapas de implementação de cada uma das ferramentas, e apresentam-se alguns conceitos adicionais que podem auxiliar o processo de implementação, como por exemplo, o Ciclo *PDCA* na implementação do *Kaizen*. Tudo isto, para que

os leitores do MIL numa fase inicial obtenham uma percepção abrangente e teórica sobre as fases de implementação das ferramentas do *LM*. Para exemplificar, nas páginas 26 e 27 do MIL, pode-se visualizar um exemplo de apresentação das etapas de implementação de uma ferramenta do *LM*, neste caso, do *Standard Work*. Já na página 22 do manual, encontra-se um exemplo da descrição de alguns conceitos adicionais que devem ser utilizados durante a aplicação de uma ferramenta do *LM*, neste caso, para o *Kaizen*.

- **Benefícios e limitações**

Após a descrição de cada ferramenta enumeram-se as suas principais vantagens e desvantagens, para que os utilizadores do MIL saibam aquilo que podem alcançar com a ferramenta, bem como as suas limitações e dificuldades de implementação. Como exemplo, nas páginas 32 e 33 do MIL, pode-se visualizar a enumeração das vantagens e desvantagens de uma ferramenta do *LM*, neste caso, da ferramenta *SMED*.

3.1.4. Capítulo 4 – Fichas Técnicas

No quarto capítulo, encontram-se as Fichas Técnicas (FT) das seis ferramentas do *LM* abordadas no MIL, nas quais numa vertente mais prática se descreveram detalhadamente todos os procedimentos necessários para a sua implementação. As FT consistem numa espécie de procedimento experimental, que deve ser executado passo a passo para aplicar as ferramentas do *LM*. Assim, o objetivo é que os utilizadores do MIL se guiem por estes documentos nos momentos de implementação, para que saibam o que têm de fazer em cada uma das etapas. É importante referir que as FT foram desenvolvidas de forma a facilitar a sua leitura e compreensão, pelo que se optou por usar uma linguagem simples e objetiva, imagens e diagramas visualmente cativantes, e alguns exemplos práticos.

Assim sendo, nas FT estão presentes os seguintes elementos:

- **Etapas de implementação**

Todas as FT encontram-se divididas pelas respetivas etapas de implementação das ferramentas, nas quais, para cada uma delas, se indicam todas as tarefas que devem ser executadas e quais os materiais e ferramentas auxiliares que podem ser utilizados. Nas páginas 50 e 51, 53 e 54, 61 a 64, 75 a 77, 101 a 103, 131 a 133 do MIL, é possível visualizar exemplos da descrição de algumas das etapas de implementação das ferramentas *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM* nas FT, respetivamente.

- **Imagens e Diagramas**

Na descrição das várias etapas das ferramentas, utilizaram-se algumas imagens e criaram-se diversos diagramas com a finalidade de facilitar a interpretação da informação, e tornar as FT visualmente mais atrativas. As imagens, obtiveram-se nas pesquisas bibliográficas efetuadas. Já os diagramas e esquemas, foram desenvolvidos com o auxílio da ferramenta *Microsoft Power Point*. Para exemplificar, nas páginas 43, 54, 75, 132, 134 do MIL, pode-se visualizar exemplos de diagramas criados, neste caso, para mostrar as características necessárias para liderar um projeto *Kaizen*, os indicadores que devem ser incluídos nas Instruções de Trabalho, as características da área piloto pela qual se deve iniciar a implementação do *SMED*, explicar o processo de cálculo do *takt time* e enumerar os problemas que normalmente se identificam num mapa do estado atual,

respetivamente. Já nas páginas 44, 63 e 114 do MIL podem-se visualizar exemplos de imagens utilizadas, neste caso, para exemplificar uma reunião *Kaizen* no *gemba*, a etapa de arrumação dos 5's e vários tipos de lançadores de lotes do *Kanban*, respetivamente.

- **Pequenos conselhos e dicas**

Ao longo das FT são fornecidos alguns conselhos aos utilizadores, com a finalidade de facilitar o processo de implementação das ferramentas do *Lean*, bem como para fazer com que os resultados sejam os melhores possíveis. Além disto, são transmitidos alguns pensamentos e ideias do *Lean*, que devem estar presentes na consciência dos utilizadores nos momentos em que pretendem implementar esta filosofia nas organizações. Na Figura 20, encontram-se alguns exemplos de pensamentos *Lean* fornecidos nas várias FT. Já exemplos de dicas, podem ser consultados, por exemplo, ao longo da FT do *SMED*, mais propriamente, nas páginas 76 a 83 do MIL.

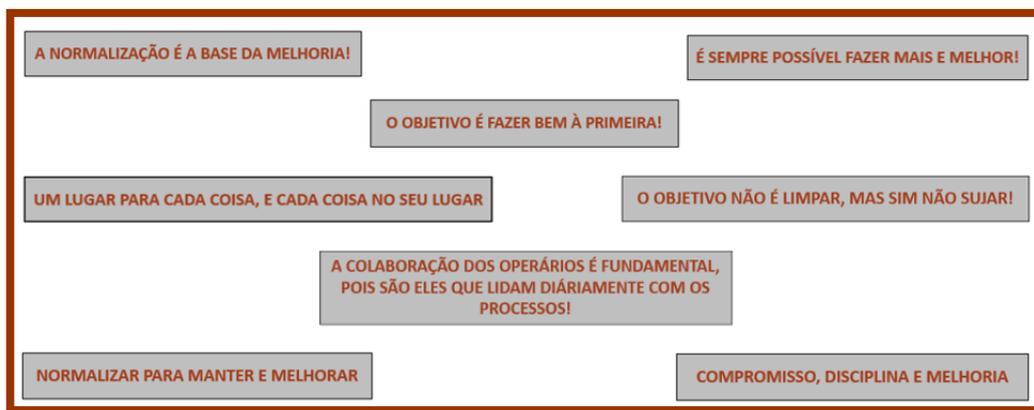


Figura 20 Alguns dos pensamentos do *Lean* que são transmitidos nas FT

- **Conceitos complementares do Lean**

A implementação de algumas ferramentas requer a utilização de pequenos conceitos complementares do *LM*, fundamentais para a obtenção de melhores resultados. Deste modo, ao longo das FT, são abordados alguns destes conceitos, através da explicação do seu funcionamento e apresentação de exemplos da sua aplicação. De seguida, apresentar-se-ão os conceitos do *LM* incluídos nas FT.

Num projeto *Kaizen*, a utilização do Ciclo *PDCA* é fundamental para auxiliar a planear todas as fases do projeto. Neste sentido, desenvolveu-se um template para a sua aplicação, que foi disponibilizado nos anexos do MIL, bem como algumas indicações para explicar a forma como o mesmo deve ser preenchido. Além disto, para complementar a explicação desta metodologia, optou-se por colocar também um exemplo prático da aplicação deste conceito num projeto de balanceamento de uma linha de manipulação dirigido pelo autor do MIL na empresa *Symington Family Estates*. A explicação do Ciclo *PDCA*, bem como o exemplo da sua aplicação, encontram-se nas páginas 44 e 45 do MIL.

Num projeto de melhoria contínua, a resolução de problemas é uma tarefa sistemática e, para tal, é necessário identificar as suas principais causas e agir em conformidade. Deste modo, na FT do *Kaizen* optou-se por descrever os passos de aplicação das ferramentas *A3 Problem Solving*, *5'WHY* e Diagrama de *Ishikawa*. A primeira, para orientar as equipas de trabalho ao longo do projeto, bem como para permitir uma abordagem estruturada ao processo de resolução de problemas. As outras,

com a finalidade de ajudar os utilizadores do manual a identificar as causas-raiz dos problemas. Para exemplificar a aplicação destas ferramentas, decidiu-se utilizar um projeto em que as mesmas foram aplicadas para resolver e identificar as causas do aumento das reclamações dos clientes numa empresa de imobiliário (MÓVEIS LUA S.A). O projeto foi realizado pelo autor da dissertação no âmbito de uma unidade curricular do MEGI (ENGQU). As explicações desenvolvidas para estes métodos, bem como os exemplos práticos da sua aplicação utilizados para complementar a sua explicação, encontram-se presentes na FT do *Kaizen*, mais propriamente nas páginas 45 a 49 do MIL. É importante referir que o template dos 5´WHY foi desenvolvido neste projeto, já os do *A3 Problem Solving* e *Ishikawa* foram adaptados da unidade curricular de ENGQU. Os templates foram disponibilizados no MIL, para que os seus utilizadores os possam usar nos momentos de implementação destas ferramentas.

Nas etapas de redução das tarefas internas e externas da metodologia *SMED*, é fundamental verificar quais as tarefas que podem ser eliminadas, combinadas, reduzidas ou simplificadas. Deste modo, colocou-se na FT do *SMED* uma explicação da aplicação do Questionário ECRS, para facilitar a tarefa de diminuição do tempo gasto em *setup*. A explicação desenvolvida para o Questionário ECRS pode ser consultada na Figura 21.

Para efetuar uma análise ECRS, deve-se aplicar o seguinte questionário:

QUESTIONÁRIO ECRS

1. **ELIMINAR:** A atividade pode ser eliminada?
2. **COMBINAR:** A tarefa pode ser combinada com outra?
3. **REDUZIR:** A atividade pode ser reduzida?
4. **SIMPLIFICAR:** A atividade pode ser simplificada?

ELIMINAR: eliminar os desperdícios, ou seja, todas as tarefas desnecessárias e que não acrescentam valor;

COMBINAR: identificar as tarefas que podem ser combinadas, isto é, que podem ser executadas em paralelo. Normalmente, utilizam-se pessoas adicionais para que estas atividades sejam executadas em simultâneo;

REDUZIR: identificar as tarefas em que se verificam oportunidades de redução do seu tempo de execução, de forma a torná-las mais rápidas e eficientes;

SIMPLIFICAR: identificar as tarefas em que é possível simplificar o seu processo de execução, seja através da implementação de mecanismos, melhoria do método de trabalho ou outras.

Figura 21 Explicação do Questionário ECRS na FT do *SMED*

Quando se pretende implementar propostas de melhorias nos processos, é fundamental criar um Plano de Ação, tanto para identificar as prioridades e os investimentos necessários, como para garantir que as melhorias são aplicadas pelas pessoas definidas dentro dos prazos pretendidos. Além disto, é importante reconhecer os principais obstáculos que podem dificultar a implementação das propostas de melhoria e, para tal, torna-se necessário elaborar uma Matriz de *GUT*. Posto isto, na FT do *SMED* explicou-se detalhadamente os procedimentos necessários para implementar estes conceitos. No entanto, os mesmos podem ser aplicados em qualquer projeto de melhoria contínua, onde se pretendam implementar alterações aos processos. Após a explicação destes conceitos, forneceram-se exemplos da sua aplicação. Para tal, deu-se continuidade aos exemplos do *A3 Problem Solving*, *5´WHY* e Diagrama de *Ishikawa* abordados anteriormente, pois utilizaram-se os Planos de Ação e Matriz de *GUT* desenvolvidos para as propostas de melhoria

identificadas no projeto da MÓVEIS LUA S.A, referido anteriormente. As elucidações desenvolvidas para a elaboração de um Plano de Ação e de uma Matriz de *GUT*, bem como os exemplos da sua aplicação podem ser visualizados, respetivamente, no terceiro e quarto passo da sétima etapa da FT do *SMED*, ou seja, nas páginas 84 e 85 do MIL.

Na primeira etapa da implementação do *VSM*, é necessário identificar qual a família de produtos que se deve analisar e mapear. Para facilitar esta tarefa, na FT do *VSM* esclareceu-se o processo de aplicação da Matriz Produto-Processo, que é uma ferramenta simples e prática, normalmente utilizada para auxiliar a identificação dos produtos que possuem um percurso de produção igual ou muito idêntico. A descrição da Matriz Produto-Processo pode ser consultada na primeira etapa da FT do *VSM*, ou seja, nas páginas 126 e 127 do MIL.

Por fim, visto que o *Kanban* é uma ferramenta que pode ser aplicada de diversas formas, na sua Ficha Técnica abordaram-se algumas delas e, como tal, explicaram-se os conceitos de Cartões *Kanban*, Quadro *Kanban*, Quadro de Nivelamento, Conformador de Lotes, Lançador, *Look-See*, *Kanban* Eletrónico (*e-kanban*) e o *Rolling Kanban*. As elucidações desenvolvidas para estes conceitos do *Kanban* podem ser consultadas na terceira etapa da FT do *Kanban*, isto é, páginas 103 a 122 do MIL.

- **Materiais auxiliares desenvolvidos**

Para auxiliar os utilizadores do manual a executar alguns passos das FT, foram desenvolvidos templates e materiais complementares. Para tal, procedeu-se à imaginação de ideias capazes de facilitar e simplificar as etapas de implementação, e a partir das plataformas *Microsoft Word* e *Power Point* criaram-se os materiais. É importante referir que apesar de estes materiais serem abordados nas FT, os seus templates encontram-se presentes nos anexos do MIL. De seguida, serão apresentados todos os templates e materiais auxiliares desenvolvidos.

Para facilitar a aplicação do Ciclo *PDCA*, criou-se um template (Figura 22). O objetivo é que os utilizadores o preencham com as informações relevantes para cada uma das fases do método, ou seja, planeamento, execução, verificação e ação. É importante lembrar que na FT do *Kaizen* disponibilizaram-se indicações para o preenchimento deste template.

O template do Ciclo PDCA é apresentado numa tabela com duas colunas e quatro linhas. No centro, há uma seta vertical azul apontando para baixo com o texto 'PLAN' em letras grandes. À direita, há uma seta vertical laranja apontando para baixo com o texto 'DO', uma seta verde apontando para cima com o texto 'CHECK' e uma seta amarela apontando para cima com o texto 'ACT'. Os campos de texto são os seguintes:

Considerações iniciais:	Propostas de melhoria:
Caracterização da situação atual:	Plano de ação:
Objetivo:	Acompanhamento/indicadores:
Análise das causas raízes:	

Figura 22 Template do Ciclo *PDCA*

No mesmo sentido, criou-se um template para o método dos 5'WHY, Figura 23, no qual os utilizadores do MIL podem, inicialmente, efetuar uma descrição clara e objetiva do problema e, posteriormente, registar todos os "porquês" até identificarem a sua causa-raiz.

5 WHY	
Descreva o problema	
1º Porquê	
2º Porquê	
3º Porquê	
4º Porquê	
5º Porquê	
Causa Raiz	

Figura 23 Template dos 5'WHY

De modo a auxiliar a etapa de triagem da metodologia 5's, desenvolveu-se a Tabela de Triagem de Materiais (Figura 24). Nesta, os utilizadores podem escrever o nome de todos os itens presentes no posto de trabalho, de seguida, verificar a frequência de utilização dos materiais e o seu estado de degradação, através da colocação de cruzes e, por fim, decidir se o material faz ou não falta ao posto de trabalho. Assim, os materiais desnecessários devem ser removidos do posto de trabalho. Os itens necessários e degradados devem ser substituídos por itens novos. Por fim, os materiais necessários com frequência alta de utilização devem ser armazenados o mais próximo possível do utilizador.

TRIAGEM DE MATERIAIS								
Nome do Material	Frequência de Utilização			Estado do Material			Material Necessário?	
	Baixa	Média	Alta	Degradado	Médio	Boa Condições	Sim	Não

Figura 24 Tabela de Triagem de Materiais

Com a finalidade de ajudar os utilizadores do MIL na etapa de normalização da metodologia 5's, criaram-se Instruções de Trabalho (IT) para as fases de triagem e arrumação dos 5's (Figuras 25 e 26). Nestas, encontram-se todos os passos que se devem executar, e como se pode utilizar a Tabela de Triagem de Materiais nestas etapas. O objetivo é que os leitores do MIL se inspirem nestas IT, para poderem criar as suas próprias. No entanto, também podem utilizar as IT do MIL para afixar nos postos de trabalho onde implementarem a ferramenta 5's.

Instrução de Trabalho - Triagem (Seiri)			
Etapas	Tarefas		
1	Apontar na Tabela de Triagem de Materiais todos os materiais, ferramentas e equipamentos que estão presentes no posto de trabalho.		
2	Anotar na tabela a frequência de utilização de cada material (baixa, média, alta)		
3	Anotar na tabela o estado do material (degradado, médio, boas condições)		
4	Indicar na tabela os materiais que são necessários e aqueles que são desnecessários		
5	Remover do posto de trabalho todos os materiais considerados desnecessários		
6	Substituir todos os materiais, ferramentas e equipamentos que se encontram degradados		
Autor	José Pedro Ribeiro	Data	17/02/2022

Figura 25 Instrução de trabalho desenvolvida para a etapa de triagem dos 5's

Instrução de Trabalho - Arrumação (Seiton)			
Etapas	Tarefas		
1	Analisar a Tabela de Triagem de Materiais e ordenar os materiais, equipamentos e ferramentas do mais utilizado para o menos usado		
2	Definir locais para o armazenamento dos materiais, ferramentas e equipamentos, de forma a que os mais utilizados fiquem mais próximos do utilizador.		
3	Distinguir as zonas de armazenamento com cores diferentes, para que o utilizador facilmente identifique as diferentes categorias de materiais.		
4	Etiquetar todos os materiais, ferramentas, equipamentos e locais de armazenamento.		
Autor	José Pedro Ribeiro	Data	17/02/2022

Figura 26 Instrução de trabalho desenvolvida para a etapa de arrumação dos 5's

Ainda para os 5's, criaram-se Folhas de Registo de Tarefas, Figura 27, para auxiliar a etapa de disciplinação. O objetivo é que estas folhas sejam utilizadas para registar o cumprimento das atividades de triagem, arrumação e limpeza. Deste modo, ao afixá-las nos postos de trabalho torna-se possível monitorizar os processos e inculir sentido de autodisciplina aos colaboradores.

FOLHA DE REGISTO TRIAGEM				FOLHA DE REGISTO ARRUMAÇÃO			
Nome do Responsável	Data	Hora	Observações	Nome do Responsável	Data	Hora	Observações

FOLHA DE REGISTO LIMPEZA			
Nome do Responsável	Data	Hora	Observações

Figura 27 Folhas de Registo de Tarefas desenvolvidas para a etapa de disciplina dos 5's

Além das IT referidas anteriormente, para as etapas de triagem e arrumação dos 5's também foram desenvolvidas Folhas de Verificação, Figura 28. Estas devem ser utilizadas pelos responsáveis da implementação dos 5's, para verificarem se as etapas de triagem e a arrumação foram realizadas de maneira correta. Desta forma, promover-se-á a autodisciplina e o autocontrolo.

Folha de Verificação da Triagem (<i>Seiri</i>)			
Verificação	Pergunta	Sim	Não
1	Todos os materiais e equipamentos do posto de trabalho foram analisados e identificados?		
2	Está identificada a frequência de utilização e estado de degradação dos materiais e equipamentos?		
3	Os materiais necessários estão separados dos desnecessários?		
4	Todos os materiais desnecessários foram removidos?		
5	O posto de trabalho apresenta somente materiais e ferramentas necessários?		
Responsável		Data	

Folha de Verificação da Arrumação (<i>Seiton</i>)			
Verificação	Pergunta	Sim	Não
1	As ferramentas e locais de armazenamento estão devidamente etiquetados?		
2	Os materiais mais usados estão mais próximos do utilizador?		
3	Todas as ferramentas e materiais estão arrumadas nos respetivos locais específicos?		
4	Os locais de armazenamento, materiais e ferramentas estão facilmente identificáveis?		
5	Todos os documentos presentes no posto de trabalho estão corretamente identificados?		
Responsável		Data	

Figura 28 Folhas de Verificação desenvolvidas para as etapas de triagem e arrumação dos 5's

Na implementação da metodologia dos 5's a realização de auditorias aos postos de trabalho é fundamental para, inicialmente, avaliar as condições dos mesmos e, posteriormente, sustentar e melhorar continuamente aquilo que foi implementado. Sendo assim, e de modo a facilitar o processo de realização de Auditorias 5's aos postos de trabalho, criou-se um template *standard* para a sua aplicação (Figura 29). Neste, deve-se atribuir uma classificação de zero (baixa), três (média) ou cinco (alta) aos respetivos critérios de cada um dos 5's. No final, a pontuação de cada "s" deve ser somada, e o posto de trabalho só poderá ser aprovado caso obtenha no mínimo a pontuação objetivo definida pelo auditor ou pela empresa. No entanto, o autor do MIL e da presente dissertação aconselha a que se aprovelem os postos de trabalho sempre que os mesmos obtenham no mínimo 80% da pontuação máxima, ou seja, 96 pontos. Aconselhou-se este objetivo de aprovação pelo facto de ser um objetivo ambicioso e se considerar que só a partir desta pontuação é que os postos de trabalho se encontram minimamente em conformidade com todos os "s" da metodologia. No entanto, cada organização deve definir o seu objetivo, e mesmo que o ambiente de trabalho seja aprovado, pode e deve, constantemente, ser analisado e melhorado. Além disto, é importante que ao longo do tempo à medida que os objetivos sejam atingidos, se redefinam metas mais ambiciosas. Em caso de não aprovação, os 5's do posto de trabalho devem ser urgentemente revistos e melhorados. Além disto, os resultados das Auditorias 5's podem ser utilizados como forma de quantificação da evolução do posto de trabalho, após a implementação dos 5's.

AUDITORIA 5'S					
Auditor:		Data:		Posto de Trabalho:	
Categoria	Verificação	Pontuação			Observações
		0	3	5	
Seiri (Triagem)	Existem apenas os itens necessários para a execução das tarefas?				
	Não existem objetos/materiais (recipientes, ferramentas, equipamentos de medição, papéis, material de limpeza, etc) sem utilização ou não conformes?				
	Não existem objetos/materiais (recipientes, ferramentas, equipamentos de medição, papéis, material de limpeza, etc) obsoletos?				
	Existe somente informação necessária (instruções de trabalho, documentos, folhas, papéis, etc)?				
"Separar o útil do inútil"		Total Seiri (0 – 20)			
Seiton (Arrumação)	Não existem objetos espalhados (no chão, corredor, equipamentos, mesas, armários, etc)?				
	Existe locais de armazenamento devidamente identificados para todos os itens?				
	Existem marcações no posto de trabalho (marcas no chão, zonas proibidas, caminhos, contentores de lixo, corredores, zona de armazenamento, etc)?				
	Existe uma zona de armazenamento para colocar produtos ou materiais não conformes?				
	Os itens mais utilizados estão mais próximos do utilizador?				
"Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar"		Total Seiton (0 – 25)			
Seison (Limpeza)	O posto de trabalho encontra-se limpo (chão, paredes, vidros, portas, armários, etc)?				
	O posto de trabalho é limpo periodicamente?				
	Os equipamentos e materiais (mesmo os menos usados) encontram-se limpos?				
	Os equipamentos e materiais são limpos periodicamente?				
	Existem rotinas de limpeza ou folhas de verificação de limpeza?				
	Estão presentes no posto de trabalho os materiais de limpeza?				
"Não sujar para evitar limpar"		Total Seiton (0 – 30)			
Seiketsu (Normalização)	Os itens estão armazenados nos locais definidos para esse efeito?				
	Existem planos de triagem, arrumação e limpeza e manutenção para o posto de trabalho?				
	Os planos estão visíveis no posto de trabalho?				
	Existem instruções de trabalho com os procedimentos de triagem, arrumação e limpeza e manutenção?				
	As instruções de trabalho estão visíveis?				
"Normalizar para manter e melhorar"		Total Seiton (0 – 25)			
Shitsuke (Autodisciplina)	São realizadas auditorias 5's periodicamente?				
	O posto de trabalho é limpo por iniciativa dos colaboradores?				
	Os colaboradores participam nos processos de melhoria contínua?				
	Os colaboradores conhecem o método 5's e a sua importância?				
"Compromisso, disciplina e melhoria"		Total Seiton (0 – 20)			
Pontuação mínima de aprovação: 96 Pontos (80%)		Total (0 – 120)			

Figura 29 Template para Auditorias 5's

De modo a auxiliar os usuários do MIL a implementar a metodologia *SMED*, criou-se a Tabela de Registo de Atividades, Figura 30, e a mesma foi desenvolvida de modo a ser usada em várias etapas desta ferramenta. Na segunda, caracterização da situação atual, para registar as tarefas de acordo com a sua ordem de execução, os operários que as realizam, os seus tempos de execução e, por fim, pequenas observações que se considerem importantes. Na terceira, com a finalidade de distinguir as tarefas internas das externas. Na quarta, para reclassificar as tarefas após a transformação de algumas atividades internas em externas. Por fim, nas etapas cinco e seis, para aplicar o Questionário ECRS e identificar as tarefas que podem ser eliminadas, combinadas, reduzidas ou simplificadas.

Tabela de Registo de Atividades - SMED													
Responsável:		Data:		Mudança de Configuração:									
Etapa 2					Etapa 3		Etapa 4		Etapas 5 e 6				
Sequência	Tarefa	Executante	Tempo	Observações	Interna	Externa	Interna	Externa	Movimentação	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar

Figura 30 Tabela de Registo de Atividades

Com o objetivo de auxiliar o processo de elaboração de um Plano de Ação e de uma Matriz de GUT, foram criados templates para aplicar estes conceitos, sendo que os mesmos podem ser consultados a partir das Figuras 31 e 32. No template do Plano de Ação, os utilizadores conseguirão registar todas as propostas de melhoria, bem como outras informações relevantes. Já no da Matriz de GUT, poderão enumerar todas as adversidades que poderão dificultar a implementação das melhorias, bem como a sua gravidade, urgência e tendência, para mais tarde identificar aquelas que são prioritárias. Para tal, deve-se pontuar de um a cinco a gravidade, urgência e tendência de cada problema. Depois, para calcular a prioridade dos problemas, tem de se multiplicar as três pontuações atribuídas anteriormente. No final, ordenam-se os problemas por ordem decrescente de prioridade e foca-se a atenção naqueles que possuem maior prioridade.

PLANO DE AÇÃO				
Proposta de Melhoria	Responsável	Investimento	Prazo	Prioridade

Figura 31 Template desenvolvido para a elaboração de um Plano de Ação

MATRIZ DE GUT				
Problema	Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridade

Figura 32 Template desenvolvido para a elaboração de uma Matriz de GUT

Com a finalidade de facilitar a implementação de cartões *kanban*, elaboraram-se templates de *kanban's* de produção e transporte, bem como de cartões do quadro *kanban*. O objetivo é que estes sejam utilizados pelos utilizadores do MIL, e preenchidos com as informações necessárias para o bom funcionamento desta metodologia. É importante referir que nas Fichas Técnicas foram

disponibilizados exemplos de preenchimentos destes cartões, e os mesmos serão abordados em subtópicos posteriores. Os templates dos cartões desenvolvidos podem ser consultados nas Figuras 33, 34, e 35.

Kanban de Produção		
Local de Armazenamento	Código do Produto	Processo
Referência do Produto		Tipo de Contentor
Nome do Produto		Tamanho do Lote
Imagem do Produto	Código de Barras	

Figura 33 Template desenvolvido para cartões *kanban* de produção

Kanban de Transporte		
Local de Armazenamento	Código do Produto	Fornecedor
Referência do Produto		Cliente
Nome do Produto		Tipo de Contentor
Imagem do Produto	Código de Barras	Capacidade Contentor

Figura 34 Template desenvolvido para cartões *kanban* de transporte

Figura 35 Template desenvolvido para cartões do quadro *kanban*

Visto que a utilização da Matriz Produto-Processo é importante para implementar o *VSM*, criou-se um template para os utilizadores poderem aplicar a matriz (Figura 36). Nesta, na primeira coluna, devem-se colocar os nomes dos produtos, e na primeira linha os processos ou operações (automáticas e manuais). Posteriormente, colocam-se cruzes nas operações que são necessárias

para cada produto da matriz. Depois, sublinham-se com cores diferentes os conjuntos de produtos que apresentam o mesmo fluxo de operações, e os que forem sublinhados com a mesma cor pertencem à mesma família. No final, deve-se selecionar a família de produtos que tem um maior impacto para a organização.

Matriz Produto Processo	Postos de Trabalho/Operações									

Figura 36 Template desenvolvido para a Matriz Produto Processo

- **Exemplos práticos**

Para complementar a explicação das etapas de implementação das ferramentas, optou-se por incluir nas FT alguns exemplos práticos. Para tal, utilizaram-se exemplos de aplicações das ferramentas do *LM* abordadas no manual, sendo que alguns foram obtidos através de pesquisas bibliográficas, e outros resultantes do percurso académico e profissional do autor do MIL e da presente Dissertação de Mestrado. Assim, os utilizadores do MIL terão acesso a aplicações práticas das ferramentas em contextos industriais reais, que servirão de inspiração para os mesmos e facilitarão a sua compreensão das ferramentas. Além disto, os exemplos práticos ajudarão a comprovar aos leitores as vantagens e a importância da aplicação destes conceitos. Seguidamente, apresentar-se-ão os exemplos de aplicações dos conceitos do *LM* desenvolvidos pelo autor da dissertação e, posteriormente, os exemplos provenientes da bibliografia consultada.

De modo a exemplificar aplicações práticas do *Standard Work (SW)*, incluiu-se na Ficha Técnica desta ferramenta exemplos de um *layout standard* e de uma instrução de trabalho, respetivamente, páginas 56 e 57 do MIL, desenvolvidos pelo autor do MIL num projeto de balanceamento de uma linha de manipulação na empresa *Symington Family Estates*. Deste modo, os utilizadores do manual saberão dois exemplos de situações em que podem implementar esta ferramenta e, poderão inspirar-se nestes exemplos para criar os seus próprios *layout's* e instruções de trabalho.

Como exemplo prático da ferramenta *SMED*, optou-se por utilizar um projeto dirigido pelo autor da presente dissertação na empresa *Symington Family Estates*, no qual a implementação da metodologia levou a uma redução de cerca de 34%, 35% e 38% nos tempos de *setup* de três linhas de engarrafamento de Vinho do Porto. Neste sentido, ao longo do exemplo prático descreveram-se todos os procedimentos realizados no projeto, os registos e análises efetuados, as propostas de melhoria identificadas e os principais resultados. Assim, os utilizadores do MIL poderão recolher ideias, utilizar procedimentos semelhantes nas suas implementações e, obviamente, aplicar o

SMED com maior facilidade. O exemplo prático pode ser consultado detalhadamente na FT do SMED do MIL nas páginas 86 a 99.

De modo a ajudar os utilizadores do MIL a preencherem os templates dos cartões *Kanban*, na FT desta ferramenta, disponibilizaram-se exemplos da sua aplicação, um para cada tipo de cartão. É importante referir que os cartões de produção e transporte, que servem de exemplo, foram criados para um processo de engarrafamento. Já o exemplo de cartão do quadro *kanban*, desenvolveu-se para a tarefa de elaboração do Manual de Instruções *Lean*. Nas Figuras 37, 38 e 39 é possível visualizar os exemplos de cartões *kanban* desenvolvidos.

Kanban de Produção		
Local de Armazenamento Prateleira Nº12 Armazem PA	Código do Produto D10-75	Processo Engarrafamentos
Referência do Produto 1234567890		Tipo de Contentor Paleta Nº5
Nome do Produto DOW'S 10 anos		Tamanho do Lote 300 unid
Imagem do Produto 	Código de Barras 	

Figura 37 Exemplo prático de *kanban* de produção da FT do *Kanban*

Kanban de Transporte		
Local de Armazenamento Prateleira N7	Código do Produto G1-75	Fornecedor Armazém MP
Referência do Produto 8600340506509		Cliente Engarrafamentos
Nome do Produto Garrafa Classic 75cl		Tipo de Contentor Paleta Nº3
Imagem do Produto 	Código de Barras 	Capacidade Contentor 150 unid

Figura 38 Exemplo prático de *kanban* de transporte da FT do *Kanban*

Identificador único da tarefa	Cartão 05	1 mês e 15 dias	Tempo estimado para a resolução da tarefa
	Elaboração de um Manual de auxílio à implementação prática das ferramentas mais utilizadas do <i>Lean Manufacturing</i>		Resumo da tarefa
Pessoa responsável pela atividade	José Pedro Ribeiro		Classificação da tarefa, neste caso, vermelho indica tarefa crítica

Figura 39 Exemplo prático de cartão do quadro *kanban* da FT do *Kanban*

Para exemplificar o processo de cálculo do *takt time* e *lead time*, na FT do *VSM*, optou-se por colocar exemplos do seu cálculo, e os mesmos podem ser consultados, respetivamente, nas páginas 132 e 133 do MIL. Assim, os utilizadores do MIL compreenderão facilmente o procedimento de cálculo destes conceitos, que tão importantes são para o mapeamento de processos.

Nas fichas técnicas, para além de serem utilizados como exemplos práticos aplicações de ferramentas *Lean* realizadas pelo autor do MIL, foram também efetuadas algumas pesquisas em artigos científicos, teses e *websites* para identificar outras aplicações destes conceitos. Seguidamente, indicar-se-ão todos os exemplos práticos provenientes do trabalho de terceiros, que foram utilizados nas Fichas Técnicas. Na FT do *Standard Work*, colocaram-se alguns exemplos de normalizações, como por exemplo, procedimentos de trabalho com imagens, instruções de trabalho e fluxogramas. Os mesmos podem ser consultados nas páginas 56, 58, 59 e 60 do MIL. Para os *5's*, utilizaram-se exemplos de normalizações para os produtos e planos de limpeza, algumas imagens de exemplos do antes (estado do posto de trabalho antes *5's*) e o depois (após implementação dos *5's*), para mostrar os resultados e benefícios da implementação desta metodologia. Além disto, colocou-se um exemplo de uma zona de informação *5's*, para mostrar a importância de afixar todo o suporte documental (*standards* e auditorias), que por sua vez, garante a autodisciplina dos colaboradores e o sucesso da aplicação desta ferramenta. Estes exemplos dos *5's* podem ser consultados nas páginas 66 a 68 e 70 a 74 do MIL. No caso do *SMED*, recorreu-se a um exemplo de um diagrama de espaguete, para exemplificar uma forma de identificar as movimentações dos operários durante o processo de *setup*, e um exemplo de uma análise à situação atual do processo de *setup*. Estes podem ser visualizados, respetivamente, nas páginas 77 e 78 do MIL. Na FT do *Kanban*, incluíram-se exemplos de Cartões *Kanban*, Quadros *Kanban*, Quadros de Nivelamento de Produção, Conformadores de Lotes, Lançadores e de um *Look-See*. Além disto, utilizou-se um exemplo prático da construção de um Quadro *Rolling Kanban*, para complementar a explicação do funcionamento desta forma de implementação do *kanban*. Estes podem ser consultados nas páginas 105 a 122 do MIL. Por fim, na FT do *VSM*, utilizou-se um exemplo de uma aplicação prática desta ferramenta a uma empresa do setor têxtil, para mostrar aos utilizadores como se efetuam as matrizes produto-processo, os mapeamentos (desenho do fluxo de material e informação) e as respetivas análises (identificação de problemas e projeções futuras). No mesmo, como exemplo de análise ao mapa do estado atual, explicou-se como se deve efetuar a verificação da existência de quebras no fluxo de valor, que é um problema muito frequente nas organizações. De seguida, enumeraram-se algumas oportunidades de melhoria, bem como as respetivas alterações necessárias a efetuar ao mapeamento do estado atual para se implementar as melhorias e obter uma projeção futura. É importante referir que os mapas atuais e futuros utilizados nesta exemplificação, encontram-se nos anexos do MIL nas páginas 164 a 173. Já o exemplo da Matriz Produto-Processo na página 127 do MIL, o de análise ao estado atual nas páginas 133 a 135 e o de projeção futura nas páginas 136 a 142.

3.1.5. Capítulo 5 – Anexos

No último capítulo, colocaram-se todos os materiais e informações complementares para a utilização do MIL. Deste modo, os materiais incluídos nesta secção foram os seguintes:

- **Templates desenvolvidos:** disponibilizaram-se todos os templates desenvolvidos para a aplicação de alguns conceitos do *Lean* e/ou auxílio de algumas das etapas de implementação das ferramentas (páginas 144 a 160 do MIL);
- **Ícones do VSM:** colocaram-se em anexo os símbolos do *VSM*, para que os utilizadores saibam os ícones que devem usar para efetuar os mapeamentos de fluxo de valor. Os ícones disponibilizados podem ser consultados nas páginas 161 a 163 do MIL;
- **Exemplos de VSM:** forneceram-se em anexo alguns exemplos de mapeamentos de fluxo de valor, para que os leitores os possam consultar à medida que vão lendo a FT do *VSM*. Deste modo, facilmente perceberão como criar os seus próprios mapeamentos de fluxo de valor (páginas 164 a 173 do MIL).

3.2. Validação do Manual

Após a conclusão do desenvolvimento do Manual de Instruções *Lean*, procedeu-se à fase de teste e validação, na qual o manual foi revisto por peritos da área do *Lean*, testado em ambientes industriais reais e, por fim, avaliado por pessoas da área e potenciais utilizadores do manual. De seguida, descrever-se-ão detalhadamente todos os métodos utilizados no processo de validação.

3.2.1. Aprovação de Peritos na Área do *Lean*

Na primeira fase de validação, solicitou-se a avaliação do manual a peritos na área do *Lean*, com o objetivo de obter a aprovação de pessoas com elevado conhecimento sobre esta filosofia de gestão. Os peritos que contribuíram para a validação deste projeto foram duas docentes do Instituto Superior de Engenharia do Porto, a Eng^a Marlene Brito e a Eng^a Maria Pinheiro. Ambas com diversos anos de lecionação da ferramenta *Lean* no ensino superior, bem como elevado conhecimento e experiência prática na área. Após examinarem o MIL, ambas forneceram um *feedback* bastante positivo acerca desta ferramenta de suporte, pelo que aprovaram a estrutura do documento, a veracidade da informação, a descrição das etapas de implementação e os templates e materiais auxiliares desenvolvidos. Além disto, encontraram algumas gralhas, sugeriram pequenos ajustes, e identificaram possíveis melhorias.

3.2.2. Testes em Ambientes Industriais

Após efetuar as correções e os ajustes resultantes da primeira fase de validação, sucedeu-se a etapa de teste do MIL em ambiente industrial. Nesta fase, solicitou-se a colaboração de alguns indivíduos com um perfil idêntico ao do público-alvo, para que utilizassem o manual e seguissem as suas instruções na implementação de conceitos do *LM*. As pessoas que testaram o manual foram estudantes universitários, que se encontravam a desenvolver projetos de estágio relacionados com a implementação de ferramentas do *LM*. Estes enquadram-se no perfil de utilizador do MIL, pois estavam pela primeira vez a implementar conceitos do *LM* e, como tal, possuíam pouco conhecimento e baixa experiência com esta ferramenta de gestão. Além disto, a colaboração destes estudantes foi a solução mais conveniente pelo facto de possuírem a mesma orientação científica da presente dissertação de mestrado, o que facilitou e agilizou todo o processo. Os estudantes e os

respetivos projetos de estágio incluídos nesta fase de validação podem ser consultados na Tabela 3.

Tabela 3 Estudantes e projetos de estágio que colaboraram com o processo de validação do Manual de Instruções *Lean*

Estudante	Curso	Instituição	Projeto de Estágio	Conceitos do Manual Implementados
Renata Santos	Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Implementação de ferramentas <i>Lean</i> para reduzir os desperdícios de alumínio, as acumulações de <i>stock</i> , e a combater a falta de organização e limpeza numa secção de alumínios da empresa <i>Bi-slique</i>	5's e Diagrama de <i>Ishikawa</i>
Rita Sousa	Licenciatura em Gestão	Universidade Portucalense	Melhoria dos postos de trabalho na secção de logística da empresa <i>Artevasi</i>	<i>Kaizen</i> , 5's e Plano de Ação
Diogo Alves	Licenciatura em Gestão	Universidade Portucalense	Atualização dos mapas de fluxo de valor da empresa <i>Cork Suply, S.A.</i>	VSM

Através deste método de validação, foi possível efetuar a recolha de resultados, que comprovam o sucesso do MIL e a importância da sua presença nos momentos de implementação de ferramentas do *Lean*. Estes resultados, bem como o *feedback* dos estudantes serão apresentados no quarto capítulo da presente dissertação.

3.2.3. Questionário de Recolha de *Feedback*

Para recolher *feedback* sobre o Manual de Instruções *Lean*, desenvolveu-se um questionário online na plataforma *Microsoft Forms*, e o mesmo pode ser consultado no Apêndice A. O objetivo do questionário é recolher a opinião e a avaliação das pessoas que consultam e/ou implementam ferramentas do *LM* com o auxílio do MIL, que por sua vez, servirá para identificar potenciais falhas e oportunidades de melhoria. Deste modo, todo este processo de recolha de informação, possibilitará a melhoria contínua do manual, bem como a sua constante adaptação às necessidades dos utilizadores.

Neste projeto, inicialmente, o questionário foi submetido aos dois peritos do *Lean* e aos três estudantes que testaram o MIL. No entanto, posteriormente, solicitou-se a colaboração de algumas pessoas com diferentes graus de conhecimento na área do *Lean*, para consultarem e avaliarem a ferramenta de suporte desenvolvida. Neste sentido, inicialmente, realizaram-se algumas reuniões (presenciais/online) para apresentar o produto às pessoas, de seguida, forneceu-se o MIL para os indivíduos o poderem consultar e analisar e, por fim, solicitou-se o preenchimento do questionário online. Nesta etapa de validação, optou-se por recolher a opinião de pessoas com conhecimentos sobre o *Lean* e indivíduos com perfil do público-alvo do manual, isto é, sem ou com poucos conhecimentos sobre o *LM*. Os primeiros, para avaliarem os conteúdos do MIL e verificar se o mesmo é capaz de transmitir corretamente os conhecimentos necessários para implementar as ferramentas do *LM* nele incluídas. Já os segundos, para avaliarem se através do manual conseguiram compreender o conceito do *LM*, as ferramentas nele incluídas e os seus procedimentos de implementação. Assim, inquiriram-se treze pessoas com conhecimentos sobre o *LM* e dezasseis sem conhecimento, o que dá um total de vinte e nove pessoas. Os questionados

com conhecimentos sobre o *Lean* foram as duas peritas na área do *LM*, um docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto, seis alunos do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial e quatro Engenheiros com formação e experiência profissional na área. Já os inquiridos com baixo conhecimento sobre o *LM* foram os três estudantes que testaram o manual, cinco operários de uma empresa de produção (*Symington Family Estates*) e oito pessoas formadas noutras áreas (saúde, desporto, informática, entre outras). Os resultados desta recolha de *feedback* serão apresentados no capítulo 4.1.2 da presente dissertação.

3.3. Monitorização de Respostas ao Questionário

Nas situações em que se recolhe *feedback* através de questionários, é fundamental analisar e monitorizar as informações recolhidas. Para tal, inicialmente, utilizou-se a ferramenta *Power Automate* para criar um *workflow* capaz de armazenar e transmitir automaticamente a informação dos questionários ao gestor do MIL. No fluxo, sempre que é efetuada uma submissão de resposta ao questionário, primeiramente, armazenam-se as respostas, de seguida, registam-se as mesmas numa tabela do ficheiro Excel online “Respostas ao Questionário” presente na drive do ISEP e, por fim, envia-se um e-mail de alerta ao gestor do MIL com os detalhes da nova resposta ao questionário. No Apêndice B, pode-se consultar o *workflow* desenvolvido em *Power Automate*. No Apêndice C, encontra-se a tabela do ficheiro Excel online utilizada para registar a informação das respostas ao questionário. Já no Apêndice D, pode-se visualizar um exemplo de e-mail que é automaticamente enviado para o gestor do manual após a submissão de uma nova resposta.

Após desenvolver o fluxo anteriormente descrito, foi necessário efetuar um tratamento aos dados recolhidos pelo *Power Automate*, para possibilitar a sua posterior monitorização. Neste sentido, necessitou-se de criar um novo ficheiro Excel online “Dados *Power BI*”, no qual se efetuou o processo de tratamento de dados, através da utilização de fórmulas Excel e de programação em *VBA* para automatizar o processo. No Apêndice E, é possível visualizar algum do trabalho desenvolvido nesta etapa.

Por fim, para monitorizar visualmente as informações recolhidas através dos questionários, optou-se por desenvolver uma *dashboard* em *Power BI*, Figura 56, na qual se monitorizam os seguintes dados:

- **Lean Manufacturing (Capítulo 2):** monitoriza-se a classificação, numa escala de 0 a 5, que os questionados atribuem à revisão bibliográfica efetuada sobre o *Lean Manufacturing* no segundo capítulo do MIL;
- **Ferramentas Lean (Capítulo 3):** controla-se a nota, numa escala de 0 a 5, que os questionados atribuem à revisão bibliográfica efetuada sobre as ferramentas do *LM* no terceiro capítulo do MIL;
- **Fichas Técnicas (Capítulo 4):** verifica-se a classificação, numa escala de 0 a 5, que os inquiridos atribuem às Fichas Técnicas das ferramentas do *LM* desenvolvidas no quarto capítulo do MIL;
- **Templates Desenvolvidos:** visualiza-se a cotação, numa escala de 0 a 5, que os perguntados concebem aos templates e materiais auxiliares desenvolvidos para auxiliar a implementação das ferramentas do *LM*;

- **Qualidade da Escrita:** monitoriza-se a nota, numa escala de 0 a 5, que os interrogados conferem à qualidade da escrita do MIL;
- **Sucesso na Implementação:** controla-se, numa escala de 0 a 5, o sucesso de implementação de ferramentas do *LM* com o auxílio do MIL;
- **Contributo do Manual na Implementação:** verifica-se, numa escala de 0 a 5, o contributo do MIL nos momentos de implementação das ferramentas do *LM*;
- **Avaliação Geral ao Manual:** consulta-se, numa escala de 0 a 5, a avaliação geral que questionados fazem do MIL, mediante a experiência que tiveram com o mesmo;
- **Número de Respostas ao Questionário:** verifica-se o número de pessoas que responderam ao questionário;
- **Ferramentas Consultadas:** identifica-se, através de um gráfico de barras, a frequência com que as ferramentas do *LM* presentes no MIL são consultadas, de modo a verificar aquelas que são mais e menos solicitadas;
- **Ferramentas Implementadas:** apresenta-se, através de um gráfico de barras, o número de vezes que as ferramentas do *LM* presentes no MIL são implementadas com o auxílio do mesmo, para identificar aquelas que são implementadas com maior e menor frequência;
- **Ferramentas a Acrescentar:** visualiza-se, através de um gráfico de barras, outras ferramentas do *LM* que os inquiridos acham importante acrescentar ao MIL, para definir prioridades e objetivos para a melhoria contínua do manual.

Para os parâmetros da *dashboard* que são avaliados numa escala de zero a cinco, estabeleceu-se a nota quatro como objetivo. Deste modo, sempre que a classificação de algum dos parâmetros seja inferior a quatro, deve-se analisar a situação e agir em conformidade.

página propositadamente em branco

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo, destina-se à apresentação de todos os resultados do projeto, bem como da sua posterior análise e discussão. Posto isto, inicialmente, apresentar-se-ão os principais resultados dos testes de validação efetuados em contexto industrial, bem como os resultados das respostas ao questionário. Depois, serão analisados e comentados todos os resultados do projeto.

4.1. Apresentação de Resultados

Neste subcapítulo, exibir-se-ão todos os resultados do presente projeto de investigação. Posto isto, inicialmente, demonstrar-se-ão as formas pelas quais os estudantes utilizaram o MIL, bem como os principais resultados das três aplicações do manual em contexto industrial. Depois, apresentar-se-ão os resultados do inquérito de recolha de *feedback* sobre o MIL, inicialmente, detalhar-se-ão as respostas dos peritos do *Lean* e dos estudantes que colaboraram na etapa de teste e, posteriormente, mostrar-se-á uma visão geral da totalidade de respostas recolhidas ao questionário.

4.1.1. Resultados da Aplicação do Manual em Ambientes Industriais

Após a análise dos relatórios de estágio dos alunos que consultaram o MIL para implementar ferramentas do *Lean*, foi possível identificar as formas como o manual foi utilizado, bem como os principais resultados dos seus projetos.

Primeiramente, verificou-se que os estudantes utilizaram a informação teórica do MIL para estudar as ferramentas do *Lean* que pretendiam implementar, bem como para desenvolver as suas revisões bibliográficas. Na Figuras 40, 41, 42 e 43 é possível visualizar alguns exemplos da utilização de informações do manual nas introduções teóricas dos relatórios dos alunos.

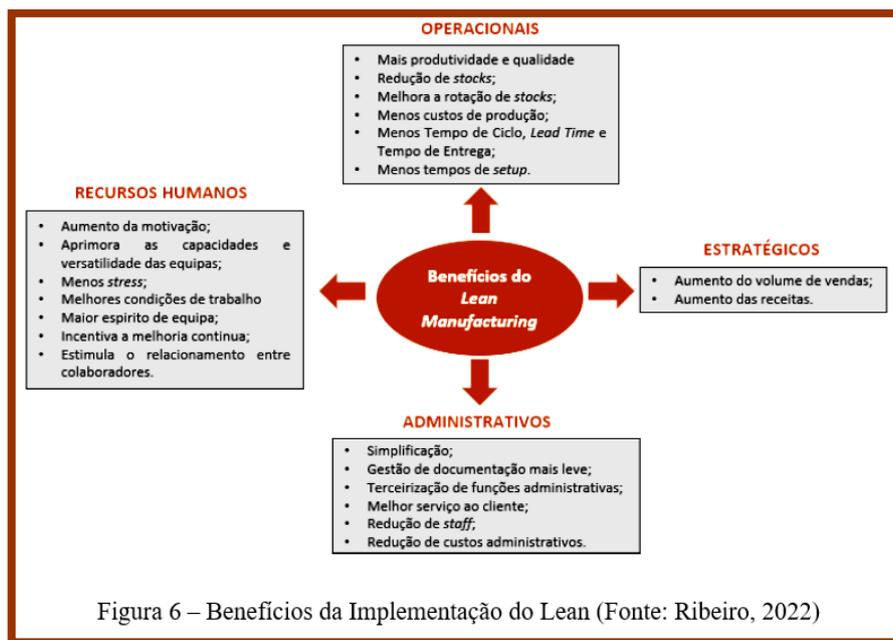


Figura 40 Utilização de um diagrama do manual para apresentar os benefícios do *Lean Manufacturing*

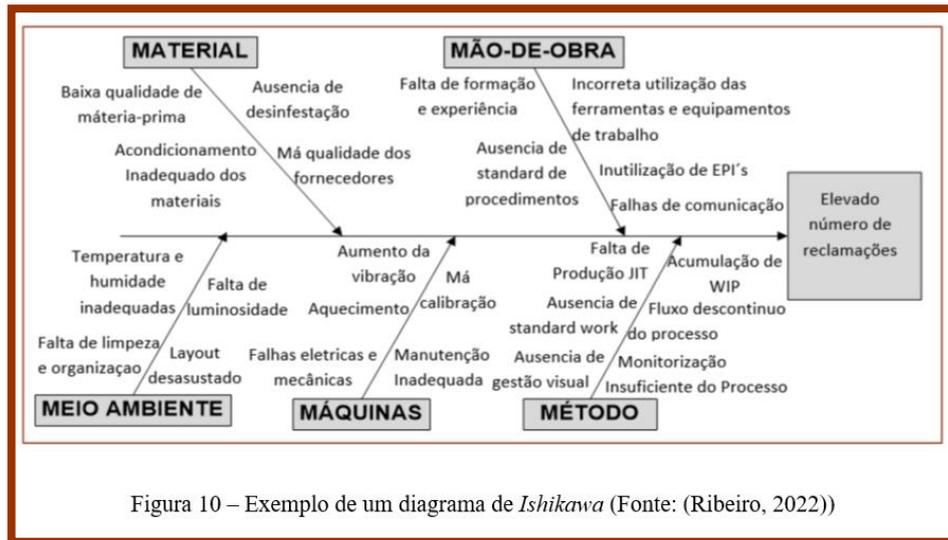


Figura 10 – Exemplo de um diagrama de *Ishikawa* (Fonte: (Ribeiro, 2022))

Figura 41 Utilização de exemplo prático do manual para exemplificar a aplicação do Diagrama de *Ishikawa*

- Kaizen: palavra japonesa cujos ideogramas significam mudança para melhoria e ferramenta assente na prática da melhoria contínua (Ribeiro, 2022).
- Diagrama de *Ishikawa*: utilizado no processo de análise de problemas, por meio da relação entre os efeitos e causas possíveis (Ribeiro, 2022).

Figura 42 Utilização da informação do manual para definir as ferramentas *Kaizen* e Diagrama de *Ishikawa*

A aplicação desta ferramenta é muito vantajosa para as organizações, sendo alguns dos benefícios que esta acarreta os seguintes (Ribeiro, 2022):

- Organização e limpeza do posto de trabalho;
- Maior responsabilidade e disciplina por parte dos colaboradores;
- Maior segurança e manutenção;
- Aumento da longevidade dos equipamentos;
- Diminuição de desperdícios, tanto materiais, como espaço e tempo.

Figura 43 Utilização da informação do manual para enumerar os benefícios da ferramenta 5's

Posteriormente, confirmou-se que os estudantes seguiram os procedimentos das Fichas Técnicas para implementar as ferramentas, e que utilizaram alguns dos templates e materiais auxiliares do MIL no processo de implementação das ferramentas *Lean*. Posto isto, seguidamente, apresentar-se-ão as formas como estes aplicaram os materiais do MIL nos seus projetos de estágio.

De maneira a identificar as causas dos desperdícios de alumínio na *Bi-slique*, a Renata Santos construiu um Diagrama de *Ishikawa* e, para tal, utilizou o template disponibilizado no MIL. Na Figura 44, encontra-se o Diagrama de *Ishikawa* elaborado pela Renata com a ajuda do manual.

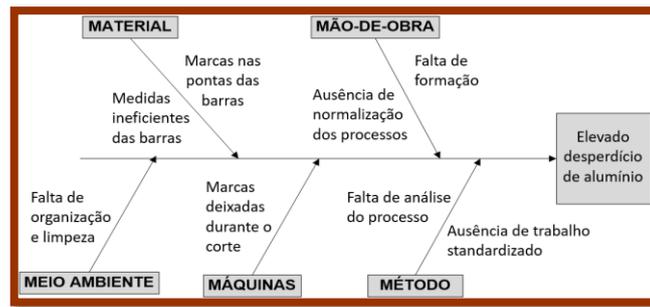


Figura 44 Utilização do template do Diagrama de Ishikawa para a identificação das causas dos desperdícios de alumínio na Bi-sliques

Para auxiliar o processo de resolução de problemas e identificação de propostas de melhoria na Artevasi, a Rita Sousa aplicou o Ciclo PDCA através do template fornecido pelo MIL. O resultado da aplicação deste conceito do Lean com a ajuda do manual pode ser visualizado na Figura 45.



Figura 45 Utilização do template do Ciclo PDCA para auxiliar o processo de resolução de problemas na Artevasi

De modo a facilitar o processo de implementação de propostas de melhoria na Artevasi, a Rita Sousa elaborou um Plano de Ação e, para isso, utilizou o template fornecido pelo manual. O plano de ação desenvolvido pela Rita com o auxílio do MIL, pode ser consultado na Figura 46.

PLANO DE AÇÃO				
Proposta de Melhoria	Responsável	Investimento	Prazo	Prioridade
caixa de sugestões	colaborador x	—	1 semana	3
organizar os postos de trabalho	colaborador y	—	1 mês	5
criação de uma sala de criatividade	colaborador z	—	1 ano	4
lista de pedidos	colaborador w	—	1 semana	4
criação do quadro PDCA	colaborador v	—	1 semana	5

Figura 46 Utilização do template do Plano de Ação para o planeamento da implementação das propostas de melhoria na Artevasi

Para facilitar a aplicação da etapa de triagem da ferramenta dos 5's, a Rita e a Renata preencheram a Tabela de Triagem de Materiais do MIL. A partir da tabela, conseguiram identificar os materiais que estavam desnecessariamente nos postos de trabalho, e através da sua remoção dos mesmos conseguiram reduzir o desperdício na *Artevasi* e na *Bi-slique*. Nas Figuras 47 e 48, é possível visualizar as aplicações da Tabela de Triagem de Materiais por parte da Rita e da Renata, respetivamente.

Figura 47 Utilização do template da Tabela de Triagem de Materiais para efetuar a triagem de materiais num PT da *Artevasi*

Tabela 7 – Folha de triagem da Linha Manual (Adaptado de: (Ribeiro, 2022))

TRIAGEM DE MATERIAIS								
Nome do Material	Frequência de Utilização			Estado do Material			Material Necessário?	
	Baixa	Média	Alta	Degradado	Médio	Boas Condições	Sim	Não
Tampa Simplex Design Preto Brilhante			X			X	X	
Tubo quadrado	X				X			X
Rebites 04x14 Alumínio			X		X		X	
Anilhas DIN125 M10 ZB		X				X	X	

Figura 48 Utilização do template da Tabela de Triagem de Materiais para efetuar a triagem de materiais num PT da *Bi-slique*

Na etapa de normalização da metodologia 5's, a Renata Santos baseou-se nas instruções de trabalho apresentadas no manual, para desenvolver procedimentos *standard* para o processo de triagem, arrumação e limpeza de um posto de trabalho da *Bi-slique*. Os *standards* desenvolvidos pela Renata com o auxílio do MIL podem ser consultados nas Figuras 49, 50 e 51.

Tabela 9 – Instruções de triagem para Linha Manual (Adaptado de: (Ribeiro, 2022))

Instrução de Trabalho - Triagem (Seiri)			
Etapas	Tarefas		
1	Apontar na Tabela de Triagem de Materiais todos os materiais que estão presentes no posto de trabalho		
2	Anotar na tabela a frequência de utilização de cada material (baixa, média, alta)		
3	Anotar na tabela o estado do material (degradado, médio, boas condições)		
4	Analisar e indicar na tabela os materiais que são necessários e aqueles que são desnecessários		
5	Remover do posto de trabalho todos os materiais considerados desnecessários e arruma-los no armazém		
6	Substituir todos os materiais, ferramentas e equipamentos que se encontram degradados		
Autor	Renata Santos	Data	07/05/2022

Figura 49 IT desenvolvida para a etapa de Triagem dos 5's na *Bi-slique* com o auxílio do manual

Tabela 10 – Instruções de arrumação para Linha Manual (Adaptado de: (Ribeiro, 2022))

Instrução de Trabalho - Arrumação (Seiton)			
Etapas	Tarefas		
1	Analisar a Tabela de Triagem de Materiais e ordenar os materiais, equipamentos e ferramentas do mais utilizado para o menos usado		
2	Definir locais para o armazenamento dos materiais, ferramentas e equipamentos, de forma a que os mais utilizados fiquem mais próximos do utilizador		
3	Separar os locais de armazenamento com fitas amarelas, de forma visível		
4	Etiquetar todos os materiais, ferramentas, equipamentos e locais de armazenamento		
Autor	Renata Santos	Data	21/05/2022

Figura 50 IT desenvolvida para a etapa de Arrumação dos 5's na *Bi-slique* com o auxílio do manual

Tabela 8 – Instruções de Limpeza da Linha Manual (Adaptado de: (Ribeiro, 2022))

Instruções de Trabalho - Limpeza (Seiso)		
Área	Tarefas	Frequência mínima
Pavimentos	Varrer/Aspirar o chão.	Diariamente
Paredes	Limpar com um pano humedecido em água e detergente	Mensalmente
Equipamentos	Limpar com um pano humedecido em água e detergente	Semanalmente
Estantes	Retirar o pó acumulado com aspirador ou pano humedecido	Semanalmente

Figura 51 IT desenvolvida para a etapa de Limpeza dos 5's na *Bi-slique* com o auxílio do manual

Na etapa de disciplinação da ferramenta 5's, a Renata Santos utilizou os templates das Folhas de Registo de Tarefas do manual, para garantir que futuramente as etapas de triagem, arrumação e limpeza sejam efetuadas na periodicidade estabelecida. Na Figura 52, encontra-se um exemplo da utilização destes templates para o registo da execução da etapa de Triagem.

Tabela 11 – Folha de registo de triagem (Adaptado de: (Ribeiro, 2022))

FOLHA DE REGISTO TRIAGEM			
Nome do Responsável	Data	Hora	Observações
Renata Santos	31/03/2022	14:40	Realizada na implementação dos 5S

Figura 52 Utilização do template da Folha de Registo de Triagem para aplicação da etapa de disciplina dos 5's na empresa *Bi-slique*

É importante referir que nas etapas de normalização e disciplinação, a Rita Sousa afixou num quadro branco da *Artevasi* as Instruções de Trabalho, Folhas de Verificação e Folhas de Registo de Tarefas disponibilizadas no MIL para as etapas de triagem, arrumação e limpeza.

Para avaliar os postos de trabalho quanto à implementação da metodologia 5's, a Rita e a Renata utilizaram o template da Auditoria 5's do MIL. Neste sentido, ambas realizaram duas auditorias aos postos de trabalho, a primeira, para efetuar a caracterização da situação atual e, a segunda, para poder quantificar a evolução do ambiente de trabalho após as alterações efetuadas. No Anexo A, é possível visualizar uma auditoria realizada pela Renata com o auxílio do manual.

No projeto do Diogo Alves, não foi necessário a utilização de nenhum template do manual para a implementação do *VSM*, visto que no início do projeto a *Cork Suply S.A.* já sabia a família de produtos em que era necessário atualizar e melhorar os mapas de fluxo de valor, pelo que não foi necessário aplicar a Matriz Produto Processo.

Após a identificação das formas como o MIL foi usado pelos estudantes, analisaram-se os resultados dos seus projetos de estágio, com o objetivo de verificar se aplicação de conceitos do *LM* com a ajuda do manual apresenta resultados significativos. De seguida, para cada teste de validação do MIL em ambiente industrial, apresentar-se-ão os principais resultados obtidos.

No projeto dirigido pela Renata Santos na empresa *Bi-slique*, o MIL foi fundamental para acompanhar o processo de implementação da ferramenta 5's, que possibilitou a melhoria da organização e limpeza dos postos de trabalho da empresa, que por sua vez, permitiu a redução das acumulações de materiais junto aos bordos de linha. Neste sentido, conseguiu-se reduzir em 62% o tempo gasto na identificação de materiais armazenados, pois este tempo passou de 55 segundos para 21 segundos. Na Auditorias 5's realizada no estado inicial o posto de trabalho foi reprovado, pois obteve-se uma pontuação de 50 pontos, ou seja, inferior a 80% da totalidade da pontuação. No entanto, após a aplicação dos 5's o resultado da Auditoria foi de 112 pontos, ou seja, um incremento de 55% em relação à situação inicial, pelo que o posto de trabalho foi aprovado quanto à implementação dos 5's. Além disto, o manual também contribuiu para a identificação das principais causas dos desperdícios de alumínio na *Bi-slique*, e após a sugestão de algumas propostas de melhoria pela Renata, estimou-se reduzir em 67% o desperdício anual. Na Figura 53, é possível visualizar o “antes” e o “depois” da aplicação dos 5's a um posto de trabalho da *Bi-slique* com o auxílio do MIL.



Figura 53 Resultados da aplicação dos 5's com o auxílio do manual na *Bi-slique*

No projeto desenvolvido na empresa *Artevasi*, a presença do MIL foi fundamental para auxiliar a Rita Sousa a implementar a filosofia *Kaizen* na organização. Neste sentido, após consultar os conteúdos desta ferramenta *Lean* no manual (teoria e FT) e utilizar o template do Ciclo *PDCA*, a estudante conseguiu identificar as seguintes propostas de melhoria para a organização: A realização de reuniões *Kaizen* semanais, para debater os problemas da *Artevasi* e identificar soluções para os mesmos; A criação de uma sala de criatividade, na qual os colaboradores poderão abrir horizontes, identificar novas estratégias, produtos, *designs*, ganhar motivação e sentirem-se envolvidos nos processos; A criação de uma caixa de sugestões de melhoria, Figura 54, para que todos os colaboradores anonimamente possam exprimir a sua opinião sobre aquilo que acham que não funciona tão bem na organização e apresentar as suas propostas de solução; Utilização de uma lista de pedidos para efetuar a requisição de materiais, Figura 54, com a finalidade de agilizar o processo e reduzir os desperdícios resultantes da impressão de várias etiquetas.



Figura 54 Resultados da aplicação do *Kaizen* com o auxílio do manual na *Artevasi*

Ainda neste projeto, o Manual de Instruções *Lean* auxiliou a Rita a implementar os 5's na *Artevasi*. Deste modo, através da realização de Auditorias 5's, a estudante verificou que inicialmente a pontuação do posto de trabalho era de 41 pontos, no entanto, após as modificações efetuadas pela Rita a pontuação passou a ser de 96. Posto isto, esta estudante conseguiu aprovar o posto de trabalho e melhorar em 57% a sua pontuação relativamente aos 5's. Na Figura 55, é possível

visualizar alguns exemplos do “antes” e o “depois” da aplicação dos 5’s na *Artevasi* com o auxílio do MIL.



Figura 55 Resultados da aplicação dos 5’s com o auxílio do manual na *Artevasi*

Por fim, no teste efetuado na *Cork Suply S.A.*, o MIL foi fundamental para o Diogo Alves compreender a ferramenta do VSM, os seus símbolos e as suas etapas de implementação. Com o auxílio da Ficha Técnica do VSM o Diogo conseguiu atualizar e desenhar o mapa de fluxo de valor de uma família de produtos da empresa. O mapeamento de fluxo de valor efetuado pelo Diogo com a ajuda do manual, pode ser consultado no Anexo B.

4.1.2. Resultados do Questionário

Inicialmente, recolheram-se as respostas das duas peritas na área do *Lean* que analisaram o manual na primeira fase de validação. A média das cotações, numa escala de zero a cinco, atribuídas por estas *experts Lean* a cada elemento do MIL podem ser consultadas na Tabela 4.

Tabela 4 Resultados da avaliação do manual pelos peritos na área do *LM*

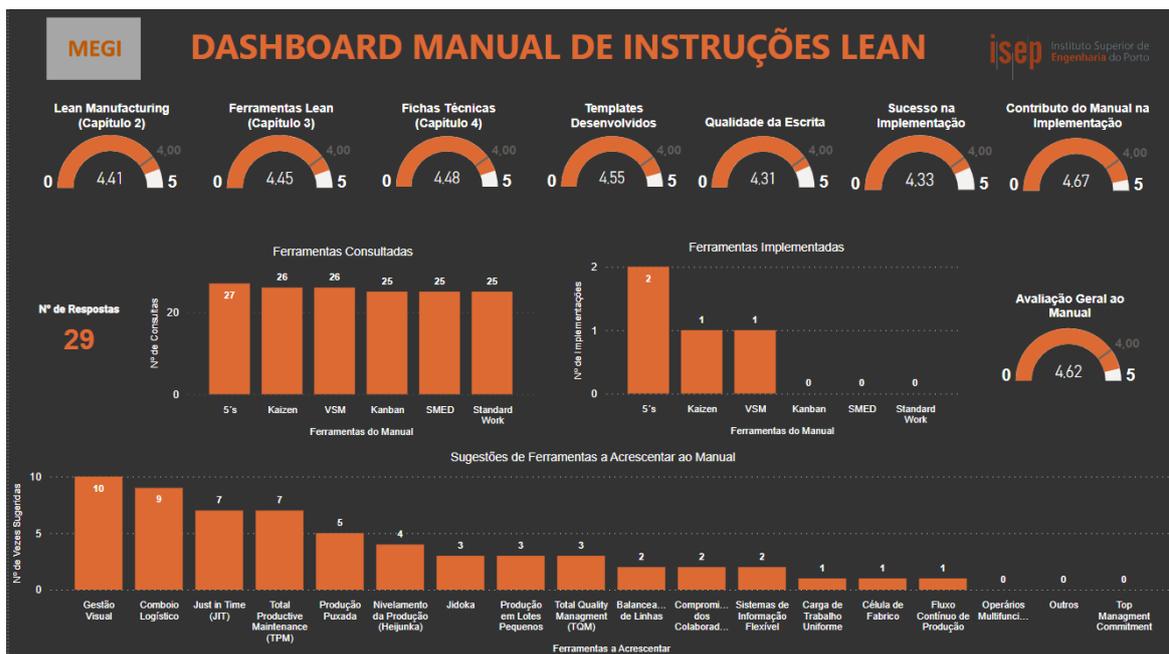
	<i>Lean Manufacturing</i> (CAP 2)	Ferramentas <i>Lean</i> (CAP 3)	Fichas Técnicas (CAP 4)	Templates e Materiais Auxiliares	Qualidade da Escrita	Avaliação Geral
Média	4,5	5	4,5	4,5	4,5	5
Objetivo	4	4	4	4	4	4

Posteriormente, solicitaram-se as respostas dos três estudantes que implementaram ferramentas do *LM* em contextos industriais com o auxílio do MIL. As avaliações efetuadas por estes indivíduos podem ser consultadas na Tabela 5.

Tabela 5 Resultados da avaliação do manual pelos estudantes que o testaram em ambientes industriais

	Lean Manufacturing (CAP 2)	Ferramentas Lean (CAP 3)	Fichas Técnicas (CAP 4)	Templates e Materiais Auxiliares	Qualidade da Escrita	Sucesso na Implementação	Contributo do Manual na Implementação	Avaliação Geral
Renata Santos	5	5	5	5	5	5	5	5
Rita Sousa	4	5	5	5	4	4	5	4
Diogo Alves	5	5	5	4	5	4	4	5
Média	4,66	5	5	4,66	4,66	4,33	4,66	4,66
Objetivo	4	4	4	4	4	4	4	4

Por fim, recolheram-se as respostas das restantes pessoas que contribuíram para o processo de validação do MIL, e que foram mencionadas no capítulo 3.2.3. Os resultados da totalidade de respostas ao questionário podem ser consultados na *dashboard* da Figura 56. É importante referir que as sugestões de melhoria propostas pelos inquiridos foram armazenadas no ficheiro Excel online “Respostas ao Questionários”, e as mais interessantes foram incluídas no capítulo 5.2 da presente dissertação.

**Figura 56** Resultados das respostas ao questionário do manual

4.2. Discussão de Resultados

Após a identificação de todos os resultados do projeto, sucedeu-se a fase de análise e compreensão dos mesmos.

Numa primeira fase, analisaram-se os resultados recolhidos através do questionário sobre o Manual de Instruções *Lean*, com a finalidade de perceber qual a opinião de todos os inquiridos

sobre os capítulos do manual, templates desenvolvidos e qualidade da escrita, bem como a avaliação geral que fazem à ferramenta, obviamente, destacando a opinião dos peritos *Lean* e dos estudantes que testaram o MIL. No que diz respeito aos conteúdos do MIL, a partir da análise à Figura 56, verifica-se que a média das avaliações da totalidade dos inquiridos, em relação aos conteúdos do manual, encontram-se acima da nota quatro, ou seja, acima do objetivo definido, o que é extremamente satisfatório. Por um lado, pode-se dizer que com estes resultados os questionados com pouco conhecimento sobre o *Lean*, através do MIL, conseguiram compreender o que é esta filosofia de gestão, as ferramentas que consultaram, as suas etapas de implementação, e os vários templates e materiais desenvolvidos. Por outro lado, é possível afirmar que os inquiridos com conhecimentos na área do *LM*, consideram que o Manual de Instruções *Lean* é uma ferramenta capaz de cumprir com o seu propósito, isto é, explicar aos utilizadores o que é o *LM*, as suas ferramentas e como as implementar. Quanto à qualidade da escrita, pode-se dizer que no geral os inquiridos gostaram da forma como os conteúdos são apresentados e descritos no MIL, visto que, em média, a avaliaram com uma classificação de 4,31. Além disto, apura-se que os questionados tiveram uma boa experiência com o MIL, pois a média das avaliações gerais é de 4,62. Através da análise à Tabela 4 e 5, verifica-se que as avaliações efetuadas pelos peritos *Lean* e pelos estudantes encontram-se acima da nota quatro, isto é, acima do objetivo definido. Este resultado é extremamente bom, pois permite confirmar a qualidade da ferramenta desenvolvida, através da aprovação dos conteúdos do manual por duas Engenheiras com elevado conhecimento na área do *LM* que o analisaram ao detalhe, bem como de três pessoas, com perfil de potencial utilizador, que o testaram em contextos industriais. Ainda assim, é possível verificar que para os experts *Lean*, o capítulo do MIL mais bem conseguido foi o terceiro (Ferramentas *Lean*), pois atribuíram-lhe, em média, a nota máxima de cinco. Já aos restantes capítulos e conteúdos concederam uma nota inferior, em média, de 4,5, que mesmo assim é significativa por ser superior a quatro. Além disto, confirma-se que os estudantes que implementaram as ferramentas do *Lean* consideram que a descrição teórica das ferramentas do *Lean* (terceiro capítulo) e as Fichas Técnicas (quarto capítulo) são as melhores partes do MIL, pelo facto de lhe terem atribuído, em média, a pontuação máxima. Para a descrição do *LM*, templates desenvolvidos e qualidade da escrita atribuíram uma classificação média de 4,66, o que também é bastante satisfatório. Por fim, verifica-se que tanto os experts *Lean* como os estudantes tiveram uma boa experiência de utilização do MIL, pois ambos na avaliação geral atribuíram, em média, uma cotação acima dos 4,5.

Numa segunda fase, analisaram-se os resultados das três aplicações do MIL em contexto industrial, com a finalidade de perceber se a presença do manual tem efeito positivo no processo de implementação de ferramentas do *LM*. Deste modo, pode-se dizer que a presença do MIL foi fundamental para a aplicação das ferramentas *Kaizen*, *5's* e *VSM*, pois verificou-se que os utilizadores ao seguirem os passos das Fichas Técnicas e ao aplicar alguns dos materiais disponibilizados nas mesmas, conseguiram obter resultados bastante satisfatórios. Nos projetos onde os *5's* foram implementados com o auxílio do MIL, verifica-se que a ferramenta foi bem implementada, pois os postos de trabalho encontram-se desprovidos de materiais desnecessários, organizados, limpos, com todos os materiais e locais de armazenamento devidamente etiquetados, e com todas as normalizações de procedimentos definidas. Além disto, a redução de cerca de 62% do tempo de identificação de materiais e os incrementos de 55% e 57% das pontuações dos *5's* nos postos de trabalho, são resultados que comprovam o sucesso da implementação da metodologia *5's* através do manual. No projeto da Rita Sousa, no qual foi implementada a ferramenta *Kaizen*, verifica-se que o MIL contribuiu para a identificação e resolução dos principais problemas da

Artevasi, bem como para o desenvolvimento de propostas de incentivo à melhoria contínua na organização. Deste modo, através da utilização do manual, a *Artevasi* conseguiu melhorar a sua cultura *Kaizen*. Através da análise ao mapeamento de fluxo de valor efetuado pelo Diogo Alves, indivíduo que inicialmente possuía muito pouco conhecimento sobre o *VSM*, verifica-se que o mesmo conseguiu implementar corretamente todas as fases da metodologia, com o auxílio do MIL. Neste sentido, ao analisar o Anexo B, comprova-se que os fluxos de materiais e informação estão devidamente desenhados, que os cálculos do *takt time* e *lead times* foram efetuados, e que foram identificadas todas as características de cada operação. Posto isto, pode-se dizer que a ferramenta de suporte desenvolvida está efetivamente apta para auxiliar os seus utilizadores a efetuarem mapeamentos de fluxo de valor. Analisando a Tabela 4, apura-se que, em média, os estudantes que testaram o MIL classificam com nota 4,33 o sucesso de implementação das ferramentas *Lean* com o auxílio do manual, e com cotação 4,66 a importância da presença desta ferramenta de suporte nos momentos em que implementaram as ferramentas do *LM*. Estes dados transmitem um *feedback* muito interessante, na medida em que realçam a importância que o MIL teve no sucesso e no processo de implementação de ferramentas *Lean*.

Na última fase de análise, averiguaram-se os resultados recolhidos através do questionário sobre as ferramentas do *LM* presentes no MIL, com o objetivo de perceber aquelas que mais vezes foram consultadas e implementadas, bem como aquelas que não estão presentes no manual, mas que os inquiridos acham necessário acrescentar. No que diz respeito à consulta de ferramentas do MIL, é importante dizer que todos os questionados, à exceção dos estudantes que testaram o manual, consultaram todas as ferramentas presentes no MIL para efetuarem a sua avaliação e resposta ao questionário. Portanto, os estudantes só consultaram aquelas que necessitaram de implementar nos seus projetos de estágio. Já no que diz respeito à implementação de ferramentas com o auxílio do MIL, é importante referir que das pessoas inquiridas, só os estudantes é que implementaram ferramentas com a ajuda do manual. Sendo assim, obviamente, que as ferramentas mais consultadas e implementadas foram aquelas que os estudantes consultaram e implementaram nos seus estágios, ou seja, o *Kaizen*, *5's* e *VSM*. Mesmo assim, através da análise à Figura 56, verifica-se que a ferramenta dos *5's* se destaca pelo facto de ter sido a que mais vezes foi consultada e implementada e, portanto, futuramente deve-se dar prioridade à melhoria dos conteúdos da mesma, pois atualmente é a que apresenta maior frequência de requisição. Por fim, confirma-se que a Gestão Visual, Comboio Logístico, *Just in Time (JIT)*, *Total Productive Maintenance (TPM)* e Produção Puxada são as ferramentas do *LM* que os inquiridos acham que mais falta fazem ao MIL e, como tal, futuramente devem ser acrescentadas pela ordem decrescente de frequência de requisição.

página propositadamente em branco

5. CONCLUSÃO

O presente capítulo, destina-se à apresentação das principais conclusões e limitações da dissertação, bem como dos projetos futuros de melhoria identificados. Por um lado, com este capítulo pretende-se mostrar de forma clara e precisa as conclusões finais do projeto e, por outro lado, auxiliar a comunidade científica e as pessoas que darão seguimento a este projeto, através da enumeração das dificuldades sentidas, bem como das principais oportunidades de melhoria.

5.1. Conclusões Finais

Finalizado o projeto de dissertação de mestrado, que consistiu no desenvolvimento e validação de um manual de suporte à implementação prática de conceitos do *LM* para atenuar o problema de falta de conhecimento sobre este modelo de gestão, pode-se afirmar que todos os objetivos foram alcançados.

Visto que no tempo disponível para a realização do presente projeto era impossível incluir todos os conceitos do *LM* no manual, inicialmente, foi necessário efetuar uma seleção de conceitos a incluir nesta primeira fase de desenvolvimento do MIL. Neste sentido, a forma mais correta que se identificou para a efetuar a escolha das ferramentas, foi a seleção de seis das que normalmente são aplicadas com maior frequência. Assim, selecionaram-se as ferramentas *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM* para incluir no MIL, pois foram das ferramentas do *LM* mais aplicadas na bibliografia analisada no estudo de Sundar et al. (2014) e numa pesquisa efetuada.

Posteriormente, realizou-se uma nova pesquisa bibliográfica, mas desta vez, para conhecer as etapas de implementação das ferramentas do *LM* selecionadas para incluir no MIL, e a mesma, possibilitou a recolha de informação para o desenvolvimento do manual. No Manual de Instruções *Lean*, numa primeira parte, explicou-se o conceito de *LM*, os seus princípios básicos de gestão e as ferramentas *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM*, para que os leitores possuam uma visão teórica destes conceitos antes de procederem à fase de implementação. Numa segunda parte, desenvolveu-se uma espécie de procedimentos experimentais (Fichas Técnicas) com a explicação das metodologias de implementação desses conceitos do *Lean*, e isto, com objetivo de servirem de suporte aos utilizadores nos momentos de implementação. Além disto, incluíram-se no manual alguns exemplos práticos de aplicações das ferramentas e criaram-se templates para facilitar a aplicação dos conceitos do *LM*.

Após o desenvolvimento do MIL, procedeu-se à fase de teste e validação, com o objetivo de o aprovar. Assim sendo, na primeira fase de validação, a ferramenta foi analisada por duas peritas na área do *Lean*, que aprovaram os seus conteúdos e informação, e transmitiram um *feedback* muito positivo acerca do produto desenvolvido.

Na segunda fase de validação, o manual foi testado em três contextos industriais distintos (*Artevasi*, *Bi-slique* e *Cork Suply S.A.*) por três pessoas com perfil de público-alvo do MIL, com a finalidade de perceber o efeito da presença do manual no processo de implementação de ferramentas do *LM*. Nos testes, as pessoas seguiram as indicações do MIL e utilizaram alguns dos seus materiais para implementar conceitos do *Lean*. As ferramentas implementadas com o auxílio do MIL foram o *Kaizen*, *5's* e *VSM*, pois não foi possível testar as restantes devido à não identificação de pessoas

que necessitassem de as implementar e, portanto, a aplicação das ferramentas *Standard Work*, *SMED* e *Kanban* através do manual em contexto industrial será uma boa oportunidade de melhoria futura. Assim, com o auxílio do MIL verificou-se que as pessoas que participaram nos testes conseguiram implementar corretamente as metodologias *Kaizen*, *5's* e *VSM* e obter resultados bastantes satisfatórios. A implementação da metodologia *5's* com a ajuda do MIL permitiu a redução de cerca de 62% do tempo de identificação de materiais na *Bi-Slique* e o aumento de 55% e 57% das pontuações dos *5's* nos postos de trabalho da *Bi-Slique* e da *Artevasi*, respetivamente. Além disto, a utilização do MIL auxiliou a implementação da ferramenta *Kaizen* na *Artevasi*, pois facilitou o processo de identificação de propostas de incentivo à melhoria contínua na empresa, como por exemplo, reuniões *Kaizen*, sala de criatividade, caixa de sugestões, entre outras. Por fim, o manual auxiliou uma pessoa com muito pouco conhecimento sobre o *VSM* a desenhar o mapeamento de fluxo de valor de uma família de produtos da empresa *Cork Suply S.A.*, o que comprova que o MIL consegue cumprir com o seu propósito. Posto isto, pode-se concluir que a presença do Manual de Instruções *Lean* no processo de implementação de conceitos do *LM* tem um efeito bastante positivo, pois os conceitos foram compreendidos, as ferramentas foram implementadas corretamente e os resultados foram significativos. Neste projeto, apenas houve tempo para realizar testes com a presença do manual, no entanto, é importante referir que futuramente seria vantajoso efetuar implementações de ferramentas *Lean* com e sem o manual, obviamente nas mesmas condições, para se possuir um termo de comparação direto.

Na última fase de validação, procedeu-se à recolha de *feedback* sobre o MIL através da realização de um questionário online, com o objetivo de perceber a avaliação que as pessoas com experiência na área e potenciais utilizadores (sem conhecimento sobre o *LM*) fazem à ferramenta desenvolvida, bem como para recolher informação para a melhoria contínua do manual. Ainda nesta fase, para agilizar o processo de monitorização de respostas ao questionário, desenvolveu-se um fluxo em *Power Automate* para recolher, transmitir e armazenar as respostas ao questionário, e uma *dashboard* em *Power BI* para visualmente controlar as informações dos inquéritos. Deste modo, o gestor do MIL será sempre notificado via e-mail sempre que uma nova resposta ao questionário for submetida, e através da *dashboard* poderá monitorizar os dados recolhidos pelos inquéritos. No projeto, conseguiu-se recolher a avaliação de um total de vinte e nove pessoas, das quais treze possuíam conhecimentos sobre o *Lean* e dezasseis poucos conhecimentos sobre esta filosofia de gestão, e verificou-se que a média das suas avaliações de zero a cinco efetuadas aos conteúdos do manual se encontram acima da nota quatro, isto é, acima do objetivo definido. Estes resultados revelaram-se extremamente significativos, pois permitiram concluir que as pessoas com poucos conhecimentos sobre o *Lean* conseguiram compreender através do manual este modelo de gestão e os procedimentos de implementação das suas ferramentas, e que as pessoas com experiência na área aprovam os conteúdos do manual, e o consideram uma ferramenta capaz de ensinar e guiar os utilizadores nos momentos de aplicação de conceitos do *LM*. Assim sendo, com base no *feedback* das pessoas que consultaram o manual, pode-se dizer que a presença do MIL no processo de aprendizagem de conceitos do *LM* também tem um efeito positivo. Posto isto, conclui-se também que o MIL apresenta boa qualidade e consegue cumprir com o seu propósito e, portanto, pode-se dizer que foi desenvolvido com sucesso. Além disto, através do *feedback* dos questionários, concluiu-se também que no futuro se deve dar prioridade à melhoria dos conteúdos da metodologia *5's*, pelo facto de ter sido o conceito do *LM* com maior frequência de consulta e implementação. Por fim, concluiu-se que os inquiridos consideraram que as ferramentas Gestão Visual, Comboio Logístico, *Just in Time (JIT)*, *Total Productive Maintenance (TPM)* e Produção

Puxada são aquelas que mais falta fazem ao MIL e, portanto, futuramente devem ser acrescentadas por ordem decrescente da sua frequência de requisição.

Após a conclusão do projeto, com a finalidade de apresentar o Manual de Instruções *Lean* à comunidade científica, bem como os principais resultados do projeto efetuou-se a submissão de um artigo científico na revista científica *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. A publicação de artigos científicos é um processo demorado, pelo que o artigo ainda se encontra em fase de revisão, para que posteriormente possa então ser publicado pela revista. No Apêndice F, pode-se consultar o artigo científico desenvolvido.

Em suma, com este projeto a comunidade científica e as organizações passaram a ter ao seu dispor um manual testado e validado, capaz de transmitir os conhecimentos necessários para implementar o *LM* através da aplicação das ferramentas *Kaizen*, *Standard Work*, *5's*, *SMED*, *Kanban* e *VSM*. Deste modo, a partir de agora, espera-se que problemas devidos à falta de conhecimento destas ferramentas do *LM* e ao não cumprimento das suas metodologias de aplicação sejam resolvidos, e que qualquer pessoa, independentemente do seu grau de conhecimento, através do seguimento das instruções do MIL consiga implementar corretamente as ferramentas do *LM* nele incluídas.

5.2. Limitações e Investigação Futura

Apesar dos resultados obtidos serem significativos e de todos os objetivos serem alcançados, ao longo do projeto foram sentidas algumas dificuldades que limitaram o mesmo, sendo que as mesmas serão seguidamente enunciadas.

No projeto, a impossibilidade de acompanhar presencialmente os testes do MIL em ambiente industrial limitou o processo de recolha de dados e informação, visto que os mesmos apenas puderam ser obtidos através dos relatos dos intervenientes e da informação presente nos seus documentos de estágio.

Um fator que limitou o processo de validação do MIL, foi a impossibilidade de testar as ferramentas *Standard Work*, *SMED* e *Kanban* em contextos industriais, pois não se encontraram pessoas com possibilidade de as implementar com o auxílio do MIL. Sendo assim, futuramente é importante testar a aplicação destas ferramentas com a presença do manual.

Na fase de testes do manual, a impossibilidade da realização de implementações do *Kaizen*, *5's* e *VSM* sem o auxílio do manual, revelou-se um fator limitante. Desta forma, não foi possível possuir um termo de comparação direto entre os resultados da implementação destas ferramentas nas mesmas condições, com e sem a presença do MIL.

Um aspeto que pode ter influenciado os resultados do projeto, foi o facto de as pessoas que responderam ao questionário, à exceção dos 3 estudantes, se limitarem apenas a avaliar o MIL pela sua consulta, visto que nenhuma delas teve a oportunidade de implementar conceitos do *LM* com o auxílio do mesmo. Posto isto, no futuro seria importante recolher mais *feedback* de pessoas que implementem conceitos *Lean* a partir do manual.

No processo de recolha de *feedback* sobre o Manual de Instruções *Lean* apenas se conseguiu inquirir 29 pessoas, o que ainda é número muito reduzido de opiniões acerca da ferramenta. Sendo assim, no futuro é importante recolher a opinião de mais pessoas, principalmente, de indivíduos

com perfil de potencial utilizador do MIL, ou seja, com baixo conhecimento sobre os conceitos do *LM*.

Durante o decorrer do projeto e através da análise aos resultados dos questionários foram identificadas algumas oportunidades de investigação e melhoria futura, sendo que as mais relevantes foram as seguintes:

- Acrescentar pela seguinte ordem as ferramentas Gestão Visual, Comboio Logístico, *Just in Time (JIT)*, *Total Productive Maintenance (TPM)* e Produção Puxada ao MIL. No entanto, é importante continuar a monitorizar aquelas que os utilizadores do manual requisitam com maior frequência no questionário;
- Desenvolver uma versão do MIL na língua inglesa, para permitir que qualquer pessoa o possa consultar e utilizar, visto que na atualidade o inglês é praticamente uma linguagem universal;
- Construir uma aplicação em formato digital do MIL, com a finalidade de agilizar a consulta da ferramenta através de dispositivos móveis, como por exemplo, *smartphones* e *tablets*. A *OutSystems* poderá ser uma boa plataforma para desenvolver a aplicação.
- Investigar as situações em que as ferramentas do *LM* presentes no MIL devem ser aplicadas, para desenvolver uma aplicação de auxílio à seleção de quais conceitos do *LM* implementar em determinadas situações. O objetivo é que os utilizadores respondam a um conjunto de questões acerca da situação dos processos e da organização, ou seja, uma espécie de auditoria, e que no final a aplicação lhes indique quais as ferramentas do *LM* mais indicadas para resolver os seus problemas.
- Efetuar uma análise de mercado para identificar e investigar os principais produtos concorrentes do MIL e os preços de venda de artigos semelhantes, com a finalidade de analisar a possibilidade de comercializar o Manual de Instruções *Lean* no mercado;
- Desenvolver materiais de auxílio à formação sobre o *LM* com base nos conteúdos do MIL;
- Criar um fórum online, para que os utilizadores do MIL possam comunicar entre si, partilhar ideias e expor as suas dúvidas relativamente à ferramenta desenvolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, F., Richard Silva, T., Almeida, C. M. V. B., Liu, G., & Giannetti, B. F. (2019). Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO). *Science of the Total Environment*, 685, 1006–1018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.261>
- Ahmad, M. O., Dennehy, D., Conboy, K., & Oivo, M. (2018). Kanban in software engineering: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 137, 96–113. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.045>
- Anoop, Muhammed, & Vivekanand, G. (2020). A Brief Overview on Toyota Production System (TPS). *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 2505–2509. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5415>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Antosz, K., & Stadnicka, D. (2017). Lean Philosophy Implementation in SMEs - Study Results. *Procedia Engineering*, 182, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.107>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & Ennadi, A. (2019). Development of a Conceptual Framework of Lean Construction Principles: An Input-Output Model. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 18(1), 1–34. <https://doi.org/10.1142/S021968671950001X>
- Bhade, S., & Hegde, S. (2020). Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED. *Materials Today: Proceedings*, 24, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.298>
- Braglia, M., Gabbrielli, R., & Marrazzini, L. (2020). Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with kanban. *International Journal of Production Research*, 58(13), 3998–4014. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1639224>
- Busert, T., & Fay, A. (2019). Extended Value Stream Mapping Method for Information Based Improvement of Production Logistics Processes. *IEEE Engineering Management Review*, 47(4), 119–127. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2934953>
- Busert, T., & Fay, A. (2021). Information quality focused value stream mapping for the coordination and control of production processes. *International Journal of Production Research*, 59(15), 4559–4578. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1766720>
- Carnerud, D., Jaca, C., & Bäckström, I. (2018). Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years. *TQM Journal*, 30(4), 371–390. <https://doi.org/10.1108/TQM-03-2018-0037>
- Castro, M., & Posada, R. (2019). Implementation of lean manufacturing techniques in the bakery industry in Medellin. *Gestao e Producao*, 26(2), 1–9. <https://doi.org/10.1590/0104-530X-2505-19>
- Chen, Y., & Li, H. (2019). Research on Engineering Quality Management Based on PDCA Cycle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 490(6). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/490/6/062033>

- Ching, T., & Ghobakhloo, M. (2018). What determines lean manufacturing implementation? A CB-SEM model. *Economies*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.3390/economies6010009>
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Education.
- Dadashnejad, A. A., & Valmohammadi, C. (2019). Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3–4), 466–482. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308821>
- Dave, P. Y. (2020). The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 11(8), 1598–1602. https://www.researchgate.net/profile/Pranav_Dave/publication/3444460563_The_History_of_Lean_Manufacturing_by_the_view_of_Toyota-Ford/links/5f787daa299bf1b53e09c53a/The-History-of-Lean-Manufacturing-by-the-view-of-Toyota-Ford.pdf
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Driouach, L., Zarbane, K., & Beidouri, Z. (2019). Literature review of Lean manufacturing in small and medium-sized enterprises. *International Journal of Technology*, 10(5), 930–941. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2718>
- Ferreira, D. M. C., & Saurin, T. A. (2019). A complexity theory perspective of kaizen: a study in healthcare. *Production Planning and Control*, 30(16), 1337–1353. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1615649>
- Fonseca, K. H. (2012). Investigação – Ação : Uma Metodologia Para Prática E Reflexão Docente. *Revista Onis Ciência*, 1, 16–31. <https://revistaonisciencia.com/wp-content/uploads/2020/02/2ED02-ARTIGO-KARLA.pdf>
- Gao, S. S., Chu, C. H., & Young, F. Y. F. (2020). Integrating 5S methodology into oral hygiene practice for elderly with Alzheimer’s disease. *Dentistry Journal*, 8(2), 1–7. <https://doi.org/10.3390/dj8020029>
- Ghosh, S., & Lever, K. (2020). Development of Value Stream Mapping from L’Oreal’s Artwork Process. *Journal of Business-to-Business Marketing*, 27(3), 293–309. <https://doi.org/10.1080/1051712X.2020.1787029>
- Gunaki, P., Devaraj, S., & Patil, S. (2021). Process optimization by value Stream Mapping. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.304>
- Htun, A., Maw, T. T., & Khaing, C. C. (2019). Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS). *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, 08, 469–474. <http://ijsetr.com/uploads/165423IJSETR17537-99.pdf>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan’s Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (2010). *Gemba Kaizen*. McGraw-Hill Education.
- Jacquinet, M. (2019). Lean Management. *Handbuch QM-Methoden*, 61058, 153–190. <https://doi.org/10.3139/9783446435865.006>

- Jastia, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: Literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867–885. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>
- Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.125>
- Khan, M. A., Shaikh, S. A., Lakho, T. H., & Mughal, U. K. (2020). Potential of lean tool of value stream mapping (Vsm) in manufacturing industries. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 59, 3064–3074. <http://www.ieomsociety.org/harare2020/papers/698.pdf>
- Kruger, S., Herzog, L., Carmo, C., & Forcellini, F. (2021). Proposta de melhorias no processo de produção de uma panificadora a partir de ferramentas do lean manufacturing. *Exacta*. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.16854>
- Kumar, S., Dhingra, A., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5–8), 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Kundgol, S., Petkar, P., & Gaitonde, V. N. (2019). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 46, 4640–4646. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.282>
- Lyskova, I. (2020). *The Japanese Experience in Building the System of Human Resource Quality Management in the Organization*. 150(Icoeme), 126–131. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200908.022>
- Masmali, M. (2021). Implementation of Lean Manufacturing in a Cement Industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(3), 7069–7074. <https://doi.org/10.48084/etasr.4087>
- Masuti, P. M., & Dabade, U. A. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19(xxxx), 606–610. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740>
- Mohan Sharma, K., & Lata, S. (2018). Effectuation of Lean Tool «5S» on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 4678–4683. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.039>
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Nino, V., Claudio, D., Valladares, L., & Harris, S. (2020). An enhanced kaizen event in a sterile processing department of a rural hospital: A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijerph17238748>
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. Productivity Press.
- Oliveira, R. I., Sousa, S. O., & Campos, F. C. (2019). Lean manufacturing implementation:

- bibliometric analysis 2007–2018. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1–4), 979–988. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
- Papalex, M., Bamford, D., & Dehe, B. (2016). A case study of kanban implementation within the pharmaceutical supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(4), 239–255. <https://doi.org/10.1080/13675567.2015.1075478>
- Patidar, L., Soni, V., & Soni, P. (2020). Analysis of Value Stream Mapping and its Benefits. *International Journal of Engineering Research in Current Trends*, 2(3), 29–33. <https://www.ijerct.com/papers/02-03/analysis-of-value-stream-mapping-and-its-benefits.pdf>
- Pereira, A., & Oliveira, I. (2020). Design-based research e investigação-ação: Dois olhares que se entrecruzam. *New Trends in Qualitative Research*, 2, 336–350. <https://doi.org/https://doi.org/10.36367/ntqr.2.2020.336-350>
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean-A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lidel-Edições Técnicas, Lda.
- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>
- Pucheta, C., Benitez, E., Popocatl, H., García, P., & Pucheta, M. (2019). Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app9183932>
- Raut, H. B. (2021). KAIZEN: A Lean Manufacturing Technique. *International Journal for Research and Innovation*, 1(4), 2581–7280. <http://www.viva-technology.org/New/IJRI/2021/36.pdf>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing world. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 899–903. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309>
- Rose, A. N. M., Ab Rashid, M. F. F., Nik Mohamed, N. M. Z., & Ahmad, H. (2017). Similarities of lean manufacturing approaches implementation in SMEs towards the success: Case study in the automotive component industry. *MATEC Web of Conferences*, 87. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20178702024>
- Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F. D., Kundu, K., & Staudacher, A. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(5–8), 1869–1888. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03990-x>
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Silva, J., Alexandra, F., & Anastácio, M. (2019). Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 13(43), 1018–1027.

- <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1575>
- Sukiennik, M., & Bak, P. (2019). The Formation of Organizational Culture in the Aspect of Lean Management Principles in the Energy Industry. *E3S Web of Conferences*, 108. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910801033>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., & Koyuncuoğlu, Ö. (2019). An Application of SMED and Jidoka in Lean Production. Em *Proceedings of the International Symposium for Production Research* (Vol. 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92267-6>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38(Faim 2019), 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Vijaya, B. (2021). Toyota Motor Corporation: Just in Time (JIT) Management Strategy or Beyond? . *Journal of Case Research* , 7(01), 18–27. <https://xim.edu.in/jcr/cases/Case03-June2021-ToyotaMotorCorporation.pdf>
- Vo, B., Kongar, E., & Barraza, M. (2019). Kaizen event approach: a case study in the packaging industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(7), 1343–1372. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2018-0282>
- Witt, C. M., Sandoe, K., & Dunlap, J. C. (2018). 5S Your Life: Using an Experiential Approach to Teaching Lean Philosophy. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 16(4), 264–280. <https://doi.org/10.1111/dsji.12167>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Creat Wealth in Your Corporation*. Touchstone.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.
- Zhou, Z., Yao, B., Xu, W., & Wang, L. (2017). Condition monitoring towards energy-efficient manufacturing: a review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(9–12), 3395–3415. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0014-x>

APÊNDIE A – QUESTIONÁRIO MANUAL DE INSTRUÇÕES *LEAN*

Questionário - Manual de Instruções *Lean*

O presente questionário tem como objetivo recolher *feedback* dos utilizadores e potenciais usuários do Manual de Instruções *Lean*. As informações recolhidas serão utilizadas para melhorar o manual e adapta-lo às necessidades dos utilizadores.

Nas perguntas 2, 3 e 4 nas opções de respostas considere que: **1-Nada, 2-Pouco, 3-Razoavelmente, 4-Bastante, 5-Muito**

Nas perguntas 5, 6, 8, 9 e 12 nas opções de respostas considere que: **1-Muito Mau, 2-Insuficiente, 3-Razoável, 4-Bom, 5-Muito bom**

Caso pretenda contactar o responsável pelo Manual de Instruções *Lean* envie e-mail para 1160833@isep.ipp.pt ou josepedroribeiro571@gmail.com.

* Obrigatória

1. Qual ou quais ferramentas do *Lean* consultou no Manual de Instruções? *

- Kaizen*
- Standard Work*
- 5's*
- SMED*
- Kanban*
- VSM*

2. O Manual de Instruções ajudou-o a compreender o que é o *Lean Manufacturing*, a sua história e os seus princípios base? *

- 1 2 3 4 5

3. O Manual de Instruções ajudou-o a perceber as ferramentas do *Lean* que consultou? *

- 1 2 3 4 5

4. As Fichas Técnicas do Manual ajudaram a perceber todas as etapas de implementação das ferramentas do *Lean* que consultou? *

- 1 2 3 4 5

5. Como avalia os templates disponibilizados nos anexos do Manual de Instruções? *

- 1 2 3 4 5

6. Como avalia a qualidade da escrita do Manual de Instruções? *

- 1 2 3 4 5

7. Qual ou quais ferramentas do *Lean* implementou com o auxílio do Manual de Instruções? **Caso não tenha implementado nenhuma, pode avançar para a Questão 10.**

- Kaizen*
- Standard Work*
- 5's*
- SMED*
- Kanban*
- VSM*

8. Como avalia o sucesso de implementação das ferramentas que implementou com auxílio do Manual de Instruções?

- 1 2 3 4 5

9. Como avalia o contributo da presença do Manual de Instruções no momento de implementação?

- 1 2 3 4 5

10. Selecione dois conceitos do *Lean* que acha que deveriam ser acrescentados ao Manual de Instruções com mais urgência? *

- Total Quality Management (TQM)*
- Just in Time (JIT)*
- Balanceamento de Linhas
- Gestão Visual
- Total Productive Maintenance (TPM)*
- Nivelamento da Produção (*Heijunka*)
- Jidoka*
- Célula de Fabrico
- Operários Multifuncionais
- Fluxo Contínuo de Produção
- Carga de Trabalho Uniforme
- Top Management Commitment*
- Compromisso dos Colaboradores
- Produção em Lotes Pequenos
- Produção Puxada
- Sistemas de Informação Flexível
- Comboio Logístico
- Outros

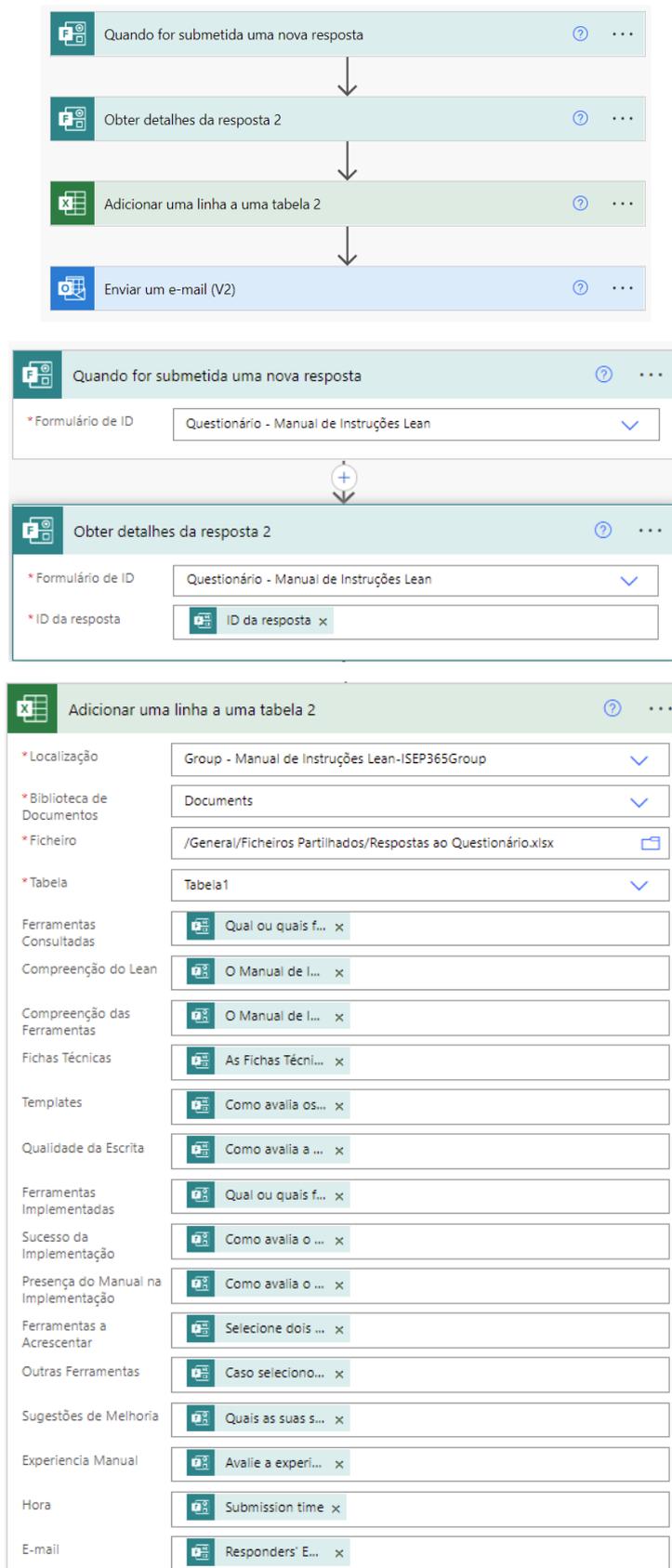
11. Caso selecionou a opção "Outros" na questão 10, quais são as ferramentas?

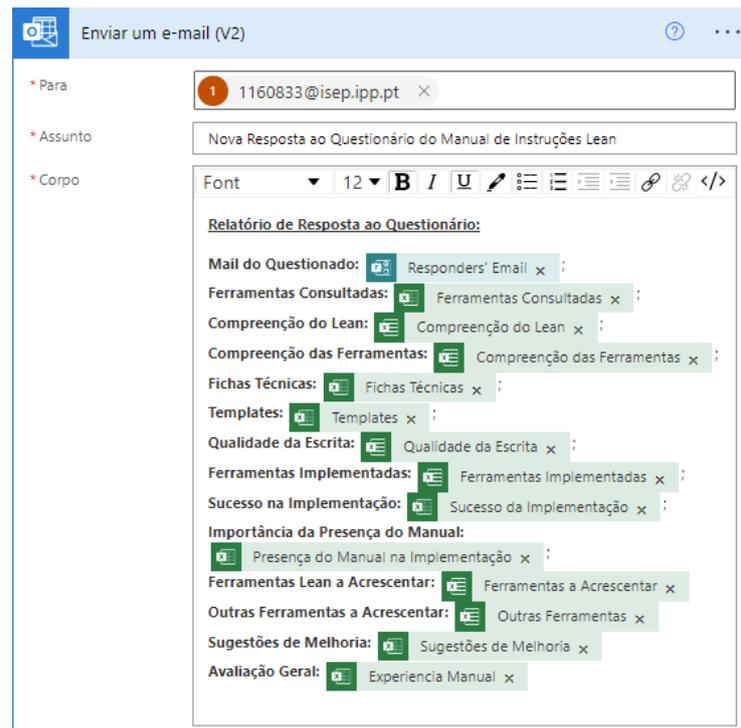
12. Quais as suas sugestões de melhoria para o Manual de Instruções *Lean*?

13. Avalie a experiência de utilização do Manual de Instruções *Lean* *



APÊNDICE B – FLUXO DESENVOLVIDO NO *POWER AUTOMATE*





APÊNDICE C – TABELA DE REGISTO AUTOMÁTICO DE RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Ferramentas Consultadas	Compreensão do Lean	Compreensão das Ferramentas	Fichas Técnicas
["Kaizen","5's"]	4	5	5
["VSM"]	5	5	5
["5's"]	5	5	5
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	5	4	4
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	5	5	5
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	4	5	4
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	4	5	5
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	4	3	3
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	5	5	4
["Kaizen","Standard Work","Kanban","5's","SMED","VSM"]	4	4	4
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	4	4	4
["Kaizen","Standard Work","5's"]	5	5	5
["Kaizen","Standard Work","5's","SMED","Kanban","VSM"]	4	4	4
["SMED","Kanban","VSM"]	5	5	5

Templates	Qualidade da Escrita	Ferramentas Implementadas	Sucesso da Implementação
5	4	["5's"]	4
4	5	["VSM"]	4
5	5	["5's"]	5
4	4		
5	5		
4	4		
5	4		
3	4		
5	5		
4	5		
4	4		
5	4		
4	4		
5	4		

Presença do Manual na Implementação	Ferramentas a Acrescentar	Outras Ferramentas
5	["Just in Time (JIT)","Produção Puxada"]	
4	["Just in Time (JIT)","Produção Puxada"]	
5	["Gestão Visual","Just in Time (JIT)"]	
	["Just in Time (JIT)","Gestão Visual"]	
	["Comboio Logístico","Produção Puxada","Total Productive Maintenance (TPM)","Nivelamento da Produção (Heijunka)"]	
	["Gestão Visual","Comboio Logístico"]	
	["Total Productive Maintenance (TPM)","Gestão Visual"]	
	["Carga de Trabalho Uniforme","Compromisso dos Colaboradores"]	
	["Comboio Logístico","Produção em Lotes Pequenos"]	
	["Compromisso dos Colaboradores","Sistemas de Informação Flexível"]	
	["Total Quality Management (TQM)","Balanceamento de Linhas"]	
	["Gestão Visual","Célula de Fabrico"]	
	["Comboio Logístico","Total Productive Maintenance (TPM)"]	
	["Gestão Visual","Just in Time (JIT)"]	

Sugestões de Melhoria	Experiência Manual	Hora	E-mail
Sintetizar/resumir mais a informação teórica	4	20/07/2022 08:50	anonymous
Como sugestão de melhoria não tenho nada a dizer em concreto. As partes do manual que utilizei e sugiro a inclusão de mais ferramentas Lean e a ligação entre elas	5	20/07/2022 08:55	anonymous
	5	20/07/2022 09:04	anonymous
	4	25/07/2022 19:08	anonymous
	5	29/07/2022 07:32	anonymous
Para agilizar a consulta a nível do utilizador, colocar "links" de acesso rápido para consulta da ferrar	5	23/08/2022 18:34	anonymous
Acrescentar mais exemplos e casos práticos	5	29/08/2022 21:52	anonymous
Simplificar as explicações das ferramentas. Colocar mais imagens e diagramas. Apesar de a informa	4	29/08/2022 22:53	anonymous
Nada a apontar. Penso que a ferramenta está bem desenvolvida e que poderá ajudar muita gente. C	5	29/08/2022 22:58	anonymous
Não tenho nenhuma sugestão de melhoria. No entanto gostava de dizer que parece estar uma ferr	5	29/08/2022 23:05	anonymous
	4	29/08/2022 23:07	anonymous
Desenvolver uma versão em inglês do manual	5	29/08/2022 23:11	anonymous
	4	29/08/2022 23:14	anonymous
Não tenho muitos conhecimentos na área, mas através da consulta do manual fiquei a perceber mii	5	29/08/2022 23:25	anonymous

APÊNDICE D – EXEMPLO DE E-MAIL AUTOMÁTICAMENTE ENVIADO PARA O GESTOR DO MANUAL COM A INFORMAÇÃO DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Nova Resposta ao Questionário do Manual de Instruções Lean



Jose Ribeiro (1160833)
Para: Jose Ribeiro (1160833)

👍 ↩️ ↶ ↷ ⋮
seg, 29/08/2022 15:25

Relatório de Resposta ao Questionário:

Mail do Questionado: anonymous;
Ferramentas Consultadas: ["SMED","Kanban","VSM"];
Compreensão do Lean: 5;
Compreensão das Ferramentas: 5;
Fichas Técnicas: 5;
Templates: 5;
Qualidade da Escrita: 4;
Ferramentas Implementadas: ;
Sucesso na Implementação: ;
Importância da Presença do Manual: ;
Ferramentas Lean a Acrescentar: ["Gestão Visual","Just in Time (JIT)"]
Outras Ferramentas a Acrescentar:
Sugestões de Melhoria: Não tenho muitos conhecimentos na área, mas através da consulta do manual fiquei a perceber minimamente o que é o Lean e algumas das suas ferramentas e, portanto posso dizer que o manual consegue cumprir com o seu propósito. Os meus parabéns pelo trabalho! No entanto, visto que o mundo esta cada vez mais tecnológico, penso que apostar num formato digital possa ser uma boa oportunidade de melhoria.
Avaliação Geral: 5



ISEP | Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431
4249-015 Porto - PORTUGAL
tel. +351 228 340 500 | fax +351 228 321 159
mail@isep.ipp.pt | www.isep.ipp.pt

APÊNDICE E – TRATAMENTO DE DADOS

Mínimo	Máximo	Nº de Respostas	Ferramentas Manual	Consultadas	Implementadas	Atualizar
0	5	14	Kaizen	11	0	
			Standard Work	10	0	
			5's	12	2	
			SMED	10	0	
			Kanban	10	0	
			VSM	11	1	

Ferramentas Acrescentar	Valor
Total Quality Managment (TQM)	1
Just in Time (JIT)	5
Balanceamento de Linhas	1
Gestão Visual	6
Total Productive Maintenance (TPM)	3
Nivelamento da Produção (Heijunka)	1
Jidoka	0
Célula de Fabrico	1
Operários Multifuncionais	0
Fluxo Contínuo de Produção	0
Carga de Trabalho Uniforme	1
Top Managment Commitment	0
Compromisso dos Colaboradores	2
Produção em Lotes Pequenos	1
Produção Puxada	3
Sistemas de Informação Flexível	1
Comboio Logístico	4
Outros	0

Resultados do tratamento de dados

```
'FERRAMENTAS CONSULTADAS
```

```
'Kaizen
```

```
Range("J4").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("J4:J60"), Type:=xlFillDefault
Range("J4:J60").Select
```

```
'SW
```

```
Range("K4").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("K4:K60"), Type:=xlFillDefault
Range("K4:K60").Select
```

```
'5's
```

```
Range("L4").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("L4:L60"), Type:=xlFillDefault
Range("L4:L60").Select
```

=SE(É.NÚM(PROCURAR("Kaizen";'Dados Power Automate'!A2));1;0)

J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Consultadas						Implementadas						
Kaizen	Standard Work	5's	SMED	Kanban	VSM	Kaizen	Standard Work	5's	SMED	Kanban	VSM	
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	

Exemplos de código VBA e formulas em Excel utilizadas para tornar o processo de tratamento de dados automático

APÊNDICE F – ARTIGO CIENTÍFICO DESENVOLVIDO



Type of the Paper (Article, Review, Communication, etc.)

DEVELOPMENT OF A MANUAL TO SUPPORT THE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING CONCEPTS

José Ribeiro ¹, Marlene Brito ² and Beatriz Pinheiro ³

¹ ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto; 160833@isep.ipp.pt

² ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto; mab@isep.ipp.pt

³ ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto; mbp@isep.ipp.pt

Abstract: Nowadays, Lean Manufacturing (LM) is one of the management models most wanted by organizations to promote their growth and development, however many of them have difficulty in correctly implementing its concepts, mainly due to lack of knowledge, poor application practices and for not having a support with the standard methodologies of its application in the moments of implementation. That said, the aim of this project is to develop and validate a Lean Instruction Manual (MIL) with the necessary information to implement some of the LM concepts. The goal is for the manual to serve as a support for users when implementing the LM tools. In the validation phase, the manual and tool were approved by two experts in the LM field, tested by three power users who applied Kaizen, 5's and VSM in industrial environments, and evaluated by twenty-nine people through an online questionnaire. In addition, to monitor the results of the questionnaire, a Power BI dashboard and a Power Automate flow chart were developed to streamline the process. The contents of the manual were successfully approved by Lean experts, the tools tested were correctly implemented with the help of the manual, and showed very significant results, such as the reduction of about 62% in the time it takes to identify materials and increases of 55% and 57% in the 5's scores at the workstations. All these results, allow us to assume that the project was successfully developed and that the use of the Lean Instruction Manual and the decision support tool in the process of implementing LM tools has an extremely positive effect.

Citation: Lastname, F.; Lastname, F.; Lastname, F. Title. *Machines* 2022, 10, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Academic Editor: Firstname Lastname

Received: date

Accepted: date

Published: date

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: Lean Manufacturing, Instruction Manual, Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban, VSM

1. Introduction

One of the main factors that guarantees the survival of organizations in the labor market is competitiveness, which leads to an intensive search by companies for management models that promote their growth and development [1]. The increase in productivity and profitability, is a time-consuming and difficult goal to achieve, but one that any company or institution aims to obtain, it's implementing a Lean philosophy is fundamental [2]. Lean Manufacturing (LM) is a management principle that has become a trend worldwide, with the purpose of reducing costs by eliminating all kinds of waste and can be applied in any type of company and business segment [3]. In this sense, the correct application of its tools (VSM, SMED, Kaizen, Kanban, JIT, Standard Work, 5's, among others) enables significant improvements in productivity, which leads to increased profit margin for companies [4].

According to [5], one of today's problems is the fact that companies lack knowledge about Lean techniques and methods to improve their production systems and achieve the much desired success, since the biggest obstacle for organizations is still the difficulty in correctly implementing Lean tools. For [4], even when Lean practices are applied by graduated people, there is always the possibility of errors occurring in the implementation procedures, due to bad application practices, or even by not performing some core steps, and this, because they do not have a support with the standard methodology of its application at the time they implement the LM tools. Based on the work of [5] and [4], it can be concluded that the effectiveness of the application of Lean is extremely related to the correct application of the methodology of implementation of its tools.

Therefore, this research project aims to develop and test a set of tools to help organizations and people with little knowledge about the LM to combat difficulties in implementing its concepts. The tools to be developed will be a Lean Instruction Manual with the methodologies of practical application of some LM concepts, with the objective of supporting users in the moments they implement them. It is important to mention that the manual to be developed will be approved by experts in the field of Lean and validated through the collection of feedback from potential users, as well as through its application in real industrial contexts.

In short, with the presence of the manual in the process of implementing LM tools, it is expected that errors due to lack of knowledge and non-compliance with its application methodologies will be solved, as the manual will provide users with knowledge about the tools and will serve as a guide in your application processes, thus ensuring that all implementation steps of the LM tools included in the manual are correctly performed.

Finally, with the realization of this project, organizations, and individuals with short experience in the LM area, such as academics, recent graduates, workers, among others, will find it easier to correctly implement Lean Manufacturing concepts, which are so important for companies to achieve success.

2. Methodology

In this project, it will be applied the action research methodology, since this work aims to solve the problem of lack of knowledge about LM, through the investigation of this management model and the implementation methodologies of some of its concepts, to develop and validate a manual to aid its practical application.

According to [6], action research is a methodology aimed at improving practice, with the purpose of solving and mitigating social problems. For [7], in an action research project, initially, you start by defining the problem you intend to solve. Afterwards, the necessary actions to solve the problem are planned. Then, the defined plan is implemented. Subsequently, the results are evaluated and the necessary improvements are identified. Finally, new cycles of the methodology are carried out until the desired results are achieved [7]. Furthermore, in action research, normally, information collection techniques are used, such as questionnaires, observation, and document analysis, to make modifications, readjustments, changes of direction and continuous improvement of results [6]. Figure 1 shows how the action research methodology was applied to the project.

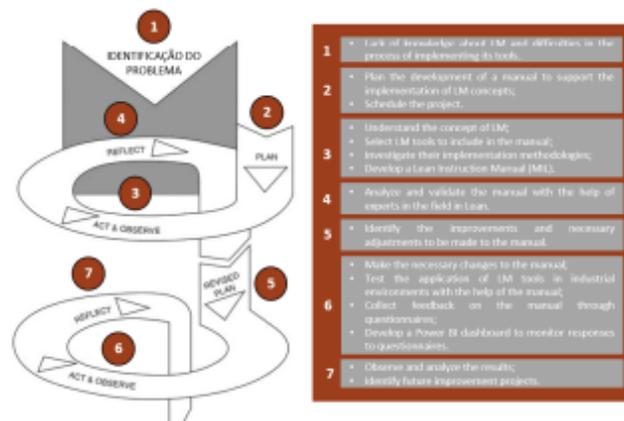


Figure 1 Action Research Methodology

84
85

3. Manual Development

86

This chapter is intended to present all stages of development of the Lean Instruction Manual (MIL), as well as the justification of all the options taken throughout them. That said, initially, the study carried out to understand the LM and its basic management principles is described, then the stage of selection of LM tools to be included in the manual is described, later, it is presented the bibliographic research carried out for identify its implementation methodologies and, finally, the manual's writing phase is described.

87
88
89
90
91
92

3.1. Understanding Lean Manufacturing

93

In this stage, a bibliographic study was carried out to understand the management philosophy of the LM, as well as its management principles, and this, with the purpose of later allowing the realization of a theoretical framework about this management model in the second chapter of the manual. In this phase, we chose to consult scientific articles, scientific journals, and books, since they are more controlled and reliable sources of information. The study investigated the definition of the concept, the principles behind this management method, its origin and evolution over time, the production system that is behind the concept of Lean (TPS) and, finally, the waste changes. The result of this bibliographical study is found in the first chapter of the manual.

94
95
96
97
98
99
100
101
102

3.2. Selection of Lean Manufacturing Tools to Include in the Manual

103

Since throughout the project it is impossible to put all the LM tools in the manual, we chose to select six of them to include in the manual, as it was the number that was considered feasible for the time of completion of this project. Therefore, the most correct way that was identified to make the choice of tools, was the selection of six of the ones that are usually applied more frequently and, therefore, that are among the most requested. To help identify the LM tools that are commonly applied most frequently, a study by Sundar was analyzed and, later, a bibliographic research was carried out based on more recent information, to verify which LM concepts are most often applied in the analyzed articles.

104
105
106
107
108
109
110
111

Sundar and others [8], made a study with the main objective of identifying which LM principles were most often applied by the scientific community, in which they analyzed 2743 articles. As a result, the authors found that about 30% of the analyzed articles applied VSM, SMED, Kaizen and Kanban, and that these are the most important tools to achieve success in production systems [8]. In addition, they also found that Kaizen is the most used tool in case studies, with about 46%, so they concluded that organizations see LM as a process of continuous improvement [8]. In addition, the authors verified that the concepts of Pull Production, Production in Small Lots, JIT, Elimination of Waste, Relationship

112
113
114
115
116
117
118
119

with Suppliers, TQM, 5's and Standard Work are concepts that are also implemented with some frequency, in this case, in 20% to 25% of the articles analyzed [8]. On the other hand, they found that case studies gave less importance to Visual Management, Customer Involvement, Uniform Workload and Manufacturing Cell [8]. The detailed results of the search can be seen in the table in Figure 2.

LP tools				Exploratory cross-sectional		Total %
	Conceptual	Descriptive	Empirical	Exploratory (cross-sectional)	Exploratory (longitudinal)	
Value stream mapping	2	72	53	51	1	179 32.78
Setup time reduction	2	75	47	48	1	171 31.32
Kaizen	2	59	41	43	1	164 30.04
Kanban	3	69	49	52	0	164 30.04
Pañ production	1	62	37	36	1	137 25.09
Small lot size	1	53	33	47	0	134 24.54
JIT purchasing	0	59	31	37	1	128 23.44
Elimination of waste	2	57	23	45	1	126 23.08
Supplier involvement	1	50	19	52	1	123 22.53
Total quality management	0	65	15	39	0	119 21.79
5S	2	63	37	33	0	115 21.06
Standardization of work	0	55	34	33	0	112 20.51
Flexible information system	0	66	31	30	1	108 19.79
JIT production	2	47	18	31	1	99 18.13
Takt time	0	44	24	12	0	90 16.48
Continuous flow	0	45	19	34	0	89 16.50
Employee commitment	0	39	8	38	1	86 15.79
Multifunctional employees	0	43	11	30	1	85 15.57
Long-term supplier and customer relationship	1	55	6	22	1	85 15.57
Top management commitment	1	38	5	36	0	80 14.65
Total productive maintenance	2	32	7	38	0	79 14.47
Customer involvement	0	32	4	39	1	75 13.74
Uniform work load	0	35	3	33	0	71 12.90
Visual factory	0	32	2	28	0	62 11.36
Cellular layout	1	28	4	28	1	62 11.36

Figure 2 Lean tools most used by the scientific community [8]

Since the study by Sundar and others was published on a date a little distant from the present, it was decided to also carry out a bibliographic research based on more recent information. In the research, scientific articles resulting from practical cases of implementation of LM concepts were analyzed and, for each of them, those that were applied were identified. The objective of the study was to identify the LM tools that were most often implemented in the analyzed scientific articles. The search characteristics, as well as the filters used, can be consulted in the Table of Figure 3, the results in Figure 4, and the bibliography analyzed in Appendix A.

Information Bases	Science Direct and b-on
Keyword	Lean Manufacturing
Publication Date	2017 -2021
Languages	Portuguese and English
Exclusions	Unavailable articles Articles in which LM concepts were approached only theoretically

Figure 3 Characteristics and filters of the search performed

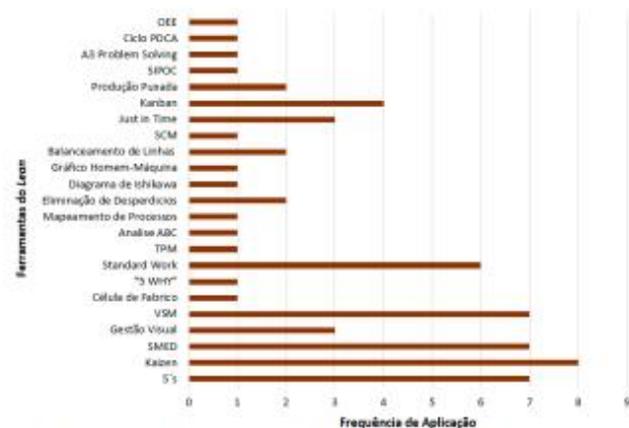


Figure 4 Number of applications of Lean tools in the analyzed articles

Based on the results of the two surveys mentioned above, it was decided to select the concepts VSM, Kaizen, SMED, Kanban, 5's and Standard Work to be the first six LM concepts to be included in the manual.

3.3. Identification of Implementation Methodologies of VSM, Kaizen, SMED, Kanban, 5's and Standard Work

At this stage, a literature search was carried out in order to understand the LM tools selected to include in the manual, as well as their implementation methodologies. All this, with the purpose of later enabling the elaboration of a theoretical framework about these tools in the second chapter of the manual and, later, helping the elaboration of the Technical Sheets for the practical implementation of the tools in the fourth chapter of the manual. In this step, we chose to consult scientific articles, scientific journals and books, since they are more controlled and reliable sources of information. In the research, we investigated the definition that several authors make of the tools, their implementation stages, the benefits of their application, as well as the limitations and difficulties of implementation. The result of this bibliographic research can be found in the second chapter of the manual.

3.4. Manual Writing

The Lean Instruction Manual was developed based on the literature searches mentioned in topics 3.1 and 3.3, and other additional literature searches carried out, in which scientific articles, scientific journals, master's theses and some websites were consulted. Besides this, much of the author's knowledge and academic background, as well as some of his professional experiences with the LM were also used for the creation of this support tool. The Lean Instruction Manual, Figure 5, was elaborated with the help of Microsoft Word and is divided into five chapters, which will be described below.

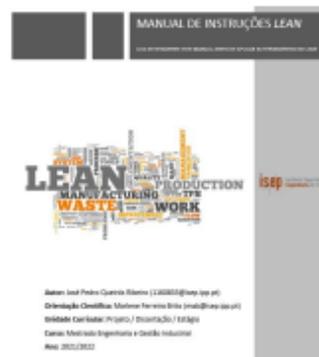


Figure 5 Lean Instruction Manual (MIL)

3.4.1. Chapter 1 (Introduction)

In the first chapter, an introduction to the Lean Instruction Manual was made to introduce the developed product to the users.

3.4.2. Chapter 2 (Lean Manufacturing)

In the second chapter, was made a literature review on Lean Manufacturing, based on the research summarized in topic 3.1 of this article, because to apply the concepts of Lean it is essential that users know the origins and the basic principles of this philosophy. In this sense, in this chapter, initially, a definition of the concept was made, so that the reader can understand what Lean is and what the main benefits of its implementation are. Next, the principles that are the basis of a Lean management were listed. Then, a study

was conducted on the origins and history of LM, with the purpose of showing readers the evolution of Lean over time, as well as the people who contributed to its creation. Subsequently, research on the Toyota Production System (TPS) is presented, with the purpose of showing the users of the manual the pillars that are at the basis of the production system management that gave rise to the LM. Finally, the eight forms of MUDA waste are identified, so that readers are aware of the aspects that affect production systems and know what they must eliminate or reduce with the implementation of Lean tools.

3.4.3. Chapter 3 (Tools of LM)

In the third chapter of the manual, based on the bibliographic research covered in topic 3.3 of the present article, a theoretical framework was developed for the Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM, so that the users of the manual can perform a prior study of these tools before proceeding to their implementation. In this chapter, for each of the tools the following subtopics are presented:

- **Definition:** the opinion of several authors about the tool is presented, so that the users of the manual can know what the tool is, what it is used for, the situations in which it is applied, and what its main objectives are. On pages 19, 20 and 21 of the manual it is possible to see an example of the definition of a LM tool in the manual, in this case, Kaizen;
- **Implementation phases:** in a brief and objective way, the implementation phases of each of the tools are detailed, and some additional concepts that can help the implementation process are presented. To illustrate, on pages 26 and 27 of the manual, you can see an example of the presentation of the implementation phases of a LM tool, in this case, Standard Work;
- **Benefits and Limitations:** the main advantages and disadvantages of the tools are listed, so that the users of the manual know what they can achieve with them, as well as their limitations and difficulties in implementation.

3.4.4. Chapter 4 (Technical Files)

The fourth chapter contains the Technical Files (FT) of the five tools addressed in the manual, in which, in a more practical way, all the necessary procedures for their implementation are described in detail. The FT are a kind of experimental procedure, which should be executed step by step to apply the Lean tools. Thus, the goal is for the users of the manual to be guided by these documents in the moment of implementation, so that they know what they must do in each of the steps. It is important to mention that the FT were developed to make them easy to read and understand, so we chose to use a simple and objective language, visually captivating images and diagrams, and some practical examples.

That said, the following elements are present in the FT:

- **Implementation Steps:** All FT are divided by their respective tool implementation steps, in which, for each of them, all tasks that must be performed and which materials and auxiliary tools can be used are indicated. On pages 50 and 51, 53 and 54, 61 to 64, 75 to 77, 101 to 103, 131 to 133 of the manual, you can see examples of the description of some of the implementation steps of the tools Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM in the FT, respectively;
- **Images and Diagrams:** In the description of the various stages of the tools, some images were used, and several diagrams were created with the purpose of facilitating the interpretation of the information and making the FT visually more attractive. The images were obtained from the bibliographic research carried out. The diagrams and schemes were developed with the help of Microsoft Power Point;

<ul style="list-style-type: none"> • Small Tips and Advices: Throughout FT, some advices are provided to the users, to facilitate the process of implementing Lean tools, as well as to make the results as good as possible. Furthermore, some Lean thoughts and ideas are transmitted, which should be present in the consciousness of the users in the moments that they want to implement this philosophy in their organizations; • LM Complementary Concepts: The implementation of some tools requires the use of small complementary Lean concepts, fundamental to obtain better results. Thus, throughout the FT, some of these concepts are addressed, by explaining how they work and presenting examples of their application. Appendix B shows the LM concepts included in the FT, as well as the reasons why they were included. On pages 45 to 49 of the manual, you can see some examples of the description of these concepts in the FT, as well as some of the examples used for their practical exemplification; • Helpful Materials Developed: To help the users of the manual to execute some steps of the FT, templates and complementary materials were developed. To do so, ideas were imagined facilitating and simplify the implementation steps, and from the Microsoft Word and Power Point platforms the materials were created. It is important to mention that although these materials are covered in the FT, their templates are present in the manual's annexes. Appendix C describes all the templates and auxiliary materials developed, as well as their objectives and forms of use. The templates can be consulted on pages 114 to 160 of the Lean Instruction Manual; • Practical Examples: To complement the explanation of the implementation steps of the tools, it was decided to include some practical examples in the FT. For that, examples of applications of the LM tools discussed in the manual were used, some were obtained through bibliographic research, and others resulted from the academic and professional career of the manual's author. Thus, the users of the manual will have access to practical applications of the tools in real industrial contexts, which will serve as inspiration for them and will facilitate their understanding of the tools. Furthermore, the practical examples will help prove to the readers the advantages and importance of applying these concepts. 	230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260
3.4.5. Chapter 5 (Attachments)	261
In the last section, all the materials and complementary information for using the manual were placed. Thus, the materials included in this section were the following:	262 263
<ul style="list-style-type: none"> • Developed Templates: all developed templates were made available for the application of some Lean concepts and/or to help with some of the implementation steps of the tools; • VSM Icons: all VSM symbols have been attached, so that users know which icons to use to do the value stream mappings; • VSM Examples: some examples of value stream mappings have been provided in the appendix, so that readers can refer to them as they read through the VSM FT. In this way they will easily understand how to create their own value stream mappings. 	264 265 266 267 268 269 270 271 272
4. Validation of the Manual	273
After the development of the Lean Instruction Manual was completed, we proceeded to the test and validation phase, in which the manual was reviewed by experts in the field of Lean, tested in real industrial environments, and finally evaluated by people in the field and potential users of the manual. All the methods used in the validation process are described in detail below.	274 275 276 277 278 279 280

281

4.1. Lean Experts Approval

282

In the first validation phase, experts in Lean were asked to evaluate the manual, in order to obtain the approval of people with high knowledge of this management philosophy. The experts who contributed to the validation of this project were two professors from Instituto Superior de Engenharia do Porto, Marlene Brito and Maria Pinheiro. Both have several years of teaching Lean in higher education, as well as high knowledge and practical experience in the area. After examining the manual, both provided very positive feedback about this support tool, approving the structure of the document, the veracity of the information, the description of the implementation steps and the templates and auxiliary materials developed. In addition, they found some errors, suggested minor adjustments, and identified possible improvements.

283
284
285
286
287
288
289
290
291
292

4.2. Testing in Industrial Environments

293

In this phase, some individuals with a profile identical to the target audience were asked to use the manual and follow its instructions in the implementation of LM concepts. The people used in the testing processes were university students, who were developing internship projects related to the implementation of Kaizen, 5's and VSM tools. They fit the user profile of the manual, as they were implementing Lean concepts for the first time and, as such, had little knowledge and little experience with this management tool. The students and their internship projects included in this validation phase can be seen in the Table of Figure 6.

294
295
296
297
298
299
300
301

Students	Course	Institution	Internship Project	Manual Concepts Implemented
1	Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Implementation of Lean tools to reduce aluminum waste, stock accumulations, and to combat the lack of organization and cleanliness in an aluminum section of the Bislisque company	5's and Ishikawa Diagram
2	Licenciatura em Gestão	Universidade Portuguesa	Improvement of workstations in the logistics section of the company Artevasi	Kaizen, 5's and Action Plan
3	Licenciatura em Gestão	Universidade Portuguesa	Update of the value stream maps of the company Cork Supply, S.A.	VSM

302
303
304

Figure 6 Students and internship projects that contributed to the validation process of the Lean Instruction Manual

4.3. Feedback Gathering Questionnaire

305

In this step, an online questionnaire was developed in the Microsoft Forms platform, with the objective of collecting the opinion and assessment of the people who consult and/or implement tools of the manual, which in turn will serve to identify potential failures and opportunities for improvement. Thus, this whole process of information collection will enable the continuous improvement of the manual, as well as its constant adaptation to the users' needs. Thus, 13 people with knowledge about the LM and 16 without knowledge were surveyed, giving a total of 29 people. The respondents with knowledge about Lean were the two experts in the LM area, a professor of the Instituto Superior de Engenharia do Porto, six students of the master's in industrial engineering and Management and four engineers with training and professional experience in the area. The respondents with low knowledge about the LM were the three students who tested the manual, five workers from a production company (Symington Family Estates) and eight people trained in other areas (health, sports, IT, among others). The results of this feedback collection will be presented in chapter 6.2.

306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319

5. Control of Questionnaire Responses

320

In situations where feedback is collected through questionnaires, it is essential to analyze and control the information collected. To do this, we initially used the Power

321
322

Automate tool to create a workflow capable of storing and automatically transmitting the information from the questionnaires to the manual manager. In the flow, whenever an answer is submitted to the questionnaire, first the answers are stored, then they are recorded in a table in an online Excel file and, finally, an email alert is sent to the manual manager with the details of the new answer to the questionnaire. After developing the flow described above, it was necessary to process the data collected by Power Automate, to enable its subsequent monitoring. Finally, to visually monitor the information collected through the questionnaires, we chose to develop a dashboard in Power BI, and it can be seen in Figure 12. For the dashboard parameters that are evaluated on a scale of zero to five, a score of four was established as the objective. In this way, whenever the rating of any of the parameters is less than four, the situation should be analyzed and act accordingly.

6. Results

In this chapter, all the results of this research project will be displayed. That said, we will first show the ways in which the students used the manual, as well as the main results of the three industrial applications of the manual. Then, the results of the survey collecting feedback on the manual will be presented.

6.1. Test Results of the Manual in Industrial Environments

First, it was found that the students used the theoretical information in the manual to study the Lean tools they intended to implement, as well as to develop their literature reviews. Subsequently, it was confirmed that the students followed the procedures in the Fact Sheets to implement the tools, and that they used some of the templates and auxiliary materials in the manual in the process of implementing the Lean tools. The materials from the manual that were applied by the students in their internship projects were as follows:

- **Ishikawa Diagram:** Student 1 used the Ishikawa Diagram template provided in the manual to identify the causes of aluminum waste at Bi-slique;
- **PDCA Cycle:** To assist the problem-solving process and identification of improvement proposals at Artevasi, Student 2 applied the PDCA Cycle through the template provided by the manual;
- **Action Plan:** To facilitate the process of implementing improvement proposals at Artevasi, Student 2 prepared an Action Plan and, to do so, used the template provided by the manual.
- **Materials Screening Table:** To facilitate the application of the screening step of the 5's tool, Students 1 and 2 filled out the Materials Screening Table in the manual. From the table, they were able to identify the materials that were unnecessarily at the workstations, and by removing them from the workstations they were able to reduce waste at Artevasi and Bi-slique;
- **Work Instructions:** In the standardization step of the 5's methodology, Student 1 relied on the work instructions presented in the manual to develop standard procedures for the sorting, tidying and cleaning process of a Bi-slique workstation;
- **Task Log Sheets:** In the disciplining step of the 5's tool, Student 1 used the templates from the Task Log Sheets in the manual, to ensure that in the future the sorting, tidying and cleaning steps will be carried out in the established periodicity;
- **5's Audit:** To evaluate the workplaces regarding the implementation of the 5's methodology, Students 1 and 2 used the 5's Audit template of the manual. In this sense, both performed two audits to the workstations, the first to characterize the current situation, and the second to quantify the evolution of the work environment after the changes;

It is important to mention that in the standardization and disciplining stages, Student 2 posted on a whiteboard at Artevasi the Work Instructions, Check Sheets and Task Log Sheets provided in the manual for the sorting, tidying, and cleaning stages. In Student 3's project, it was not necessary to use any template from the manual to implement the VSM, since at the beginning of the project Cork Suply S.A. already knew the family of products where the value stream maps needed to be updated and improved, so it was not necessary to apply the Product Process Matrix.

After identifying the ways in which the manual was used by the students, the results of their internship projects were analyzed, with the goal of verifying whether applying LM concepts with the help of the manual shows significant results. Next, for each validation test of the manual in an industrial environment, the main results obtained will be presented.

6.1.1. Student 1 Project at Bi-slique

The manual was fundamental to accompany the implementation process of the 5's tool, which enabled the improvement of the organization and cleanliness of the company's workstations, which in turn allowed the reduction of accumulations of materials near the line edges. In this sense, it was possible to reduce by 62% the time spent in the identification of stored materials, as this time went from 55 seconds to 21 seconds. In the 5's Audit performed in the initial state the workstation was disapproved, because it obtained a score of 50 points, i.e., less than 80% of the total score. However, after the application of the 5's the Audit result was 112 points, i.e., an increment of 55% in relation to the initial situation, so the workstation was approved regarding the implementation of the 5's. Besides this, the manual also contributed to the identification of the main causes of aluminum waste at Bi-slique, and after the suggestion of some improvement proposals by Student 1, it was estimated to reduce the annual waste by 67%. In Figure 7, it is possible to see the "before" and the "after" of the application of the 5's to a workstation at Bi-slique with the help of the manual.



Figure 7 Results of the application of the 5's with the help of the manual at Bi-slique

6.1.2. Student 2 Project at Artevasi

In the project developed in the company Artevasi, the presence of the manual was fundamental to help Student 2 to implement the Kaizen philosophy in the organization. In this sense, after consulting the contents of this Lean tool in the manual (theory and FT) and using the PDCA Cycle template, the student was able to identify the following improvement proposals for the organization: The holding of weekly Kaizen meetings, to discuss Artevasi's problems and identify solutions to them; The creation of a creativity room, in which employees can open horizons, identify new strategies, products, designs, gain motivation and feel involved in the processes; The creation of a suggestion box for improvement, Figure 8, so that all employees anonymously can express their opinion about what they think does not work so well in the organization and submit their proposed solutions; Use of a wish list to make the requisition of materials, Figure 8, in order to streamline the process and reduce waste resulting from printing multiple labels.

Still in this project, the Lean Instruction Manual helped Student 2 to implement the 5's in Artevasi. Thus, by performing 5's Audits, the student verified that initially the workstation's score was 41 points, however, after the modifications made by Rita the score became 96. That said, the student was able to approve the workstation and improve her 5's score by 57%. In Figure 9, it is possible to see some examples of the "before" and "after" of the application of the 5's at Artevasi with the help of the manual.



Figure 8 Results of the Kaizen application with the help of the manual at Artevasi



Figure 9 Results of the application of the 5's with the help of the manual in Artevasi

6.1.3. Student 3 Project at Cork Suply S.A

In the test carried out at Cork Suply S.A., the manual was fundamental for Student 3 to understand the VSM tool, its symbols, and its implementation steps. With the help of the VSM Fact Sheet, the student was able to update and improve the value stream map of a family of the company's products.

6.2. Questionnaire Results

Initially, the responses of the two Lean experts who analyzed the manual in the first validation phase were collected. The average of scores, on a scale of zero to five, given by these Lean experts to each element of the manual are shown in the Table of Figure 10.

	Lean Manufacturing (CAP 2)	Lean Tools (CAP 3)	Technical Files (CAP 4)	Helpfull Material	Writing Quality	Global Evaluation
Average	4,5	5	4,5	4,5	4,5	5
objective	4	4	4	4	4	4

Figure 10 Results of the LM experts' evaluation of the manual

Subsequently, the answers of the three students who implemented LM tools in industrial contexts with the help of the manual were requested. The evaluations made by these individuals can be seen in the Table of Figure 11.

	Lean Manufacturing (CAP 2)	Lean Tools (CAP 3)	Technical Files (CAP 4)	Helpful Material	Writing Quality	Implementation Success	Contribution of the Manual in Implementation	Global Evaluation
Student 1	5	5	5	5	5	5	5	5
Student 2	4	5	5	5	4	4	5	4
Student 3	5	5	5	4	5	4	4	5
Average	4,66	5	5	4,66	4,66	4,33	4,66	4,66

Figure 11 Results of the evaluation of the manual by students who tested it in industrial environments

Finally, the responses of the other people who contributed to the validation process of the manual were collected and mentioned in chapter 4.3 of this article. The results of the total questionnaire responses can be seen in the dashboard in Figure 12.



Figure 12 Results from the responses to the manual's questionnaire

7. Discussion of Results

After the identification of all the results of the project, the next step was to analyze and understand them. In a first phase, the results collected through the questionnaire about the Lean Instruction Manual were analyzed, with the purpose of understanding the opinion of all respondents about the chapters of the manual, the templates developed and the quality of the writing, as well as the general evaluation that they make to the tool, obviously, highlighting the opinion of the Lean experts and the students who tested the manual. With respect to the contents of the manual, from the analysis of Figure 12, the average of the evaluations of all the respondents, with respect to the contents of the manual, are above grade four, that is, above the defined objective, which is extremely satisfactory. On the one hand, it can be said that with these results the respondents with little knowledge about Lean, through the manual, were able to understand what this management philosophy is, the tools they consulted, its implementation steps, and the various templates and materials developed. On the other hand, it is possible to state that respondents with knowledge in the area of LM, consider that the Lean Instruction Manual is a tool capable of fulfilling its purpose, that is, explaining to users what LM is, its tools, and how to implement them. As for the quality of the writing, it can be said that in general the respondents liked the way the contents are presented and described in the manual, since, on average, they evaluated it with a rating of 4.31. Furthermore, it can be seen that the respondents had a good experience with the manual, since the average of the general evaluations is 4.62. By analyzing Figure 10 and 11, we can see that the evaluations made by the Lean experts and by the students on the contents of the manual are also above grade four, that is, above the defined objective. This result is extremely good, because it allows

confirming the quality of the developed tool, through the approval of the manual's contents by two engineers with high knowledge in the LM area, who analyzed it in detail, as well as by three people with the profile of potential users, who tested it in industrial contexts. Still, it is possible to verify that for the Lean experts, the third chapter (Lean Tools) was the most successful one, as they gave it, on average, the maximum score of five. The remaining chapters and contents, on the other hand, received a lower average score of 4.5, which is still significant because it is higher than four. Furthermore, it is confirmed that students who implemented Lean tools consider the theoretical description of Lean tools (third chapter) and the Technical Files (fourth chapter) to be the best parts of the manual, for the fact that they gave it, on average, the maximum score. For the LM description, templates developed and quality of writing they assigned a rating of 4.66, which is also quite satisfactory. Finally, both the Lean experts and the students had a good experience using the manual, as both in the overall evaluation gave, on average, a rating above 4.5.

In a second phase, the results of the three applications of the manual in an industrial context were analyzed, with the purpose of understanding whether the presence of the manual has a positive effect on the implementation process of LM tools. Thus, it can be said that the presence of the manual was fundamental for the application of Kaizen, 5's and VSM tools, because it was verified that the users, by following the steps of the Technical Sheets and applying some of the materials provided in them, were able to obtain very satisfactory results. In the projects where the 5's were implemented with the help of the manual, it is verified that the tool was well implemented, because the workstations are deprived of unnecessary materials, organized, clean, with all materials and storage locations properly labeled, and with all procedure standards defined. Besides this, the reduction of about 62% in the time it takes to identify materials, and the increases of 55% and 57% in the 5's scores at the workstations, are results that prove the success of the implementation of the 5's methodology through the manual. In Student 2's project, in which the Kaizen tool was implemented, it is verified that the manual contributed to the identification and resolution of Artevasi's main problems, as well as to the development of proposals to encourage continuous improvement in the organization. Thus, using the manual, Artevasi managed to improve its Kaizen culture. Through the analysis of the value stream mapping done by Student 3, an individual who initially had very little knowledge about the VSM, it appears that he managed to correctly implement all the phases of the methodology, with the help of the manual. In this sense, it was verified that the material and information flows are properly designed, that the takt time and lead time calculations were performed, and that all the characteristics of each operation were identified. That said, it can be said that the support tool developed is effectively able to help its users to implement the VSM. Analyzing Figure 11, we find that, on average, the students who applied the manual rate with a score of 4.33 the success of implementing Lean tools with the help of the manual, and with a rating of 4.66 the importance of the presence of this support tool in the moments they implemented the LM tools. These data convey very interesting feedback, in that they highlight the importance that the manual had in the success and the implementation process of Lean tools.

In the last phase of analysis, the results collected through the questionnaire on the LM tools present in the manual were verified, with the purpose of understanding those that were most often consulted and implemented, as well as those that are not present in the manual but that respondents think need to be added. Regarding the consultation of MIL tools, it is important to say that all respondents, except for students who tested the manual, consulted all the tools present in the MIL to carry out their assessment and answer the questionnaire. Therefore, students only consulted those that they needed to implement in their internship projects. Regarding the implementation of tools with the help of the MIL, it is important to mention that of the people surveyed, only the students implemented tools with the help of the manual. Therefore, obviously, the most consulted and implemented tools were those that students consulted and implemented in their internships, that is, Kaizen, 5's and VSM. Even so, through the analysis of Figure 12, the 5's

tool stands out because it was the one that was consulted and implemented the most, and therefore, in the future, priority should be given to improving its content, since it is currently the one with the highest frequency of request. Finally, it is confirmed that Visual Management, Logistic Train, Just in Time (JIT), Total Productive Maintenance (TPM) and Pulled Production are the tools of the LM that respondents think are most lacking in the manual and, as such, should be added in the future in descending order of frequency of request.

8. Conclusion

Finishing the project, which consisted of the development and validation of a manual to support the practical implementation of LM concepts to alleviate the problem of lack of knowledge about this management model, it can be said that all objectives were achieved.

As it was impossible to include all the LM concepts in the manual in the time available to carry out this project, initially it was necessary to select concepts to be included in this first phase of MIL development. In this sense, the most correct way that was identified to make the choice of tools was the selection of six of those that are normally applied more frequently. Thus, the Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM tools were selected to be included in the MIL, as they were the most applied LM tools in the bibliography analyzed in the study by Sundar et al. (2014) and in a survey carried out.

Subsequently, new bibliographic research was carried out, but this time, to know the implementation stages of the LM tools selected to include in the MIL, and the same, made it possible to collect information for the development of the manual. In the Lean Instruction Manual, in a first part, the concept of ML was explained, its basic management principles and Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM tools, so that the readers have a theoretical view of these concepts before proceeding to the implementation phase. In a second part, a kind of experimental procedures (Technical Sheets) were developed with the explanation of the implementation methodologies of these Lean concepts, and this, with the objective of serving as support to the users in the implementation moments. Besides this, some practical examples of tool applications were included in the manual, and templates and materials were created to facilitate the application of some of the LM concepts.

After the development of the manual, the test and validation phase was carried out, with the aim of approving it. Therefore, in the first validation phase, the tool was analyzed by two experts in Lean, who approved its contents and information, and provided very positive feedback about the product developed.

In the second validation phase, the manual was tested in three different industrial contexts (Artevasi, Bi-slique and Cork Suply S.A.) by three people with the profile of potential users, in order to understand the effect of the presence of the manual in the process of LM tools implementation. In the tests, people followed the manual's directions and used some of its materials to implement Lean concepts. The tools implemented with the help of the manual were Kaizen, 5's and VSM, because it was not possible to test the others due to the non-identification of people who needed to implement them, and therefore the application of the Standard Work, SMED and Kanban tools through the manual in an industrial context will be a good opportunity for future improvement. Thus, with the help of the manual it was found that the people who participated in the tests were able to correctly implement the Kaizen, 5's and VSM methodologies and obtain quite satisfactory results. The implementation of the 5's methodology with the help of the manual allowed for the reduction of about 62% of the material identification time at Bi-Slique and the increase of 55% and 57% of the 5's scores at Bi-Slique and Artevasi workstations, respectively. In addition, the use of the manual helped the implementation of the Kaizen tool at Artevasi, because it facilitated the process of identifying proposals to encourage continuous improvement in the company, such as Kaizen meetings, creativity room, suggestion box, among others. Finally, the manual made it possible for a person with no knowledge of VSM to perform and improve the value stream mapping of a family of products of the

company Cork Suply S.A., which proves that the manual can fulfill its purpose. That said, it can be concluded that the presence of the Lean Instruction Manual in the process of implementing LM concepts has a very positive effect, because the tools were implemented correctly, and the results were significant. In this project, there was only time to perform tests with the presence of the manual, however, it is important to mention that in the future it would be advantageous to perform implementations of Lean tools with and without the manual, obviously under the same conditions, to have a direct term of comparison.

In the last validation phase, feedback on the manual was collected through an online questionnaire, to understand the assessment that people with experience in the area and potential users (without knowledge of the LM) make of the tool developed, as well as to collect information for continuous improvement of the manual. Also in this phase, to speed up the process of monitoring responses to the questionnaire, a flow in Power Automate was developed to collect, transmit and store the answers to the questionnaire, and a dashboard in Power Bi to visually control the information from the surveys. In this way, the manual manager will always be notified via email whenever a new response to the questionnaire is submitted, and through the dashboard he can monitor the data collected from the surveys. In the project, it was possible to collect the evaluation of a total of twenty-nine people, thirteen of whom had knowledge about Lean and sixteen of whom had little knowledge about this management philosophy, and it was found that the average of their evaluations from zero to five made to the contents of the manual are above four, that is, above the defined objective. These results proved to be extremely significant, as they allowed us to conclude that people with little knowledge about Lean were able to understand, through the manual, this management model and the procedures to implement its tools, and that people with experience in the area approve the manual's contents and consider it a tool capable of teaching and guiding users in the moments of application of LM concepts. Therefore, it is also concluded that the manual presents good quality and can fulfill its purpose, and therefore it can be said to have been successfully developed. Furthermore, through the feedback from the questionnaires, it was also concluded that in the future priority should be given to improving the contents of the 5's methodology, since it was the LM concept with the highest frequency of consultation and implementation. Finally, it was concluded that the respondents considered that the tools Visual Management, Logistic Train, Just in Time (JIT), Total Productive Maintenance (TPM) and Pulled Production are those that are most lacking in the manual and, therefore, should be added in the future in decreasing order of their frequency of request.

Although the results obtained were significant and all the objectives were met, during the project some difficulties were experienced that limited the project, and these will be listed below. In the project, the impossibility of personally following the tests of the manual in an industrial environment limited the process of data and information collection, since they could only be obtained through the reports of those involved and the information in their internship documents. One factor that limited the MIL validation process was the impossibility of testing the Standard Work, SMED and Kanban tools in industrial contexts, as no people were found with the possibility of implementing them with the help of the MIL. Therefore, in the future it is important to test the application of these tools with the presence of the manual. Other aspect that may have influenced the results of the project was the fact that the people who answered the questionnaire, except the 3 students, only evaluated the manual for its consultation, since none of them had the opportunity to implement concepts of the LM with the help of the manual. That said, in the future it would be important to collect more feedback from people implementing Lean concepts from the manual. In the process of collecting feedback about the Lean Instruction Manual we were only able to survey 29 people, which is still a very small number of opinions about the tool. Thus, in the future it is important to collect the opinion of more people, mainly, of individuals with the profile of potential users of the manual, i.e., with low knowledge about the concepts of LM.

In short, with this project, the scientific community and organizations now have at their disposal a tested and validated manual, capable of transmitting the necessary knowledge to implement LM through the application of Kaizen, Standard Work, 5's, SMED, Kanban and VSM. Thus, from now on, it is expected that problems due to lack of knowledge of the LM tools and non-compliance with their application methodologies will be solved, and that anyone, regardless of their degree of knowledge, by following the manual's instructions will be able to correctly implement the LM tools included in it.

References

1. Zhou, Z., Yao, B., Xu, W., & Wang, L. (2017). Condition monitoring towards energy-efficient manufacturing: a review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(9–12), 3395–3415. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0014-x>
2. Driouach, L., Zarbane, K., & Beidouri, Z. (2019). Literature review of Lean manufacturing in small and medium-sized enterprises. *International Journal of Technology*, 10(5), 930–941. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2718>
3. Oliveira, R. I., Sousa, S. O., & Campos, F. C. (2019). Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007–2018. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1–4), 979–988. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2965-y>
4. Ching, T., & Ghobakhloo, M. (2018). What determines lean manufacturing implementation? A CB-SEM model. *Economies*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.3390/economies6010009>
5. Dave, P. Y. (2020). The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 11(8), 1598–1602. https://www.researchgate.net/profile/Pranav_Dave/publication/344460563_The_History_of_Lean_Manufacturing_by_the_view_of_Toyota-Ford/links/5f787daa299bf1b53e09c53a/The-History-of-Lean-Manufacturing-by-the-view-of-ToyotaFord.pdf
6. Fonseca, K. H. (2012). Investigação – Ação : Uma Metodologia Para Prática E Reflexão Docente. *Revista Onis Ciência*, 1, 16–31. <https://revistaonisciencia.com/wp-content/uploads/2020/02/2ED02-ARTIGO-KARLA.pdf>
7. Pereira, A., & Oliveira, I. (2020). Design-based research e investigação-ação: Dois olhares que se entrecruzam. *New Trends in Qualitative Research*, 2, 336–350. <https://doi.org/https://doi.org/10.36367/ntqr.2.2020.336-350>
8. Sundar, R., Balaji, A. N., & Sathesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
9. Rose, A. N. M., Ab Rashid, M. F. F., Nik Mohamed, N. M. Z., & Ahmad, H. (2017). Similarities of lean manufacturing approaches implementation in SMEs towards the success: Case study in the automotive component industry. *MATEC Web of Conferences*, 87. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20178702024>
10. Antosz, K., & Stadnicka, D. (2017). Lean Philosophy Implementation in SMEs - Study Results. *Procedia Engineering*, 182, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.107>
11. Kruger, S., Herzog, L., Carmo, C., & Forcellini, F. (2021). Proposta de melhorias no processo de produção de uma panificadora a partir de ferramentas do lean manufacturing. *Exacta*. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.16854>
12. Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
13. Masuti, P. M., & Dabade, U. A. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19(xxxx), 606–610. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740>
14. Pucheta, C., Benitez, E., Popocatl, H., García, P., & Pucheta, M. (2019). Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app9183932>
15. Braglia, M., Gabbrielli, R., & Marrazzini, L. (2020). Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with kanban. *International Journal of Production Research*, 58(13), 3998–4014. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1639224>
16. Htun, A., Maw, T. T., & Khaing, C. C. (2019). Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS). *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, 08, 469–474. <http://ijsetr.com/uploads/165423IJSETR17537-99.pdf>
17. Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F. D., Kundu, K., & Staudacher, A. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(5–8), 1869–1888. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03990-x>
18. Khan, M. A., Shaikh, S. A., Lakho, T. H., & Mughal, U. K. (2020). Potential of lean tool of value stream mapping (Vsm) in manufacturing industries. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 59, 3064–3074. <http://www.ieomsociety.org/harare2020/papers/698.pdf>
19. Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.125>

20. Mohan Sharma, K., & Lata, S. (2018). Effectuation of Lean Tool «5S» on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 4678–4683. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.039> 690
691

21. Masmali, M. (2021). Implementation of Lean Manufacturing in a Cement Industry. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 11(3), 7069–7074. <https://doi.org/10.48084/etasr.4087> 693
694

22. Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104> 695
696
697

23. Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248> 698
699

Appendix A

700

Author	Article	Applied Tools
[9]	“Similarities of Lean Manufacturing approaches implementation in SME’s towards the success: Case study in the automotive component industry”	5’s; Kaizen; SMED; VSM; Célula de Fabrico
[10]	“Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results”	5’s; “5 WHY”; SMED; Standard Work; TPM
[11]	“Proposta de melhorias no processo de produção de uma parificadora a partir de ferramentas do Lean Manufacturing”	Análise ABC; Mapeamento de Processos; VSM; Eliminação de Desperdícios; Kaizen
[12]	“Implementation of Lean Manufacturing and Lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study”	Kaizen; VSM; 5’s; Standard Work; Diagrama de Ishikawa; Gráfico Homem-Máquina; SMED
[13]	“Lean Manufacturing implementation using Value Stream Mapping at excavator manufacturing company”	VSM; 5’s; Kaizen
[14]	“Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study”	VSM; Balanceamento de Linhas; Kaizen; SMED; 5’s; SCM
[15]	“Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with Kanban”	JIT; Kanban; Gestão Visual; SMED
[16]	“Lean Manufacturing, Just in Time and Kanban of Toyota Production System (TPS)”	Standard Work; Kanban; JIT; Produção Puxada
[17]	“Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company”	Kaizen; SIPOC; A3 Problem Solving; Ciclo PDCA; Balanciamento de Linhas;
[18]	“Potential of lean tool of value stream mapping (VSM) in manufacturing industries”	VSM; Kaizen
[19]	“The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project”	SMED; Standard Work; Gestão Visual; Kaizen
[20]	“Effectuation of Lean Tool 5S on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India”	5’s; Eliminação de Desperdícios; Standard Work
[21]	“Implementation of Lean Manufacturing in a Cement Industry”	Kanban; JIT; VSM
[22]	“The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study”	5’s; Gestão Visual; SMED; Standard Work; OEE
[23]	“Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments”	Kanban; Produção Puxada

701
702
703
704
705
706
707

Appendix B

708

Complementary Concept	Reason for Inclusion	Location in the Manual
PDCA Cycle	Help to plan all phases of a continuous improvement project;	FT do Kaizen
A3 Problem Solving	Guide work teams through an improvement project, as well as to allow a structured approach to the problem-solving process;	FT do Kaizen
5' WHY	To help users of the manual identify the root causes of problems;	FT do Kaizen
Ishikawa Diagram		
ECRS Questionnaire	Assist in the step of reducing internal and external tasks of the SMED methodology, by identifying tasks that can be eliminated, combined, reduced or simplified;	FT do SMED
Action Plan	Help to identify priorities and necessary investments, and to ensure that improvements are implemented by the defined people within the intended timeframes;	FT do SMED
GUT Matrix	Help to recognize the main obstacles that may hinder the implementation of improvement proposals;	FT do SMED
Product-Process Matrix	Simple and practical tool, normally used to help identify product families, that is, products that have the same or very similar production path;	FT do VSM
Kanban Cards, Kanban Board, Leveling Board, Batch Conformer, Launcher, Look-See, Electronic Kanban (e-kanban) and Rolling Kanban	Explain the various ways of implementing Kanban.	FT do Kanban

709

Appendix C

710

Helpfull Materials	Description
PDCA Cycle Template	The goal is for users to fill out the template with the relevant information for each of the method's phases, i.e. <u>planning, execution, verification, and action</u> .
5'WHY Template	Here, the users of the manual can first make a clear and objective description of the problem and then record all the "whys" until they identify the root cause.
Material Sorting Table	Developed to assist the screening stage of the 5's methodology. In it, users can write the name of all items present at the workstation, then check the frequency of use of materials and their state of degradation by placing crosses and, finally, decide whether or not the material is missing from the workstation.
Work Instructions (WI)	Developed to help users in the normalization step of the 5's methodology. In these, you will find all the steps you should perform, and how you can use the Material Sorting Table in the 5's sorting and storing steps. The aim is that readers of the manual will be inspired by this WI, so that they can create their own. However, they can also use the WI in the manual to post at workstations where they implement the 5's tool.
Checklists	Designed to assist the 5's disciplining step. These should be used by those responsible for implementing the 5's, to verify that the sorting and tidying steps have been carried out correctly. In this way, self-discipline and self-control will be promoted.
Task Record Sheets	Created to assist the disciplining stage of the 5's. The goal is that these sheets are used to record the fulfillment of sorting, tidying and cleaning activities. Thus, by posting them at workstations it becomes possible to monitor the processes and instill a sense of self-discipline in employees.
5's Audit Template	In the implementation of the 5's methodology, audits at the workstations are fundamental to initially evaluate their conditions and, subsequently, to sustain and continuously improve what has been implemented. In the template, a rating of zero (low), three (medium), or five (high) should be assigned to the respective criteria of each of the 5's. At the end, the score for each "s" must be added up, and the job can only be approved if it gets at least 80% of the maximum score, i.e. 96 points. In case of non-approval, the 5's of the job must be urgently reviewed and improved. In addition, the results of the 5's Audits can be used as a way to quantify the evolution of the workplace after the implementation of the 5's.
Activity Registration Table	Created to help users of the manual to implement the various steps of the SMED methodology. In the second, characterization of the current situation, to record the tasks according to their order of execution, the workers that perform them, their execution times and, finally, small observations that are considered important. In the third, for the purpose of distinguishing internal tasks from external tasks. In the fourth, to reclassify the tasks after transforming some internal activities into external ones. Finally, in steps five and six, to apply the ECRS Questionnaire and identify the tasks that can be eliminated, combined, reduced or simplified.
Action Plan Template	In the Action Plan template, users of the manual will be able to register all improvement proposals, the people responsible for their execution, the investment required, the timeframe for completion, and the priority of the improvement achievement;
GUT Matrix Template	In the GUT Matrix template, users can list all the adversities that could hinder the implementation of improvements, as well as their severity, urgency, and trend, to later identify those that are a priority.
Kanban Card Templates	In order to facilitate the implementation of kanban cards, templates of production and transportation kanban's, as well as kanban board cards, were developed. The objective is that these are used by the users of the manual, and filled with the necessary information for the proper functioning of this methodology.
Product-Process Matrix Template	Since the use of the Product-Process Matrix is important to implement the VSM, a template was created for users to apply the matrix. In the first column, you should put the product names, and in the first row the processes or operations (automatic and manual). Later, crosses are placed on the operations that are necessary for each product in the matrix. Then you underline with different colors the sets of products that have the same flow of operations, and those that are underlined with the same color belong to the same family. In the end you select the product family that has the greatest impact on the organization.

711

ANEXO A – AUDITORIA 5’S REALIZADA NA BI-SLIQUE

AUDITORIA 5’S						
Auditor: Renata Costa Santos		Data: 03/06/2022		Posto de Trabalho: Linha Manual Mobile		
Categoria	Verificação	Pontuação			Observações	
		0	3	5		
Seiri (Triagem)	Existem apenas os itens necessários para a execução das tarefas?			X		
	Não existem objetos/materiais (recipientes, ferramentas, equipamentos de medição, papéis, material de limpeza, etc) sem utilização ou não conformes?			X		
	Não existem objetos/materiais (recipientes, ferramentas, equipamentos de medição, papéis, material de limpeza, etc) obsoletos?			X		
	Existe somente informação necessária (instruções de trabalho, documentos, folhas, papéis, etc)?			X		
	“Separar o útil do inútil”	Total Seiri (0 – 20)			20 Pontos	
Seiton (Arrumação)	Não existem objetos espalhados (no chão, corredor, equipamentos, mesas, armários, etc)?			X		
	Existe locais de armazenamento devidamente identificados para todos os itens?			X		
	Existem marcações no posto de trabalho (marcas no chão, zonas proibidas, caminhos, contentores de lixo, corredores, zona de armazenamento, etc)?			X		
	Existe uma zona de armazenamento para colocar produtos ou materiais não conformes?			X		
	Os itens mais utilizados estão mais próximos do utilizador?		X			
	“Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”	Total Seiton (0 – 25)			23 Pontos	
Seison (Limpeza)	O posto de trabalho encontra-se limpo (chão, paredes, vidros, portas, armários, etc)?			X		
	O posto de trabalho é limpo periodicamente?			X		
	Os equipamentos e materiais (mesmo os menos usados) encontram-se limpos?			X		
	Os equipamentos e materiais são limpos periodicamente?			X		
	Existem rotinas de limpeza ou folhas de verificação de limpeza?			X	Existem rotinas de limpeza, mas não folhas de verificação.	
	Estão presentes no posto de trabalho os materiais de limpeza?		X		O aspirador é partilhado por algumas linhas produtivas.	
	“Não sujar para evitar limpar”	Total Seiton (0 – 30)			28 Pontos	
Seiketsu (Normalização)	Os itens estão armazenados nos locais definidos para esse efeito?			X		
	Existem planos de triagem, arrumação e limpeza e manutenção para o posto de trabalho?			X		
	Os planos estão visíveis no posto de trabalho?			X		
	Existem instruções de trabalho com os procedimentos de triagem, arrumação e limpeza e manutenção?			X		
	As instruções de trabalho estão visíveis?			X		
	“Normalizar para manter e melhorar”	Total Seiton (0 – 25)			25 Pontos	
Shitsuke (Autodisciplina)	São realizadas auditorias 5’s periodicamente?		X			
	O posto de trabalho é limpo por iniciativa dos colaboradores?			X		
	Os colaboradores participam nos processos de melhoria continua?			X		
	Os colaboradores conhecem o método 5’s e a sua importância?		X			
	“Compromisso, disciplina e melhoria”	Total Seiton (0 – 20)			16 Pontos	
Pontuação mínima de aprovação: 96 Pontos (80%)		Total (0 – 120)			112 Pontos	

ANEXO B – VSM REALIZADO NA CORK SUPPLY S.A



VALUE STREAM MAPPING CSP1 PRODUCTION

July 2022

