



# ESTUDO DO IMPACTO DO ?LEAN MAINTENANCE? E DO TPM NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

**EDUARDO JOSÉ ALVES VAZ**

novembro de 2020

# ESTUDO DO IMPACTO DO “LEAN MAINTENANCE” E DO TPM NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

Eduardo José Alves Vaz

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

# ESTUDO DO IMPACTO DO “LEAN MAINTENANCE” E DO TPM NA INDÚSTRIA PORTUGUESA

Eduardo José Alves Vaz

Estudante n.º 1180061

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 do Professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá.

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho muito deve ao empenho, compreensão e solidariedade de várias pessoas, por isso, todo o seu apoio, nas mais variadíssimas formas e prestações, foi imprescindível para a concretização do mesmo.

Ao Professor José Carlos Sá, o meu profundo agradecimento pela orientação, apoio e disponibilidade ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus colegas de curso, pelo companheirismo e incentivo.

À minha família e amigos, pelo apoio, compreensão e paciência dedicados.

página propositadamente em branco

## RESUMO

Nos dias de hoje, a manutenção tem vindo a assumir um papel preponderante no desempenho das organizações, sendo uma área em que é fundamental conseguir um elevado nível de eficiência, garantindo o melhor funcionamento possível dos equipamentos e assegurando a produção com altos níveis de qualidade. Neste sentido, têm vindo a ser implementadas diversas metodologias na manutenção, entre as quais a filosofia *Lean*, suportada por um conjunto de práticas que visa a redução do desperdício de forma sistemática, e também a *Total Productive Maintenance* (TPM), uma filosofia de gestão da manutenção, orientada para a eliminação das avarias, defeitos e acidentes de trabalho.

A presente dissertação tem como principal objetivo a identificação e análise da implementação das práticas *Lean* na manutenção e do TPM na indústria portuguesa, bem como o estudo do impacto produzido pela implementação das mesmas no desempenho operacional das organizações. A recolha dos dados foi realizada através de um questionário, dirigido a 472 empresas nacionais, tendo-se obtido 84 respostas válidas para o estudo. A partir de uma análise estatística dos dados obtidos, foi possível verificar que os 5S, a gestão visual e o *Daily Kaizen* são as práticas *Lean Maintenance* com maior nível de implementação, todas elas com um índice superior a 50%. Relativamente ao impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*, verificou-se que a produtividade foi a dimensão que sofreu um impacto mais elevado, com um valor numérico igual a 3,57, numa escala de 1 a 5. A prática que promoveu, em média, um maior impacto no desempenho operacional foi o *Jidoka*, com um valor numérico igual a 4,2. No que concerne ao TPM, constatou-se que a manutenção planeada registou o grau de implementação mais elevado, de aproximadamente 87%. No que diz respeito ao impacto produzido pela implementação das práticas TPM, constatou-se, de forma semelhante às práticas *Lean Maintenance*, que a produtividade foi dimensão que sofreu um impacto mais elevado, com um valor numérico igual a 3,56. A prática TPM que promoveu, em média, um maior impacto no desempenho operacional foi a manutenção da qualidade, com um valor numérico igual 3,73.

Observou-se, nas dimensões da produtividade e dos custos, a existência de eventuais diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de colaboradores da empresa, enquanto que, no que diz respeito ao impacto produzido pela implementação das práticas TPM, verificou-se também poderem existir diferenças de acordo com o número de colaboradores, nas dimensões da qualidade e da flexibilidade. Verificou-se também, na dimensão da qualidade, a existência de diferenças no impacto das práticas TPM em função da dimensão das equipas de manutenção. Identificou-se ainda uma eventual associação entre ambos os conjuntos de práticas, no que diz respeito ao seu impacto no desempenho operacional, para todas as dimensões consideradas. Apesar das práticas *Lean Maintenance* terem apresentado, relativamente às práticas TPM, um valor numérico para o impacto superior em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), não se confirmou, no entanto, que essas diferenças sejam estatisticamente significativas.

Este estudo traça uma “radiografia” relativamente ao estado atual da implementação de duas abordagens nas organizações portuguesas, demonstrando que, apesar de todos os benefícios identificados, existe ainda um longo caminho a percorrer na diversificação e consolidação das mesmas.

**PALAVRAS-CHAVE**

*Lean*; TPM; Manutenção; Manutenção *Lean*; Indústria Portuguesa

página propositadamente em branco



## ABSTRACT

Nowadays, maintenance has been playing a major role in the performance of organizations, being an area in which it is essential to achieve a high level of efficiency, ensuring the best possible functioning of equipment and ensuring production with high levels of quality. In this sense, several maintenance methodologies have been implemented, including the Lean philosophy, supported by a set of practices aimed at systematically reducing waste, and also Total Productive Maintenance (TPM), a management philosophy maintenance, aimed at eliminating malfunctions, defects and accidents at work.

This dissertation has as main objective the identification and analysis of the implementation of Lean practices in maintenance and TPM in the Portuguese industry, as well as the study of the impact produced by their implementation on the operational performance of organizations. Data collection was carried out through a questionnaire, addressed to 472 national companies, obtaining 84 valid responses for the study. From a statistical analysis of the data obtained, it was possible to verify that 5S, visual management and Daily Kaizen are the Lean Maintenance practices with the highest level of implementation, all of them with an index above 50%. Regarding the impact resulting from the implementation of Lean Maintenance practices, it was found that productivity was the dimension that suffered the highest impact, with a numerical value equal to 3.57. The practice that promoted, on average, a greater impact on operational performance was Jidoka, with a numerical value equal to 4.2. Regarding the TPM, it was found that the planned maintenance registered the highest degree of implementation, of approximately 87%. With regard to the impact produced by the implementation of TPM practices, it was found, similarly to Lean Maintenance practices, that productivity was the dimension that suffered the highest impact, with a numerical value equal to 3.56. The TPM practice that promoted, on average, a greater impact on operational performance was the maintenance of quality, with a numerical value equal to 3.73.

It was observed, in the dimensions of productivity and costs, the existence of possible differences in the impact of Lean Maintenance practices depending on the number of employees of the company, while, with regard to the impact produced by the implementation of TPM practices, it was found there may also be differences according to the number of employees, in terms of quality and flexibility. There was also, in the dimension of quality, the existence of differences in the impact of TPM practices depending on the size of the maintenance teams. An eventual association was identified between both sets of practices, with regard to their impact on operational performance, for all dimensions considered. Although Lean Maintenance practices have presented, in relation to TPM practices, a numerical value for the superior impact in four of the five dimensions considered for operational performance (namely: quality, flexibility, productivity and safety), it has not been confirmed, however, that these differences are statistically significant.

This study traces a “radiography” regarding the current state of implementation of two approaches in Portuguese organizations, demonstrating that, despite all the benefits identified, there is still a long way to go in diversifying and consolidating them.

### KEYWORDS

*Lean; TPM; Maintenance; Lean Maintenance; Portuguese Industry*



página propositadamente em branco



# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIX
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XXIII
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento e pertinência .....	1
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	2
1.3. Opções metodológicas .....	2
1.4. Estrutura do trabalho .....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Base de dados e seleção das publicações utilizadas na revisão.....	4
2.2. Categorização e análise descritiva das publicações selecionadas .....	5
2.3. Distribuição das publicações em função do tipo de trabalho e do tópico de investigação ..	8
2.4. Análise e síntese da literatura .....	10
2.4.1. <i>Lean Manufacturing</i> e TPM.....	10
2.4.2. TPM e Manutenção.....	16
2.4.3. <i>Lean Maintenance</i> e Manutenção .....	24
2.4.4. <i>Lean Maintenance</i> e TPM .....	27
2.5. Principais contribuições da análise da literatura .....	27
3. CONSTRUÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	29
3.1. Estrutura do questionário .....	29
3.1.1. Conteúdo do questionário .....	29
3.1.2. Caracterização da organização .....	30
3.1.3. Práticas Lean na Manutenção da organização.....	33
3.1.4. Práticas TPM na organização .....	39
3.2. Validação do questionário.....	44
4. ANÁLISE DE RESULTADOS .....	47
4.1. Análise estatística descritiva .....	47
4.1.1. Caracterização da amostra.....	47
4.1.2. Práticas <i>Lean Maintenance</i> na organização.....	50
4.1.3. Práticas TPM na organização .....	62
4.2. Análise estatística inferencial.....	71
4.2.1. Análise da consistência interna através do Alfa de Cronbach .....	71
4.2.2. Testes de hipóteses.....	75
5. CONCLUSÃO .....	97
5.1. Conclusões finais .....	97
5.2. Limitações e investigação futura.....	99

---

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
----------------------------------	-----

página propositadamente em branco



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - O processo cíclico da Investigação-Ação (adaptado de <i>Susman &amp; Evered, 1978</i> ).....	3
Figura 2 - Representação esquemática da análise sistemática da literatura.....	4
Figura 3 - Descrição do processo de pesquisa e de seleção das publicações .....	5
Figura 4 - Categorização das publicações de acordo com o ano de publicação .....	6
Figura 5 - Distribuição das publicações em função do tipo de publicação .....	6
Figura 6 - Distribuição dos artigos de acordo com a revista em que foram publicados .....	7
Figura 7 - Distribuição dos <i>proceedings</i> de acordo com a conferência em que foram apresentados	8
Figura 8 - Distribuição temporal das publicações em função do tópico de investigação .....	9
Figura 9 - Apresentação do questionário .....	30
Figura 10 - Questões 1 e 2 do questionário .....	31
Figura 11 - Questões 3 e 4 do questionário .....	31
Figura 12 - Questões 5 e 6 do questionário .....	32
Figura 13 - Questão 7 do questionário.....	32
Figura 14 - Questão 8 do questionário.....	33
Figura 15 - Questão 8.1 do questionário.....	34
Figura 16 - Questão 8.2 do questionário.....	35
Figura 17 - Questão 8.3 do questionário.....	36
Figura 18 - Questão 8.4 do questionário.....	37
Figura 19 - Questão 8.5 do questionário.....	38
Figura 20 - Questão 8.6 do questionário.....	39
Figura 21 - Questão 9 do questionário.....	40
Figura 22 - Questão 9.1 do questionário.....	40
Figura 23 - Questão 9.2 do questionário.....	41
Figura 24 - Questão 9.3 do questionário.....	42
Figura 25 - Questão 9.4 do questionário.....	43
Figura 26 - Questão 9.5 do questionário.....	44
Figura 27 - Formulação inicial para a nona questão do questionário.....	44
Figura 28 - Distribuição da amostra de acordo com a localização das organizações .....	48
Figura 29 - Distribuição da amostra em função do setor de atividade .....	48
Figura 30 - Distribuição da amostra em função da dimensão das organizações .....	49
Figura 31 - Distribuição da amostra em função da dimensão da equipa de manutenção .....	49
Figura 32 - Distribuição da amostra de acordo com o departamento em que o inquirido exerce a sua função .....	50
Figura 33 - Distribuição da amostra em função das habilitações dos inquiridos.....	50
Figura 34 - Nível de implementação das práticas <i>Lean</i> nas organizações participantes .....	51
Figura 35 - Nível de implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> de forma simultânea com os 5S .....	52
Figura 36 - Nível de implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> de forma simultânea com a gestão visual.....	52
Figura 37 - Nível de implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> de forma simultânea com o <i>Daily Kaizen</i> .....	53

Figura 38 - Impacto decorrente da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> na dimensão da qualidade.....	53
Figura 39 - Nível de impacto da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da flexibilidade.....	55
Figura 40 - Nível de impacto da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da produtividade.....	56
Figura 41 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da segurança .....	58
Figura 42 - Nível de impacto da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão dos custos .....	59
Figura 43 - Número de práticas TPM implementadas em cada organização .....	62
Figura 44 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da qualidade .....	63
Figura 45 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da flexibilidade .....	64
Figura 46 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da produtividade .....	66
Figura 47 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da segurança .....	67
Figura 48 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão dos custos.....	69
Figura 49 - Valor obtido para o alfa de Cronbach relativamente ao grupo de questões no âmbito das práticas <i>Lean Maintenance</i> através do SPSS.....	72
Figura 50 – Valores obtidos para o alfa de Cronbach quando cada um dos itens é excluído para o grupo das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	73
Figura 51 - Valor obtido para o alfa de Cronbach relativamente ao grupo de questões no âmbito das práticas TPM através do SPSS .....	73
Figura 52 - Valores obtidos para o alfa de Cronbach quando cada um dos itens é excluído para o grupo das práticas TPM.....	74
Figura 53 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de colaboradores e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	76
Figura 54 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de colaboradores e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas TPM .....	76
Figura 55 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de operadores da manutenção e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	77
Figura 56 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de operadores da manutenção e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas TPM.....	78
Figura 57 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	79
Figura 58 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	79

Figura 59 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	80
Figura 60 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> . 80	
Figura 61 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	81
Figura 62 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para a variável número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	81
Figura 63 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	82
Figura 64 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	83
Figura 65 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	83
Figura 66 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM... 84	
Figura 67 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	84
Figura 68 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas TPM 85	
Figura 69 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	85
Figura 70 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	86
Figura 71 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	87
Figura 72 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	87
Figura 73 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	88
Figura 74 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	88
Figura 75 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> .....	89
Figura 76 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	90

Figura 77 - Comparações entre os grupos do número de operadores da manutenção, relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	90
Figura 78 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM...	91
Figura 79 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas TPM	91
Figura 80 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	92
Figura 81 - Resultado do teste de Kruskall-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas TPM .....	92
Figura 82 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> na qualidade e impacto das práticas TPM na qualidade .....	93
Figura 83 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> na flexibilidade e impacto das práticas TPM na flexibilidade.....	93
Figura 84 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> na produtividade e impacto das práticas TPM na produtividade .....	93
Figura 85 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> na segurança e impacto das práticas TPM na segurança .....	94
Figura 86 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> nos custos e impacto das práticas TPM nos custos.....	94
Figura 87 - Resultado do teste de Mann-Whitney para o impacto das práticas <i>Lean Maintenance</i> e TPM em cada dimensão do desempenho operacional.....	95

página propositadamente em branco



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Categorização das publicações em função do tópico de investigação e da vertente do trabalho desenvolvido .....	9
Tabela 2 - Principais contribuições da literatura, no âmbito da implementação das ferramentas <i>Lean</i> de forma simultânea com o TPM .....	10
Tabela 3 - Principais contribuições da literatura, no âmbito da implementação do TPM e do seu impacto na manutenção .....	16
Tabela 4 – Distribuição do número de inquéritos enviados/respondidos e do rácio de resposta obtido .....	47
Tabela 5 - Implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> e TPM de acordo com a dimensão das organizações .....	49
Tabela 6 - Grau de implementação das práticas <i>Lean</i> na gestão da manutenção .....	51
Tabela 7 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da qualidade.....	54
Tabela 8 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> na dimensão da qualidade .....	54
Tabela 9 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da flexibilidade.....	55
Tabela 10 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> na dimensão da flexibilidade ....	56
Tabela 11 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da produtividade.....	57
Tabela 12 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> na dimensão da produtividade .	57
Tabela 13 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão da segurança .....	58
Tabela 14 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> na dimensão da segurança.....	59
Tabela 15 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> para cada característica da dimensão dos custos .....	60
Tabela 16 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> na dimensão dos custos .....	60
Tabela 17 - Nível de impacto médio da implementação das práticas <i>Lean Maintenance</i> em cada dimensão do desempenho operacional.....	61
Tabela 18 - Grau de impacto de cada prática <i>Lean Maintenance</i> no desempenho operacional ....	61
Tabela 19 - Grau de implementação das práticas TPM nas organizações .....	62
Tabela 20 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da qualidade .....	63
Tabela 21 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da qualidade.....	64
Tabela 22 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da flexibilidade .....	65
Tabela 23 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da flexibilidade .....	65
Tabela 24 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da produtividade .....	66
Tabela 25 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da produtividade.....	67
Tabela 26 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da segurança .....	68
Tabela 27 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da segurança .....	68

---

Tabela 28 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão dos custos.....	69
Tabela 29 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão dos custos.....	70
Tabela 30 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM em cada dimensão do desempenho operacional .....	70
Tabela 31 - Grau de impacto de cada prática TPM no desempenho operacional.....	71
Tabela 32 - Nível de consistência interna de acordo com o valor do alfa de Cronbach (adaptado de George & Mallery, 2019).....	74

página propositadamente em branco



## LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

### Lista de Siglas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
A3	<i>A3 Problem Solving</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CO2	Dióxido de carbono
CMMS	<i>Computerized maintenance management system</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
LMI	<i>Lean Maintenance Index</i>
MELM	<i>Military Equipment Lean Maintenance</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPL	<i>One-Point Lesson</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>
RCFA	<i>Root Cause and Failure Analysis</i>
SMART	<i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time Based</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WID	<i>Waste Identification Diagram</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

página propositadamente em branco

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizada a contextualização da presente dissertação, respondendo a diversas questões tais como a pertinência para o desenvolvimento da mesma, sendo também abordados os principais objetivos e a metodologia seguida, descrevendo posteriormente a sua estrutura.

### 1.1. Enquadramento e pertinência

No ambiente altamente dinâmico e de constante evolução tecnológica que caracteriza os tempos atuais, o aumento da competitividade global tem levado as empresas a olhar de forma determinada para o desempenho de cada um dos seus departamentos, de forma a conseguir obter vantagem competitiva (Ahuja & Kumar, 2009). De uma forma particular, as indústrias transformadoras e de manufatura têm sofrido mudanças profundas nas últimas décadas, desde drásticas alterações nas abordagens de gestão e tecnologias de fabrico, bem como o aumento de pressões por parte de clientes e fornecedores. Esses desafios, de uma forma global, estão a obrigar as empresas a procurar a melhoria contínua dos seus processos e produtos, através da implementação de ferramentas estratégicas e proativas, de forma a que as mesmas possam ser competitivas nos ambientes onde estão inseridas (Ahuja & Khamba, 2008).

Neste contexto, a filosofia *Lean*, vulgarmente designada de *Lean Manufacturing*, surge como um modelo de gestão cujo objetivo é o desenvolvimento de pessoas, processos e sistemas, tendo em vista a eliminação do desperdício em toda a estrutura organizacional e a criação de valor para todas as partes interessadas, permitindo, para além de reduzir custos, dispor de um negócio mais rápido e flexível no mercado (Pinto, 2014). Esta abordagem engloba várias metodologias e ferramentas que visam melhorar o desempenho operacional dos sistemas produtivos, onde se incluem, o *standard work*, o VSM, o SMED, a gestão visual, os 5S, entre muitas outras (Oliveira et al., 2017).

Durante muito tempo, a manutenção industrial foi colocada em segundo plano, considerada com um mal necessário para as empresas, sendo que muitas delas empregavam uma estratégia reativa para a mesma, substituindo as máquinas apenas quando estas paravam de trabalhar (Swanson, 2001). No entanto, fruto do aumento exponencial em termos de investimento requerido para a aquisição de equipamentos, passou a ser de vital importância apostar em estratégias de manutenção eficazes e eficientes, de forma a conseguir uma melhoria do desempenho dos sistemas produtivos (Attri et al., 2013).

Desta forma, as empresas têm vindo a substituir esse tipo de abordagem reativa por estratégias proativas e agressivas para a manutenção, como é o caso do TPM, que combina atividades de manutenção preventiva e preditiva, de forma a evitar a ocorrência de falhas no equipamento, procurando simultaneamente melhorar a função e o design dos equipamentos (Swanson, 2001).

O TPM surge como uma metodologia para a melhoria da produtividade e da qualidade, que consiste numa abordagem inovadora para a manutenção, voltada para a otimização da eficiência dos equipamentos, procurando a eliminação de falhas/avarias, de forma a possibilitar o aumento do ciclo de vida das máquinas, nas condições ideais de funcionamento das mesmas (Singh et al., 2013).

No sentido de aplicar os princípios e ferramentas da filosofia *Lean* à manutenção, surge, no final do século XX, o conceito de *Lean Maintenance*, uma abordagem de manutenção proativa que emprega

atividades de manutenção planeada e programada, através da integração do TPM (Mostafa et al., 2015a), usando ferramentas tais como: 5S, eventos *Kaizen* e também atividades de manutenção autónoma, juntamente com a manutenção especializada, realizada por técnicos de manutenção, suportada por um sistema informatizado de manutenção (CMMS) e por ferramentas de engenharia da manutenção, como é o caso da RCFA.

De uma forma geral, o *Lean Maintenance* constitui uma abordagem holística da manutenção (Baluch et al., 2012), ao passo que o TPM surge como uma metodologia mais orientada para as atividades de manutenção, de forma a complementar as práticas *Lean* na manutenção.

Desta forma, a presente dissertação pretende estudar a relação entre o *Lean Maintenance* e o TPM, a importância e os efeitos de ambos na manutenção e no seu desempenho, e, por fim, as similaridades, diferenças e a relação entre ambas as abordagens. Com a realização de uma extensa revisão da literatura, e em função dos contributos e da pertinência da mesma, desenvolveu-se um questionário de forma a identificar e avaliar as práticas vigentes na manutenção da indústria portuguesa.

## 1.2. Questão e objetivos de investigação

A temática principal deste trabalho consiste no estudo do impacto decorrente da implementação das abordagens para a manutenção, o *Lean Maintenance* e o TPM, partindo da seguinte questão: “Quais as estratégias e práticas de manutenção vigentes nas organizações portuguesas, e de que forma possibilitam a redução sistemática dos desperdícios identificados?”

O objetivo geral do trabalho será perceber os benefícios obtidos com a implementação, quer do TPM quer do *Lean Maintenance*, no seguimento dos seguintes objetivos:

- Analisar e quantificar os ganhos decorrentes da implementação do TPM e do *Lean Maintenance*;
- Avaliar de que forma é que o TPM e o *Lean Maintenance* se relacionam entre si.

## 1.3. Opções metodológicas

A metodologia de investigação escolhida para a realização deste trabalho foi o *Action Research*. Esta pode ser descrita como uma família de metodologias de investigação que incluem ação (ou mudança) e investigação (ou compreensão) ao mesmo tempo, utilizando um processo cíclico ou em espiral, que alterna entre ação e reflexão crítica.

O *Action Research*, vulgarmente designado por Investigação-Ação, caracteriza-se pelo facto de se tratar de uma metodologia de pesquisa, essencialmente prática e aplicada, que se rege pela necessidade de resolver problemas reais. É possível destacar as seguintes características relativas a esta metodologia:

- Participativa e colaborativa, no sentido em que implica todos os intervenientes no processo;
- Prática e interventiva, pois não se limita ao campo teórico, intervindo numa realidade;
- Cíclica, porque a investigação envolve uma espiral de ciclos, nos quais as descobertas iniciais geram possibilidades de mudança, que são então implementadas e avaliadas como introdução do ciclo seguinte;

-Auto-avaliativa, porque as modificações são continuamente avaliadas, numa perspetiva de produção de novos conhecimentos (Coutinho et al., 2009).

Esta metodologia, sendo um processo cíclico, envolve as seguintes fases:

- Diagnóstico, onde se identificou e definiu a questão orientadora da investigação;
- Planeamento da ação, onde se procedeu à realização de um estudo aprofundado da literatura relacionada com as temáticas-chave da investigação, descrito no capítulo 2;
- Tomada de decisão, tendo-se desenvolvido um questionário remetido a elementos das organizações inquiridas;
- Avaliação, onde se estudaram as respostas obtidas;
- Especificação da aprendizagem, onde se retiraram conclusões relativamente à caracterização do estado da implementação e do efeito das práticas em estudo na indústria portuguesa (Susman & Evered, 1978).

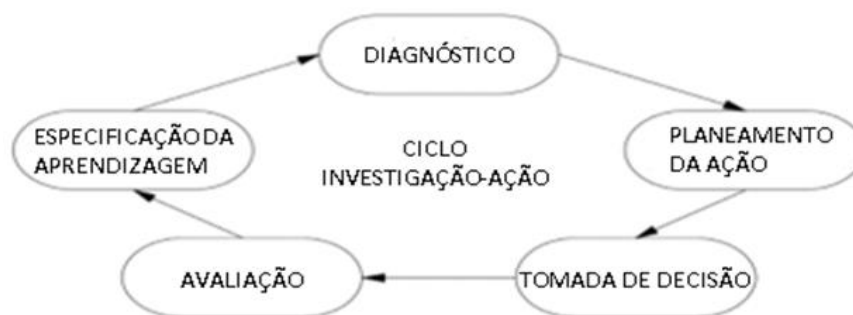


Figura 1 - O processo cíclico da Investigação-Ação (adaptado de *Susman & Evered, 1978*)

#### 1.4. Estrutura do trabalho

A presente dissertação encontra-se subdividida em 5 capítulos. No primeiro capítulo, é feita uma introdução, enquadrando-se a pertinência do trabalho, bem como os objetivos decorrentes da sua realização. No segundo capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica relativa às temáticas em estudo e a relação entre elas, nomeadamente: *lean*, *TPM*, *maintenance* e *lean maintenance*. No terceiro capítulo, procede-se ao desenvolvimento do questionário, que constitui a base para o estudo do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean* na manutenção e do *TPM* na indústria portuguesa. O quarto capítulo diz respeito à análise estatística dos dados obtidos a partir dos questionários, primeiramente a nível descritivo e também com recurso a testes de hipóteses. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões a retirar do estudo realizado, terminando com a apresentação de hipóteses para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tal como referido anteriormente, esta pesquisa teve por base uma análise sistemática da literatura, adequada para avaliar sistematicamente a contribuição de uma determinada literatura, de forma a garantir a qualidade do processo e dos resultados da revisão, através de um processo claro e reproduzível (Crossan & Apaydin, 2010). Esta abordagem assenta em 3 grandes etapas, realizadas de forma sequencial, como é possível verificar através da figura 2 (Tranfield et al., 2003).

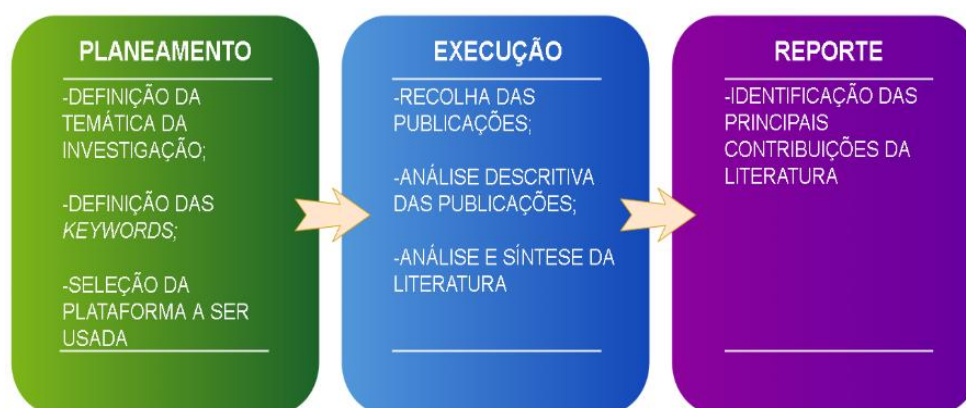


Figura 2 - Representação esquemática da análise sistemática da literatura

### 2.1. Base de dados e seleção das publicações utilizadas na revisão

A plataforma *Web of Science* (WoS) foi a escolhida para o desenvolvimento da pesquisa, uma vez que esta agrupa publicações de várias revistas e conferências de renome na área em estudo. O processo de pesquisa começou com a definição das *keywords* orientadoras da pesquisa, sendo elas: “*lean*”, “*TPM*” e “*maintenance*”, tendo-se levado a cabo a pesquisa em todas as bases de dados disponíveis na plataforma e estabelecendo-se o intervalo temporal compreendido entre 1900 e junho de 2020, que constitui o espectro máximo temporal de pesquisa da plataforma. Desta forma, obteve-se uma amostra inicial de 85 publicações. Realizou-se então uma nova pesquisa, tendo-se introduzido uma nova *keyword*, “*lean maintenance*”, focada na utilização específica do termo ao longo do texto de cada artigo, excluindo a parte dos agradecimentos e referências, obtendo-se uma amostra inicial de 34 publicações, perfazendo um total de 119 publicações no total, das quais 98 desse mesmo conjunto, constituíram a base para a investigação, tal como demonstrado através da figura 3.

De forma a efetuar a análise da literatura, foi criada uma base de dados, com recurso ao MS Excel®, onde foram identificados, para cada publicação, os objetivos da investigação, as principais contribuições, bem como as lacunas mencionadas por cada um dos autores dessas mesmas publicações. Os artigos também foram classificados em 4 grupos, sendo eles: “*lean*”, “*TPM*”, “*maintenance*” e “*lean maintenance*”, com base no conteúdo de cada publicação.

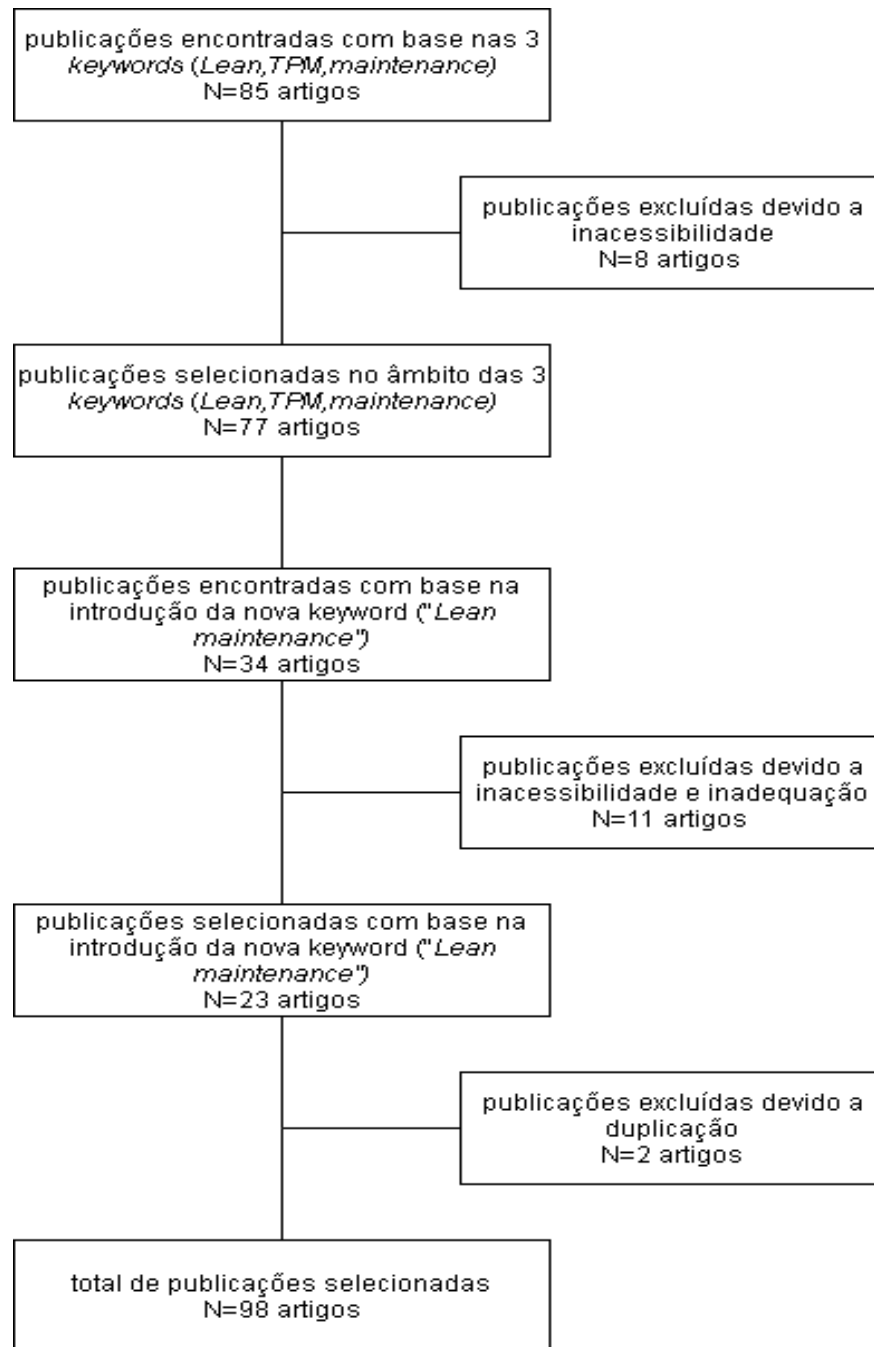


Figura 3 - Descrição do processo de pesquisa e de seleção das publicações

## 2.2. Categorização e análise descritiva das publicações selecionadas

As publicações selecionadas foram categorizadas, de acordo com vários critérios, tendo-se começado por organizar as mesmas em função do ano de publicação. Constatou-se que, nos últimos anos, em particular a partir de 2011, se tem verificado um crescimento no que diz respeito às publicações no âmbito da área em estudo, o que revela, para além de um crescente interesse na área em estudo, a atualidade e pertinência do *Lean Manufacturing* e das suas práticas orientadas para a manutenção industrial, o *Lean Maintenance* e o TPM.

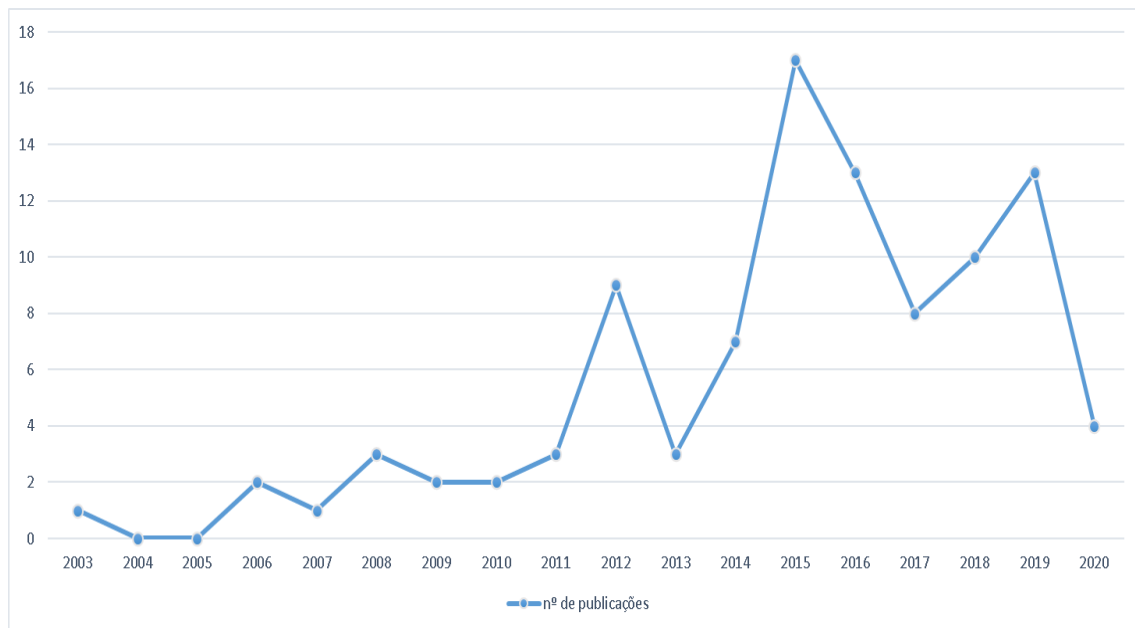


Figura 4 - Categorização das publicações de acordo com o ano de publicação

De seguida, as publicações foram organizadas de acordo com o tipo de documento (figura 5), tendo-se verificado uma predominância de artigos no conjunto de publicações, mas, ainda assim, um número considerável de *proceedings* apresentados em conferências, o que pode ser justificado com o facto de que este tipo de publicação, por norma, requer um menor tempo de feedback quando comparado com os artigos, que passam por um processo de revisão exaustivo antes de serem publicados nas revistas científicas.

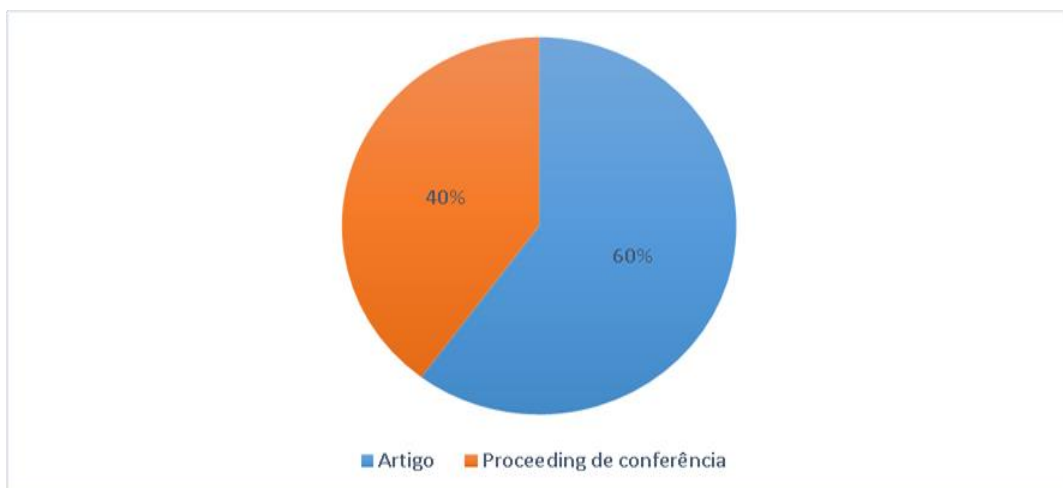


Figura 5 - Distribuição das publicações em função do tipo de publicação

Relativamente à fonte de publicação dos artigos (figura 6), identificaram-se várias revistas, mais concretamente 47 revistas, sendo que aquelas que constituíram um maior número de publicações foram: o *International Journal of Quality & Reliability Management*, o *Journal of Manufacturing Technology Management*, o *International Journal of Production Research* e o *Journal of Korea Safety Management & Science*, todas elas com 3 publicações cada uma.

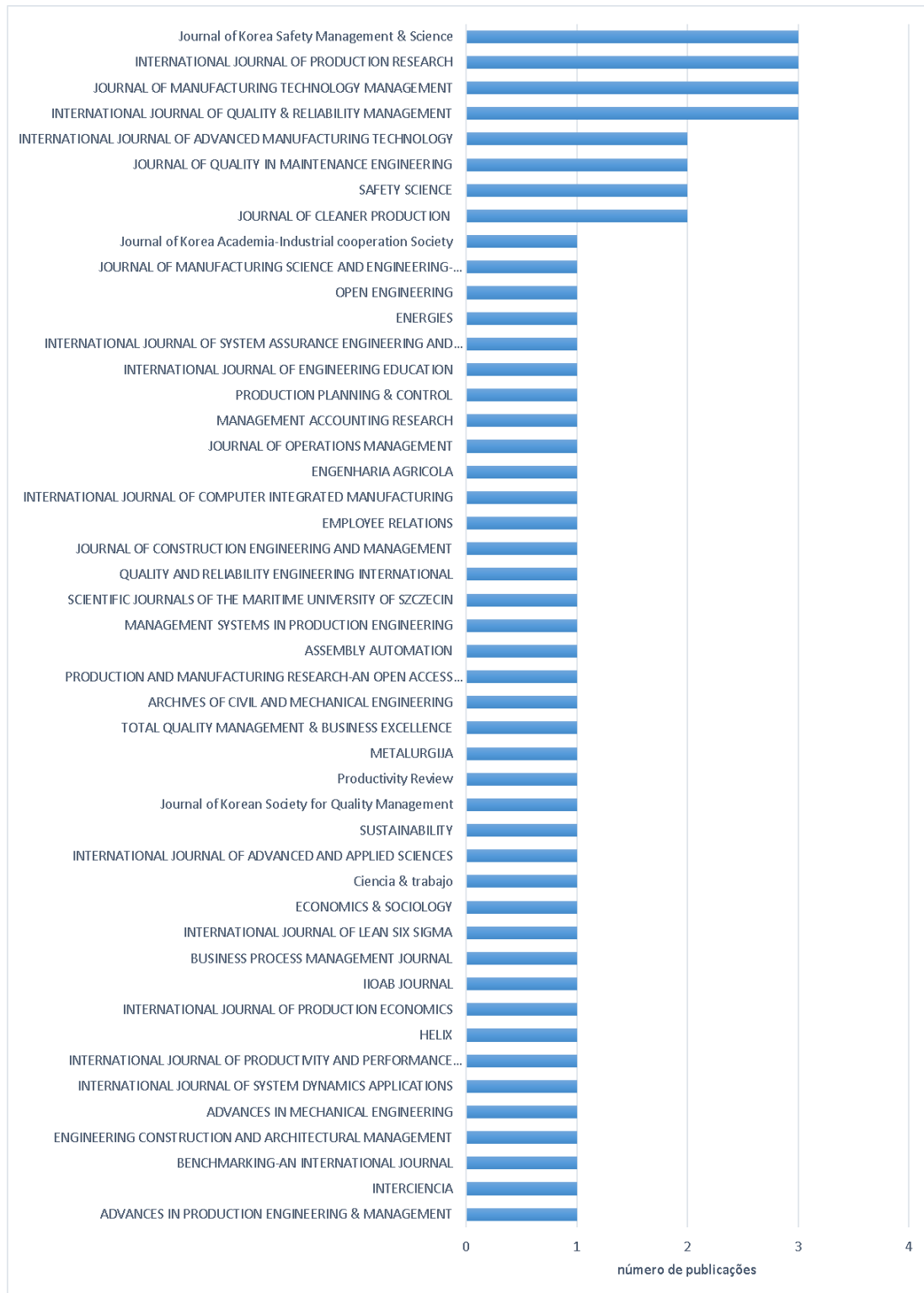


Figura 6 - Distribuição dos artigos de acordo com a revista em que foram publicados

No que diz respeito aos *proceedings* apresentados em conferências (figura 7), identificaram-se 36 conferências, sendo as que reuniram um maior número de publicações as seguintes: a IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM-2016), 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM-2015) e a International Congress on Interdisciplinary Business and Social Sciences 2012 (ICIBSOS 2012).



Figura 7 - Distribuição dos *proceedings* de acordo com a conferência em que foram apresentados

### 2.3. Distribuição das publicações em função do tipo de trabalho e do tópico de investigação

As publicações foram então organizadas numa lista, de acordo com o seu conteúdo, conforme apresentado na tabela 1, no sentido de estabelecer uma relação entre as *keywords* inicialmente definidas, tendo-se identificado 4 tópicos de investigação. No que diz respeito aos tópicos de investigação, verificou-se um maior número de publicações relativas no tópico acerca da relação entre “Lean e TPM”, uma vez que o TPM no âmbito das práticas *Lean Manufacturing* é atualmente uma ferramenta já bastante estudada. Desta forma, verifica-se também, de forma natural, que o tópico “TPM e manutenção” reúne um grande número de literatura, já que o TPM se apresenta desde há algum tempo como a principal metodologia para a manutenção industrial.

Relativamente ao tipo de trabalho desenvolvido, observa-se uma predominância de trabalhos orientados para a vertente prática, onde se incluem a realização de questionários e a aplicação de ferramentas ou metodologias pré-definidas, havendo também um grande número de trabalhos que conjugam a parte teórica com a prática, tal como o desenvolvimento e posterior validação de *frameworks* através da realização de casos de estudo.

Tabela 1 - Categorização das publicações em função do tópico de investigação e da vertente do trabalho desenvolvido

TÓPICO TIPO DE TRABALHO	"LEAN E TPM"	"TPM E MANUTENÇÃO"	"TPM E LEAN MAINTENANCE"	"LEAN MAINTENANCE E MANUTENÇÃO"	TOTAL (%)
TEÓRICO	14	5	1	5	25 (25,5%)
APLICAÇÃO	13	21	1	3	38 (38,8%)
AMBOS	13	7	3	12	35 (35,7%)
TOTAL (%)	40 (40,8%)	33 (33,7%)	5 (5,1%)	20 (20,4%)	98 (100%)

Para além desta categorização, organizaram-se temporalmente as publicações de acordo com o tópico de investigação, tal como mostra a figura 8. É possível verificar que, apesar do TPM como parte integrante do *Lean* ter vindo a ser recorrentemente estudado, nos últimos anos, particularmente a partir de 2015, têm surgido várias publicações no âmbito do *Lean Maintenance*, o que é revelador da pertinência desta temática como uma área de destaque para a investigação.

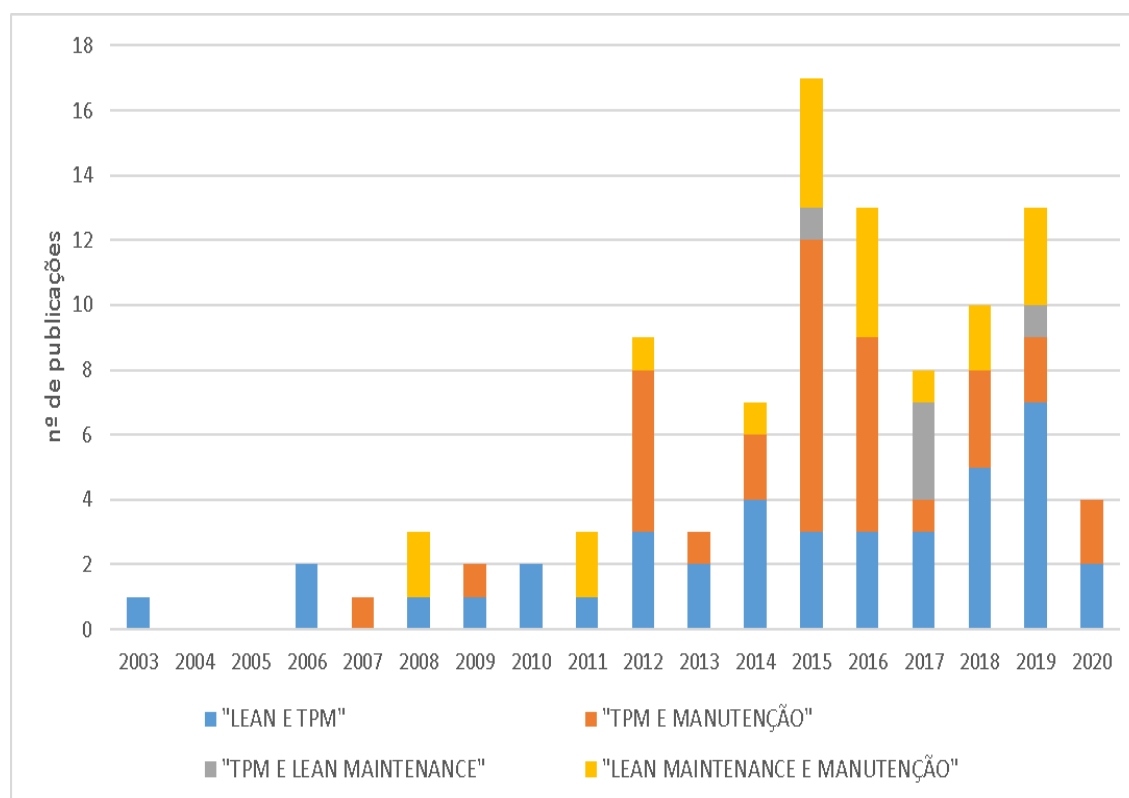


Figura 8 - Distribuição temporal das publicações em função do tópico de investigação

## 2.4. Análise e síntese da literatura

### 2.4.1. *Lean Manufacturing* e TPM

O *Lean Manufacturing* engloba um conjunto de ferramentas e técnicas que funcionam de forma sinérgica (Mostafa et al., 2015b), visando a criação de um sistema simplificado e de alta qualidade, orientado para a produção de acordo com o ritmo da procura dos clientes (Kumar et al., 2006), através do aumento da eficiência e da diminuição de custos através da eliminação de atividades sem valor agregado e ineficiências ao longo do processo produtivo (Belekoukias et al., 2014).

Esta filosofia de gestão tem vindo a ser amplamente implementada pelas organizações que procuram alcançar a excelência operacional e, assim, atender aos objetivos organizacionais, tais como: eficiência, capacidade de resposta, qualidade e satisfação do cliente (Garza-Reyes et al., 2018). Entre as principais ferramentas que sustentam o *Lean Manufacturing*, é possível identificar: o VSM, os 5S, o SMED, o TPM (Chiarini, 2014), o JIT e o *kaizen*/melhoria contínua (Garza-Reyes et al., 2018).

O TPM surge como uma abordagem, sustentada por 8 pilares (Andersson et al., 2015), que contribui para a otimização das atividades de manutenção, a fim de se atingir a máxima eficiência dos equipamentos de produção (Belekoukias et al., 2014), sendo uma prática fundamental e basilar do *Lean Manufacturing*, orientado para a redução das falhas/avarias dos equipamentos e dos defeitos de produção (Binti Aminuddin et al., 2016).

Desta forma, o TPM pode ser um facilitador essencial para melhorar o desempenho da produção e apoiar a redução de desperdícios (Andersson et al., 2015), proporcionando, através da sua integração no *Lean Manufacturing*, um conjunto abrangente e consistente de práticas/ferramentas direcionadas para o aumento do desempenho operacional (Bakri et al., 2012).

Os ganhos decorrentes, quer das implementações do TPM, de forma simultânea ou integrada com ferramentas *Lean*, mas também do estudo das mesmas, identificadas na literatura, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Principais contribuições da literatura, no âmbito da implementação das ferramentas *Lean* de forma simultânea com o TPM

Autor/Ano	Título	Ganhos
(Kumar et al., 2006)	Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study	A implementação do TPM, inserido num <i>framework</i> baseado no <i>Lean Six Sigma</i> permitiu uma diminuição de 6% do tempo de inatividade dos equipamentos, contribuindo para uma poupança estimada em mais de 40.000 dólares por ano, resultando numa redução de custos de 140.000 dólares por ano, fruto da contribuição de todas as práticas implementadas, onde se incluem os 5S e o VSM.

Autor/Ano	Título	Ganhos
(Belekoukias et al., 2014)	The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations	Investigou-se o impacto de 4 ferramentas <i>Lean</i> (JIT, automação, <i>kaizen</i> e VSM) juntamente com o TPM, no desempenho operacional da indústria de manufatura através da realização de um questionário, tendo-se identificado que o JIT e a automação proporcionaram um maior impacto na melhoria em todas as cinco métricas individuais investigadas (custo, rapidez, fiabilidade, qualidade e flexibilidade) e, conseqüentemente, no desempenho global das organizações.
(Gallardo et al., 2014)	Productivity Gains in a Line Flow Precast Concrete Process after a Basic Stability Effort	Concebeu-se um modelo que possibilitou a estabilização da implementação das ferramentas <i>Lean</i> no processo de fabrico de betão pré-moldado, de forma a conseguir ganhos sustentados, com foco no método e na mão de obra. As ferramentas <i>Lean</i> previamente implementadas (VSM, 5S e <i>Kanban</i> ) e o TPM proporcionaram um aumento de produtividade de 25%, sendo que após a implementação de uma abordagem simples para a estabilização, obteve-se um ganho adicional de 24%.
(Chiarini, 2014)	Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers	Investigou-se o papel de várias ferramentas na redução dos impactos ambientais das empresas de manufatura, tendo-se verificado que os 5S, o VSM e o SMED, proporcionaram benefícios para o ambiente, especificamente através da redução do vazamento de óleo no chão de fábrica e da redução nas emissões de poeira e fumo, como compostos orgânicos voláteis e amónia.
(Bevilacqua et al., 2015)	A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector	De forma a conseguir um aumento da rapidez na execução de <i>change-overs</i> na linha de embalagem de uma empresa farmacêutica, implementaram-se várias ferramentas <i>Lean</i> , tendo a implementação do SMED levado uma redução de 61,5% do tempo médio de <i>change-over</i> . Além disso, a implementação do <i>Kanban</i> e 5S resultou numa pequena diminuição do tempo médio do processo (2,6%), mas reduziu consistentemente o desvio padrão do tempo do processo (29,1%).

Autor/Ano	Título	Ganhos
(Wakchaure et al., 2015)	A Conceptual Framework for Effective Implementation of Integrated Manufacturing Practices	Desenvolveu-se um <i>framework</i> para a implementação de ferramentas <i>Lean</i> , com o objetivo de se atingir o nível de excelência na capacidade de fabrico, tendo sido aplicado num fabricante de componentes para a indústria automóvel. A implementação dos 5S permitiu que o índice de segurança atingisse para 100%, não se tendo registado qualquer acidente. Conseguiu-se reduzir o tempo de substituição dos relés, de 40 minutos para alguns minutos, tendo-se registado também melhorias ao nível dos tempos de <i>setup</i> e da disponibilidade dos equipamentos.
(Gungor & Evans, 2016)	Addressing environmental and economic impacts of changeover operations through manufacturing strategies	Investigou-se o impacto económico e ambiental da implementação de ferramentas <i>Lean</i> relacionadas com operações de <i>change-over</i> , tendo-se identificado que o TPM e o JIT impactam o <i>change-over</i> de forma muito positiva.
(Rajnoha et al., 2018)	The Use of Lean Methods in Central Eastern European Countries: The Case of Czech and Slovak Republic	Estudou-se a extensão da utilização de metodologias <i>Lean</i> na República Checa e na Eslováquia, sendo que no geral, na República Checa, o uso dos métodos pesquisados é mais frequente do que na República Eslovaca, pelo que a República Checa poderá obter uma vantagem competitiva sobre a Eslováquia no futuro, fruto de uma maior eficiência e produtividade das plantas industriais, pelo que se recomenda que as empresas eslovacas orientem os seus esforços para implementar as ferramentas <i>Lean</i> nos seus departamentos.
(Habidin et al., 2018)	Total productive maintenance, kaizen event, and performance	Um estudo levado a cabo na indústria automóvel revelou que o impacto do TPM no desempenho aumenta com a mediação do <i>Kaizen</i> , demonstrando que a implementação das práticas, de forma combinada, pode ser extremamente valiosa para as organizações.

Autor/Ano	Título	Ganhos
(Garza-Reyes et al., 2018)	The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations	Realizou-se um estudo na indústria de manufatura, relativo ao impacto de ferramentas no ambiente, entre os quais: JIT, automação, melhoria contínua/ <i>kaizen</i> , TPM e VSM, tendo-se verificado que o TPM tem um efeito positivo na utilização de materiais, na qualidade e na libertação de poluentes, sendo a ferramenta que produziu um efeito mais forte na redução dos consumos energéticos.
(Yahya et al., 2019)	Awareness, implementation, effectiveness and future use of lean tools and techniques in Malaysia organisations: a survey	Investigou-se a utilização das ferramentas e técnicas <i>Lean</i> no contexto organizacional da Malásia, no que diz respeito aos resultados da implementação, nível de eficácia, consciencialização e potencial utilização futura das mesmas. Os resultados mostraram que os 5S, <i>Standard Work</i> e o <i>Kaizen</i> são as ferramentas <i>Lean</i> mais populares nas empresas da Malásia, tendo-se destacado a importância do conhecimento da gestão de topo, ao nível das ferramentas e técnicas <i>Lean</i> , com base no seu modelo de negócio, a fim de adotar e, conseqüentemente, melhorar o seu conhecimento das ferramentas e técnicas <i>Lean</i> que estão em falta.
(Valverde-Curi et al., 2019)	Lean Management Model for Waste Reduction in the Production Area of a Food Processing and Preservation SME	Projetou-se um <i>framework</i> orientado para a indústria de processamento de alimentos, baseado em ferramentas <i>Lean</i> que suportam a resolução de problemas, como a redução de tempos e desorganização, procurando o aumento da produtividade, entre as quais se incluem os 5S e o SMED. Esta abordagem ajudou a reduzir o tempo de manutenção em aproximadamente 25% e, ao mesmo tempo, permitiu o treino de pessoal mais qualificado para lidar com essas situações. Os 5S ajudaram a definir um standard em termos de organização, através da qual as melhorias poderiam ser padronizadas. Com a redução do tempo de <i>change-over</i> , através do SMED, estimou-se uma redução de custos na ordem dos 137.000 dólares/ano.
(Alkhalidi & Abdallah, 2019)	Lean management and operational performance in health care: Implications for business	Avaliou-se o impacto do <i>Lean</i> no desempenho operacional dos cuidados de saúde nos hospitais privados da Jordânia, tendo-se verificado que o TQM afeta positivamente o desempenho da qualidade, enquanto que o HRM afeta positivamente todas as dimensões do desempenho operacional (eficiência, qualidade e acessibilidade). Além disso, o JIT contribui

Autor/Ano	Título	Ganhos
	performance in private hospitals	positivamente para os desempenhos da eficiência e acessibilidade, enquanto o TPM influencia positivamente os desempenhos da qualidade e acessibilidade.
(Haddad & Otayek, 2019)	Assessing the Sustainment of a Lean Implementation Using System Dynamics Modeling: A Case Study of Apparel Manufacturing in Lebanon	Implementou-se o <i>Lean</i> numa empresa têxtil, tendo os desperdícios de produção sido identificados através de ferramentas como <i>Kanban</i> e o sistema de produção "Pull", sendo os possíveis impactos no sistema produtivo avaliados através de um modelo de dinâmica de sistemas, tendo o primeiro impacto visível sido a melhoria no rendimento da máquina e o aumento da produtividade do trabalhador como resultado da aplicação do TPM na costura e dos 5S em todas as fases da produção, especialmente no tingimento. Isso melhorou as condições de trabalho, como observado na taxa reduzida de absentismo, reduzindo assim a mão-de-obra necessária para a produção de 19 para 16 trabalhadores, com os três trabalhadores restantes a serem realocados. Registaram-se níveis de WIP de $8567 \pm 902$ peças registadas no chão de fábrica no mesmo período, em comparação com a média simulada de $8373 \pm 862$ peças, equivalendo a uma redução líquida real no WIP de 31%, em média, nos primeiros 3 meses, demonstrando que a modelação de sistemas dinâmicos pode efetivamente ser útil e fiável para verificar a sustentação a longo prazo do <i>Lean</i> em termos práticos.
(Chen et al., 2019)	Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and influence of Total Productive Maintenance and lean manufacturing	Realizou-se um estudo acerca da influência do TPM e das diferentes práticas <i>Lean</i> em diversas variáveis relacionadas, tendo-se verificado que as células de fabrico e a produção "pull" estão positivamente correlacionadas com os programas de redução de consumo de energia e água, e a melhoria contínua está correlacionada com materiais, água e / ou consumo de energia. De uma forma geral, a implementação das práticas <i>Lean</i> e do TPM teve um efeito positivo na melhoria de desempenho, de acordo com os inquiridos.

Autor/Ano	Título	Ganhos
(Leksic et al., 2020)	The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction	Com o propósito de identificar o conjunto de ferramentas <i>Lean</i> indicado para reduzir cada tipo de desperdício e determinar a melhor ordem sequencial para a implementação das mesmas, procedeu-se à realização de um questionário a diversas empresas de manufatura, tendo-se inferido que a implementação do <i>Lean</i> deve ser começar e ser suportada por: 5S, <i>Kaizen</i> , <i>Kanban</i> , <i>Poka - Yoke</i> e TPM, pois essas técnicas possibilitam a redução de vários tipos de desperdícios. Ao fazer isso, 5S e <i>Kaizen</i> devem ser implementados primeiro, <i>Kanban</i> e <i>Poka-Yoke</i> imediatamente depois, enquanto o TPM como a mais poderosa técnica de gestão de desperdícios deve ser implementado por último e com muito cuidado. Dessa forma, as empresas alcançarão um nível mais alto de maturidade <i>Lean</i> de forma mais rápida, enquanto o progresso será visível a todos os níveis.
(Heravi et al., 2020)	Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings' pre-fabricated steel frames using lean techniques	No sentido de promover a melhoria dos processos de produção, transporte e montagem de estruturas de aço pré-fabricadas, no que diz respeito ao consumo energético e emissões de CO <sub>2</sub> , implementaram-se várias ferramentas <i>Lean</i> , entre as quais o VSM e o JIT, tendo o TPM sido implementado no sentido de aumentar a eficiência dos equipamentos da fase de montagem e também no sentido de reduzir o standby dos equipamentos. Com a implementação destas ferramentas, conseguiu-se uma redução nos consumos energéticos e emissões de CO <sub>2</sub> de 9,2% e 4,4%, respetivamente, nos processos de produção e montagem. O uso simultâneo de técnicas <i>Lean</i> nos processos de produção e montagem de PSFs levou à melhoria significativa do desempenho dos processos, tendo-se verificado uma redução de 43% e 17% no tempo e custo dos processos de produção e montagem de PSFs, respetivamente. Estimou-se ainda que o consumo anual de energia e as emissões de CO <sub>2</sub> dos processos de produção e montagem de estruturas de aço em Teerão poderiam ser reduzidos em 45.988 Gigajoules e 932 toneladas, respetivamente.

## 2.4.2. TPM e Manutenção

O TPM pode ser definido como uma estratégia inovadora para a manutenção dos equipamentos (Wickramasinghe & Perera, 2016) tendo por base a otimização das atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, a fim de se atingir o nível máximo de eficiência dos equipamentos (Belekoukias et al., 2014), sendo suportado por 8 pilares, entre os quais: manutenção autónoma; melhorias específicas; manutenção planeada; manutenção da qualidade; educação e treino; controlo inicial; TPM “office” e saúde, segurança e ambiente (Andersson et al., 2015). Esta abordagem apresenta uma nova visão sobre a manutenção, como uma atividade necessária e estratégica para aumentar a competitividade, uma vez que afeta a capacidade, qualidade, custos, ambiente e segurança (Rolfesen & Langeland, 2012). De uma forma global, o TPM procura envolver a produção e a manutenção, fomentando o trabalho em equipa para reduzir o desperdício, minimizar o tempo de inatividade dos equipamentos e melhorar a qualidade do produto final (Bakri et al., 2012).

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) constitui a principal métrica dos efeitos da implementação do TPM, revelando a eficiência de um determinado equipamento ou processo produtivo (Michlowicz, 2015) em função de três fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade (Chundhoo et al., 2018). Este indicador, influenciado quer pela produção quer pela manutenção, apresenta oportunidades ocultas, isto é, dá a conhecer o potencial para melhorar a eficiência dos equipamentos e processos (K. C. Ng et al., 2014)

Os ganhos decorrentes da implementação do TPM, ao nível da eficiência operacional, bem como os pilares implementados foram identificados e analisados, tal como mostra a tabela 3.

Tabela 3 - Principais contribuições da literatura, no âmbito da implementação do TPM e do seu impacto na manutenção

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
(Santos et al., 2011)	Development of a wireless Plug&Lean system for improving manufacturing equipment diagnosis	N/A	Desenvolveu-se um sistema denominado <i>Plug &amp; Lean</i> , baseado no TPM, com o objetivo de fornecer um diagnóstico fiável do estado atual do equipamento, focando-se na exibição de informações gráficas relativas às restrições de desempenho do equipamento em direção às atividades de melhoria, permitindo a recolha de dados dos equipamentos de produção com alta precisão e com menos esforço. O primeiro caso de estudo teve lugar numa

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
			<p>empresa que fabrica soluções de revestimento de madeira natural, em 2004. A variabilidade inicial da disponibilidade e do desempenho da linha foi eliminada, tendo-se conseguido um aumento do OEE de 53,5% para 74,7%. O segundo caso de estudo ocorreu numa grande produtora de pão, em 2009, ao longo de 5 linhas de produção, tendo-se registado uma melhoria do OEE de 82,7% para 86,2%.</p>
(K. C. Ng et al., 2014)	<p>Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through the Six Sigma Methodology in a Semiconductor firm: A Case Study</p>	N/A	<p>Implementou-se a metodologia Seis Sigma, como base no ciclo DMAIC, para mitigar o <i>bottleneck</i> que afetava o desempenho do OEE, num fabricante de semicondutores na Malásia. A alteração do design da aleta no eixo do rolamento e nos 2 braços removíveis ajudou a reduzir o tempo de inatividade do equipamento em 6,5% e melhorou o OEE de 70% para 80%, conseguindo-se uma poupança de 663.000 € por ano.</p>
(Kumar Sharma & Gopal Sharma, 2014)	<p>Integrating Six Sigma Culture and TPM Framework to Improve Manufacturing Performance in SMEs</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manutenção Autónoma;</li> <li>-Manutenção Planeada;</li> <li>-Melhorias Específicas;</li> <li>-Educação e Treino;</li> <li>-TPM "Office"</li> </ul>	<p>Desenvolveu-se um modelo baseado no Seis Sigma e no TPM, focado na implementação de indicadores de desempenho a nível operacional, tendo-se conseguido, numa célula de fabrico de papel, composta por 2 máquinas ,PM-I e PM-II, melhorias significativas no OEE (de 50% para 76% para a PM-I e de 54% para 83% para a PM-II), redução no retrabalho (de 22% para 10%), redução na manutenção versus custo</p>

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
			operacional (de 30% para 10%) e redução na taxa de defeitos (de 24,82% para 5%).
(Chiarini, 2014)	Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers	-Manutenção Autônoma; -Manutenção Planeada	Com a implementação da manutenção autônoma, conseguiu-se uma redução do vazamento de óleo no chão de fábrica, e, em virtude da definição de uma frequência fixa para a manutenção ou substituição de partes críticas das máquinas, obteve-se uma redução nas emissões de poeira e fumo, como compostos orgânicos voláteis e amônia.
(Zasadzień, 2015)	The Effect of Implementation Maintenance Cards in Performance of Machines in Selected Production Company	-Manutenção Planeada	Introduziu-se um novo procedimento para a circulação de informação sobre inspeções e revisões planeadas de máquinas, cujo elemento principal são folhas de trabalho das principais máquinas que participam no processo de produção. A eficácia do novo procedimento foi sujeita a análise comparando os tempos de trabalho e os períodos de inatividade de determinadas máquinas antes e após a implementação, tendo-se verificado que a disponibilidade das máquinas examinadas aumentou em média 19%. A maior redução no que diz duração dos períodos de inatividade foi observada nas de falhas e perdas de velocidade - uma média de 7% e 5%, respetivamente.
(Chong et al., 2016)	Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE)	-Manutenção Autônoma	Implementou-se o FMEA na manutenção, numa empresa de fabrico de semicondutores,

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
	Through Integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (Maintenance-FMEA) in a Semiconductor Manufacturer: A Case Study		tendo-se obtido melhorias encorajadoras na disponibilidade dos equipamentos, que aumentou de 82%, antes da ação corretiva, para 84% após as ações corretivas. A manutenção autónoma contribuiu para a melhoria a do OEE, reduzindo as perdas de desempenho e aumentando a disponibilidade do equipamento, proporcionando o envolvimento dos operadores, tendo o OEE aumentado nos 2 meses seguintes, de 80% para 81,7%.
(Rahman, 2015)	Assessment of Total Productive Maintenance implementation in a semiautomated manufacturing company through downtime and mean downtime analysis	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manutenção Autónoma;</li> <li>-Manutenção Planeada;</li> <li>-Educação e Treino</li> </ul>	Avaliou-se o sucesso da implementação do TPM numa fábrica de impressão e embalamento do Bangladesh, tendo sido recolhidos através de um questionário, dados de produção e fichas de reclamação da fábrica. Verificou-se que o tempo de inatividade médio foi reduzido em 14,5% no segundo ano de implementação do TPM, o que mostra o impacto positivo da implementação da metodologia.
(Chlebus et al., 2015)	A new approach on implementing TPM in a mine – A case study	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manutenção Autónoma;</li> <li>-Manutenção Planeada;</li> <li>-Educação e Treino</li> </ul>	O TPM foi adaptado às condições da indústria mineira, tendo-se desenvolvido um modelo com base em três pilares principais: melhoria do ambiente de trabalho, manutenção autónoma e planeada, e também o desenvolvimento de standards. Esta metodologia foi sustentada pelos 5S e pela melhoria contínua. A implementação do TPM trouxe

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
			vários benefícios, entre eles, o aumento da segurança dos mineiros e a facilitação de reparações, graças à criação de standards de trabalho e à conceção de uma sala especial para mecânicos e operadores de alta tensão.
(Andersson et al., 2015)	Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence	-TPM "Office"	Investigou-se de que forma o TPM pode ser aplicado nos processos de suporte em back office, através da realização de um caso de estudo. O TPM pode criar valor na perspetiva de um funcionário, pois possibilita a redução do risco de perder / esquecer áreas de responsabilidade e cria mais envolvimento. Na perspetiva da gestão, objetivos como custo e qualidade foram aprimorados, visando também a redução de desperdícios.
(Wickramasinghe & Perera, 2016)	Effect of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance: Investigation of Textile and Apparel Manufacturing Firms	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manutenção Autónoma;</li> <li>-Melhorias Específicas;</li> <li>-Manutenção da qualidade;</li> <li>-Educação e treino;</li> <li>-TPM "Office";</li> <li>-Manutenção planeada;</li> <li>-Saúde, Segurança e Ambiente</li> </ul>	Investigou-se o efeito dos pilares do TPM no desempenho operacional de empresas têxteis, tendo-se observado que a manutenção planeada teve o maior impacto na relação custo-benefício, enquanto que o pilar das melhorias específicas e a manutenção da qualidade impactaram de forma mais significativa a qualidade do produto. Relativamente ao treino/desenvolvimento e ao TPM "office", estão positivamente relacionados com o cumprimento dos prazos de entrega. No que diz respeito à flexibilidade do volume produtivo, constatou-se que a

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
			manutenção planeada, juntamente com os pilares da segurança, saúde e ambiente e TPM “office” são os que produzem um maior efeito nessa métrica. De uma forma geral, inferiu-se que o TPM apresenta uma correlação positiva e significativa com o desempenho operacional e melhora a relação custo-benefício, a qualidade do produto, o cumprimento dos prazos de entrega e a flexibilidade do volume produtivo.
(Kuan Eng & Kam Choi, 2016)	Relationship Between Overall Equipment Effectiveness, Throughput and Production Part Cost in Semiconductor Manufacturing Industry	N/A	Investigou-se a relação entre o OEE, o <i>throughput</i> e os custos associados à produção com base num estudo realizado numa empresa de fabrico de semicondutores localizada na Malásia, de forma a expressar e traduzir o OEE em unidades monetárias. Concluiu-se que existe uma correlação positiva muito forte entre o OEE e o <i>throughput</i> . Com base nesta evidência estatística, quando o OEE aumenta, o rendimento também aumentará, o que por sua vez levará a uma redução dos custos de produção. Foi possível inferir que o aumento de 1% no OEE levará a um aumento de 1,25% do <i>throughput</i> e consequente redução de 1,25% dos custos de produção.
(Tang et al., 2016)	Case Study on Lean Manufacturing System	N/A	Implementou-se o TPM numa empresa gráfica, tendo a disponibilidade aumentado de 58,33 % para 70,83%. Além disso, a qualidade aumentou de

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
	Implementation in Batch Printing Industry Malaysia		75% para 87,5% e o desempenho também aumentou significativamente de 78,57% para 82,35%. Em suma, o OEE do equipamento da ABC Sdn Bhd foi aprimorado de 34,3% para 60% através da implementação do TPM. Todo o ambiente de trabalho foi alterado drasticamente e os erros reduzidos com a implementação dos 5S. Por fim, foi proposta uma sugestão para a alteração do layout atual da produção. A implementação do one piece flow foi sugerida para substituir a linha de produção em lote. De acordo com a simulação no Flexsim, a implementação do one piece flow pode reduzir o tempo de produção de uma peça ( <i>takt time</i> ) de 75 segundos para 67 segundos, sendo que a empresa pode economizar um total de 6 horas por mês.
(Chundhoo et al., 2018)	OEE Improvement of Thermoforming Machines Through Application of TPM at Tibaldi Australasia	-Manutenção planeada; -Educação e treino	Implementou-se o TPM numa empresa do setor alimentar, de forma a melhorar a produtividade e a qualidade, envolvendo máquinas, equipamentos, processos e funcionários, reduzindo o tempo de entrega e estabelecendo um ambiente <i>Lean</i> . A implementação do TPM resultou na melhoria do OEE, sendo que as práticas de manutenção reativa foram reduzidas para menos de 20%.
(Khisamova et al., 2018)	The Concept of Lean Manufacturing in Geological	N/A	Introduziu-se o OEE na indústria de exploração geológica, com o objetivo de melhorar o

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
	Exploration Activities		desempenho dos equipamentos existentes e perceber se é necessária a aquisição de novos equipamentos. Constatou-se que deve ser dada especial atenção às medidas preventivas de manutenção do equipamento, e não às medidas corretivas, sendo fundamental decidir quando os equipamentos estão obsoletos e substituí-los por novos.
(Bataineh et al., 2019)	A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Educação e treino;</li> <li>-Manutenção autónoma;</li> <li>-Manutenção planeada;</li> <li>-Melhorias Específicas;</li> <li>-Manutenção da qualidade;</li> <li>Sáude,segurança e ambiente</li> </ul>	De forma a conseguir melhorar a eficácia da produção dos equipamentos, o TPM foi implementado através de um modelo constituído por 13 etapas sequenciais, numa empresa no setor de bebidas. A eficiência da linha Glass aumentou de 55,1% para 74,18%; A disponibilidade da linha aumentou de 68,6% para 77,51%; A qualidade foi o parâmetro que sofreu menor aumento, de 99,82 para 99,87 por cento (0,05 %). No entanto, isso correspondeu a uma redução significativa de 27,8 % no número de peças defeituosas de 1.800 para 1.300 ppm; O OEE aumentou de 35,27% para 57,42%, atingindo a meta de 50% estabelecida pela KSCC.
(Khisamova et al., 2019)	Impact of Lean Technology on Overall Equipment Effectiveness	-Manutenção planeada	Propôs-se a implementação do TPM, tendo-se obtido um valor de 71% para o OEE, fruto do elevado tempo de inatividade do equipamento, resultado de avarias, paragens para manutenção e reparações. Desta forma, a otimização do

Autor/Ano	Título	Pilares Implementados	Ganhos
			programa de manutenção preventiva de equipamentos, bem como redução das operações de emergência, é vital no sentido de se conseguir operar de forma mais rápida e mais eficiente.
(Díaz-contreras et al., 2020)	Cost Adjusted Overall Equipment Effectiveness (OEE)	N/A	Desenvolveu-se uma metodologia que ajusta o valor final de cada um dos componentes do OEE com base nos custos (OEE AxC), tendo-se aplicado a mesma numa empresa metalomecânica, numa máquina de corte de aço. Os valores dos componentes do OEE que apresentam maior incidência nos custos diminuem proporcionalmente, sendo que o componente mais relevante nos custos tem um impacto maior no cálculo. No caso da máquina de corte de aço, enquanto que com o método do OEE tradicional se obteve um valor de 89,61%, o método proposto gerou um valor menor (87,84%), dando mais atenção a priorizar a melhoria dos componentes que têm maior impacto nos custos para essa máquina.

### 2.4.3. *Lean Maintenance* e Manutenção

No sentido de aplicar os princípios fundamentais da filosofia *Lean* à manutenção, Mostafa et al. (2015a) desenvolveram um *framework* para a implementação do *Lean Maintenance*, que começa com a definição de um sistema de manutenção (atividades, planeamento, estratégias e a equipa). De seguida, é feita a identificação das fontes de desperdício na manutenção, através do VSM, sendo estes mesmos desperdícios analisados e documentadas as lacunas atuais no departamento de manutenção. Posteriormente, é realizada a projeção do VSM futuro, juntamente com a seleção das práticas/ferramentas *Lean* e a sua execução, da seguinte forma: as práticas destinadas a reduzir e eliminar inventário desnecessário e espera nas atividades de manutenção, onde se incluem o

*Kanban*, o SMED, o *standard work* e a gestão visual; as ferramentas destinadas a melhorar a qualidade dos produtos e processos, entre as quais se encontram o *Kaizen*, os 5S, o *Poka-Yoke* e o *Jidoka*. Por fim, procura-se a melhoria contínua dos processos, quer através da auditoria dos resultados, quer através da *standardização* das práticas e procedimentos. O *framework* proposto promove o trabalho em equipa e uma cultura orientada para a resolução de problemas, permitindo a conversão da manutenção para um sistema preditivo, aprimorando a excelência em manutenção e a criação de um sistema de fabrico de classe mundial, pois a manutenção e a produção são inseparáveis.

Com o objetivo de selecionar as ferramentas *Lean* apropriadas para solucionar as principais deficiências na função de manutenção, ondem se incluem o SMED, o *Kaizen*, os 5S e a gestão visual, Duran et al. (2017) desenvolveram um *framework*, posteriormente validado através de 2 casos de estudo. No primeiro caso, aplicaram-se os 5S em dois setores: a oficina e o armazém de peças de reposição, tendo-se obtido uma redução de 50% nos tempos de procura e entrega de peças de reposição, bem como uma redução no tempo médio das atividades de manutenção corretiva antes de 10,36 horas para 5,18 horas, estimando-se que a central termoelétrica pode reduzir custos e aumentar o lucro em aproximadamente até 300.000 dólares por ano fruto da implementação. No segundo caso, implementou-se o SMED em atividades de inspeção realizadas num conjunto de pulverizadores de carvão e também o VSM, com o intuito de apoiar a análise e melhoria dessas mesmas atividades. Identificando os resíduos e fazendo as modificações necessárias, conseguiu-se economizar 1,44 h na manutenção do pulverizador, aumentando a disponibilidade em 0,078%, podendo o custo global anual ser reduzido em 287.088 dólares para os oito pulverizadores que compõem a planta industrial.

Serrou et al. (2016) estudaram a possibilidade de implementação do *Lean Maintenance* em ambiente hospitalar, tendo sido identificados os desperdícios associados à manutenção, bem como os custos que podem ser reduzidos em virtude da implementação. Foram também identificadas ações de melhoria a ser introduzidas, tais como: o envolvimento de toda a equipa na elaboração de estratégias de manutenção e na identificação de falhas prováveis; a garantia da segurança da equipa de manutenção e a disponibilidade de documentos, ferramentas e peças de reposição próximas à área de produção; a *standardização* das atividades de manutenção; a construção de um banco de dados que contenha o historial de intervenções nos equipamentos, e também a utilização em tempo real de cada dispositivo médico. Desta forma, foi possível reduzir ou eliminar as atividades de manutenção corretiva, os custos por avaria, o custo médio de stock e os custos de não-qualidade.

Yile et al. (2008) desenvolveram um *framework* para a implementação do *Lean Maintenance*, tendo o mesmo sido aplicado ao processo de reparação de embraiagens, tendo-se adicionado ferramentas de monitorização na embraiagem e ajustado a sua frequência de verificação, sendo que apenas as embraiagens cuja condição estivesse próxima do padrão de falha pudessem ser reparadas.

Qiang et al. (2011) definiram o conceito de *Lean Maintenance* para o Equipamento Militar (MELM), uma metodologia orientada para a otimização dos processos de manutenção, utilizando o VSM, os 5S e outras ferramentas de gestão para identificar e eliminar as etapas sem valor agregado após a análise completa do processo, promovendo a otimização da eficiência da manutenção.

Sidabutar et al. (2019) desenvolveram um *framework* para a implementação do *Lean Maintenance*, com o objetivo de reduzir os desperdícios associados a tempos de espera na manutenção de uma prensa de parafuso, começando com a implementação do VSM na manutenção de forma a identificar os desperdícios, seguido da implementação da análise de causa raiz, no sentido de identificar e quantificar os fatores que causam esses mesmos desperdícios, sendo que se conseguiu uma redução de 50% no tempo total de manutenção da prensa, fruto da redução do tempo de espera.

Croucamp & Telukdarie (2018) implementaram o *Lean Maintenance* em plantas conversoras de corrente de tração de uma empresa ferroviária, tendo conseguido uma redução do tempo total de ciclo da manutenção de equipamentos de classe I (com custo superior a 2300 dólares) de 44 dias para aproximadamente 40,25 dias, o que equivale a uma redução de 8,53%. O tempo total de ciclo da manutenção de equipamentos de classe II diminuiu de 100 dias para aproximadamente 88,25 dias, correspondendo a uma redução de 11,75%.

Devido ao facto de não haver uma métrica para classificar os desperdícios na manutenção, Gupta et al. (2017) desenvolveram uma matriz de incidência, em que os recursos e práticas do *Lean Maintenance* estão inseridos na diagonal da matriz enquanto que as relações mútuas entre eles correspondem aos elementos fora da diagonal. O “estado” *Lean* do sistema de manutenção é obtido através de uma métrica, denominada *Lean Maintenance Index*, que estabelece um rácio entre os valores atual e ideal da permanente das matrizes, representativas do cenário atual e ideal, respetivamente, pelo que um valor elevado de LMI indica que o sistema de manutenção está a operar num cenário de desperdício reduzido em relação aos seus recursos. Esta metodologia foi aplicada numa planta central de ar condicionado, obtendo-se um valor de 0,16 para o LMI, o que significa que existe uma elevada quantidade de resíduos relacionados à manutenção e existe uma margem significativa para melhorias.

Abreu et al. (2016) desenvolveram um modelo, denominado *Lean Building Maintenance* (LBM) para suportar a implementação do *Lean Maintenance* na construção civil, tendo por base a identificação de desperdícios, através de ferramentas como os 5S, 5W e o VSM da manutenção, bem como o foco na medição do impacto das melhorias introduzidas, através de ferramentas como a gestão visual e o *standard work* e também com a criação de KPI's, como é o caso do SLA (nível de serviço acordado). Este modelo foi aplicado a um edifício construído em 1985, sendo que, devido à elaboração do VSM para a manutenção, foi possível obter uma redução significativa do tempo total de imobilização. O valor obtido para o Indicador de Eficiência da Manutenção indicou que os recursos de manutenção estão a ser utilizados de forma eficiente e são considerados aceitáveis para o tipo de edifício em estudo.

Procurando explorar o conceito de *Lean Maintenance*, Huang et al. (2012) investigaram diversas técnicas que integram esta metodologia. De acordo com os autores, para se implementar o *Lean Maintenance*, o conceito de manutenção deve ser atualizado, aprimorando-se a ideia de um sistema total, com uma gestão inovadora e focada no ciclo de vida dos equipamentos. No início da implementação, a inovação e a integração das práticas da manutenção devem ser enfatizadas, passando pela melhoria das práticas tradicionais da manutenção e depois pela introdução de novas práticas, sendo de vital importância fomentar a criação de uma cultura *Lean*, isto é, tornar o *Lean Maintenance* como forma de pensar inerente à equipa de manutenção no processo de

manutenção, inovando e integrando o pensamento *Lean* na manutenção, sendo que o treino é importantíssimo para alavancar esta transformação organizacional.

#### **2.4.4. *Lean Maintenance* e TPM**

Mostafa et al. (2015b) desenvolveram um *framework* para a implementação do *Lean Maintenance*, no qual o TPM assume um papel fundamental na procura pela maximização da eficiência dos equipamentos, incluindo práticas como a manutenção autónoma, manutenção planeada, RCA, melhoria da segurança e também o OEE, de forma a atacar as seis grandes perdas que reduzem a eficiência dos equipamentos, complementado a implementação das ferramentas/práticas *Lean* na manutenção.

Ng et al. (2017) investigaram de que forma a implementação bem-sucedida do TPM pode contribuir para o sucesso do *Lean Maintenance*, tendo identificado que os modelos devem ser económicos e integrados aos elementos de melhoria contínua. Além disso, a implementação do TPM deve ser feita de forma eficaz, orientada por uma estratégia principal e pelo uso eficaz das práticas TPM (manutenção autónoma, manutenção planeada, melhorias específicas, formação e treino, manutenção da qualidade, gestão de novos equipamentos, TPM “office” e saúde, segurança e ambiente) sendo necessários até 3 a 5 anos para implementação completa.

Com o intuito de melhorar as atividades de manutenção num terminal de combustível, Palmeira et al. (2015) introduziram o *Lean Maintenance*, de forma simultânea com o TPM. Fruto da implementação dos 5S, definiu-se um plano de limpeza para as áreas que são mais propensas a sujidade, bem como a criação de procedimentos relacionados com novas práticas de manutenção, ao passo que a implementação da manutenção autónoma, conseguiu libertar o técnico responsável pelo início diário da produção do posto de gasolina, estando agora disponível para executar outras tarefas de manutenção mais complexas.

### **2.5. Principais contribuições da análise da literatura**

Esta análise da literatura teve como principal objetivo investigar a relação entre os conceitos de *Lean*, TPM, manutenção e *Lean Maintenance*, tendo as publicações sido classificadas de acordo com quatro categorias principais. Quanto às principais ideias possíveis de extrair dessa análise, é possível referir o seguinte:

- Relativamente ao tópico “*Lean Manufacturing* e TPM”, observou-se que as ferramentas *Lean*, em particular os 5S e o *Kaizen* são implementadas recorrentemente, em ambiente de produção, e com resultados muito satisfatórios, de forma simultânea com o TPM, uma vez que constituem o suporte para o desenvolvimento da prática. Também foi possível constatar um elevado nível de implementação no que diz respeito ao SMED, uma vez que está diretamente relacionado com a operabilidade dos equipamentos. Identificou-se que o sucesso de qualquer implementação do TPM depende da existência de uma base sólida de implementação de práticas/ferramentas *Lean*, uma vez que este constitui um programa extenso e que necessita de ser sustentado de forma duradoura, necessitando da participação de todos e de um ambiente consolidado na procura pela melhoria contínua.
- Relativamente ao tópico “TPM e Manutenção”, foi possível identificar que o TPM promove a otimização de todas as atividades de manutenção, sendo que através do OEE, a métrica

fundamental da metodologia, é possível atacar as seis grandes perdas no processo produtivo, no sentido de aumentar a eficiência do mesmo. Foi possível observar que, no que toca à implementação dos pilares do TPM, a manutenção planeada, a manutenção autónoma, bem como a educação e treino foram aqueles implementados de forma mais frequente, o que se pode dever ao facto de que estes pilares são os mais orientados para a melhoria das atividades de manutenção. De uma forma geral, identificou-se que existem vários fatores extremamente relevantes para o sucesso de implementação da metodologia, predominantemente organizacionais, ligados ao suporte da gestão de topo, de forma a fomentar a cooperação e o trabalho em equipa em todos os departamentos, com o objetivo de ultrapassar a resistência à mudança, criando uma nova cultura organizacional.

- No que diz respeito ao tópico “*Lean Maintenance* e Manutenção” foi possível identificar que o *Lean Maintenance* é uma estratégia mais extensa e aprofundada para a manutenção, visando a integração de diversas ferramentas/práticas *Lean* na área da manutenção, como é o caso do VSM, 5S, *Kaizen*, *Kanban*, *standard work*, entre outras ferramentas e metodologias, tais como a análise de causa raiz de forma a se conseguir atingir a excelência na manutenção. Contudo, foi também possível observar que esta abordagem carece de implementação prática relevante, uma vez que a grande maioria das publicações nesta temática são do foro teórico, incluindo o desenvolvimento de *frameworks*/modelos para a implementação. Identificaram-se, com base no grau de implementação identificado através da presente análise de literatura, um total de 19 práticas no universo *Lean*, que por isso foram incluídas no questionário desenvolvido.
- Relativamente ao tópico “TPM e *Lean Maintenance*”, verificou-se que, apesar de ambas as metodologias serem fundamentas por práticas distintas, estas partilham um objetivo comum, o aumento da eficiência na manutenção, pelo que a sua ação combinada/simultânea poderá revelar-se mais vantajosa do que a estrita implementação individual de cada uma. De uma forma geral, o TPM pode ser definido como uma metodologia que procura aumentar a eficiência global dos equipamentos ou do sistema produtivo, ao passo que o *Lean Maintenance*, através da utilização de um grande conjunto de ferramentas, desde o *Lean* até à gestão da qualidade, visa a otimização das atividades de manutenção e o aumento da fiabilidade dos equipamentos, fruto do aumento da especialização dos técnicos de manutenção.
- No decurso da presente investigação, identificaram-se várias métricas, utilizadas recorrentemente com o propósito de avaliar o desempenho operacional das organizações em diversos estudos, entre as quais foi possível destacar as seguintes, e que vieram a ser consideradas na realização do presente trabalho, a saber: qualidade, produtividade, flexibilidade, segurança e custos.

### 3. CONSTRUÇÃO DO QUESTIONÁRIO

De forma a estudar e analisar o nível de impacto decorrente da implementação das práticas *Lean* na manutenção e do TPM na indústria portuguesa, desenvolveu-se um questionário. Para a realização do mesmo, utilizou-se a plataforma *Google Forms*, permitindo esta a criação de um link, o qual foi enviado via e-mail a todas as organizações convidadas a participar no estudo. Estas foram selecionadas com base numa pesquisa alargada nos seguintes portais: “Empresite” do Jornal de Negócios; “Portal Nacional” e “Infoempresas” do JN. A partir dessa pesquisa, selecionaram-se organizações predominantemente da região Norte, Centro e Grande Lisboa, cujos endereços de email se encontravam disponíveis nos portais acima referidos.

#### 3.1. Estrutura do questionário

O questionário é constituído por 20 questões, algumas das quais subdivididas em alíneas, sendo que houve especial atenção no desenvolvimento das mesmas, de forma a obedecer a três princípios básicos: o princípio da clareza, devendo estas ser claras, concisas e unívocas; o princípio da coerência, correspondendo à intenção da própria pergunta, e o princípio da neutralidade, não devendo induzir uma resposta, libertando o inquirido de juízos de valor ou do preconceito do autor (Barbosa, 2012).

Relativamente à tipologia, optou-se por questões de carácter misto, ou seja: abertas, em que para além de um conjunto de opções fechadas há também uma opção aberta, tal como a opção “outro”; fechadas, em que todas as opções de resposta são previamente definidas, tendo-se recorrido à escolha múltipla e também à escala de Likert, sendo esta última uma metodologia indicada para a realização de questionários ou pesquisas de opinião, na qual os inquiridos assinalam o seu nível de concordância relativamente a uma determinada afirmação, a partir de uma escala com vários níveis de classificação, de forma a ser possível medir a intensidade da opinião relativamente a uma determinada temática (Joshi et al., 2015). No presente estudo, utilizou-se uma escala de Likert baseada em 5 níveis de classificação, de 1(menor impacto) a 5(maior impacto), de forma a avaliar o impacto produzido pela implementação das práticas *Lean* e do TPM no desempenho operacional.

##### 3.1.1. Conteúdo do questionário

O questionário inicia com uma breve descrição do contexto da realização do mesmo, apresentando as temáticas em estudo e o principal objetivo da realização do inquérito, para além de outras informações (figura 9).

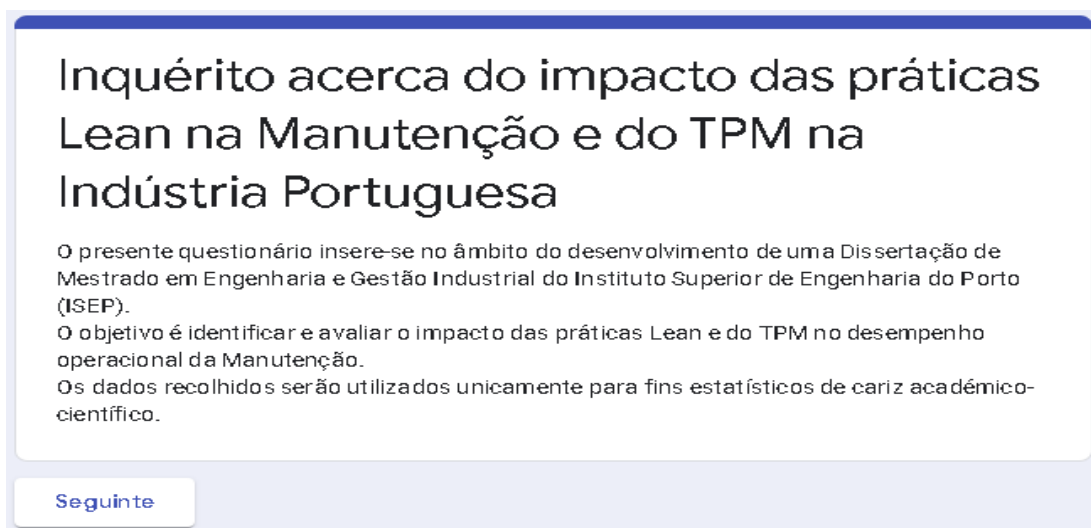


Figura 9 - Apresentação do questionário

De seguida, o questionário encontra-se dividido em 3 secções, a saber:

- Caracterização da organização
- Práticas *Lean* na manutenção
- Práticas TPM

### 3.1.2. Caracterização da organização

Neste grupo pretende-se obter uma descrição da empresa e o inquirido que vai responder ao questionário, sendo constituído por sete questões, tal como é apresentado na figura 10.

Na primeira questão, é pedida a identificação do nome da empresa, de forma a evitar repetições, isto é, que haja mais do que uma resposta considerada para a mesma organização. Relativamente à segunda questão, é inquirida a localização física da empresa, de acordo com a NUTS II (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos). A terceira questão diz respeito à identificação do setor de atividade em que a empresa labora, enquanto que na quarta questão é inquirido o número de colaboradores que compõem a organização (figura 11). A questão seguinte prende-se com a identificação do número de operadores que fazem parte do departamento da manutenção, ao passo que, na sexta questão, é pedido ao participante que identifique o departamento em que exerce a sua atividade (figura 12). Por fim, a secção termina com a oitava questão, em que se pretende saber qual o nível de habilitações literárias do participante (figura 13).

**Caracterização da organização**

1 - Nome da Empresa

A sua resposta \_\_\_\_\_

2- Localização da Empresa

Norte

Centro

Área Metropolitana de Lisboa

Alentejo

Algarve

Região Autónoma dos Açores

Região Autónoma da Madeira

Figura 10 - Questões 1 e 2 do questionário

3 - Setor de Atividade

Indústria alimentar

Indústria automóvel

Indústria aeronáutica

Indústria da borracha

Indústria do calçado

Indústria madeireira

Indústria metalo-mecânica

Indústria têxtil/vestuário

Construção civil

Serviços

Outra: \_\_\_\_\_

4 - Número de colaboradores da empresa

1 a 9 (micro)

10 a 49 (pequena)

50 a 249 (média)

250 a 499 (grande)

500 ou mais (muito grande)

Figura 11 - Questões 3 e 4 do questionário

5- Número de operadores da manutenção

- 1 a 5
- 6 a 10
- 11 a 19
- 20 ou mais

6 - Em que departamento exerce a sua função?

- Produção
- Manutenção
- Qualidade
- Melhoria Contínua
- Gerência

Figura 12 - Questões 5 e 6 do questionário

7 - Quais as suas habilitações literárias?

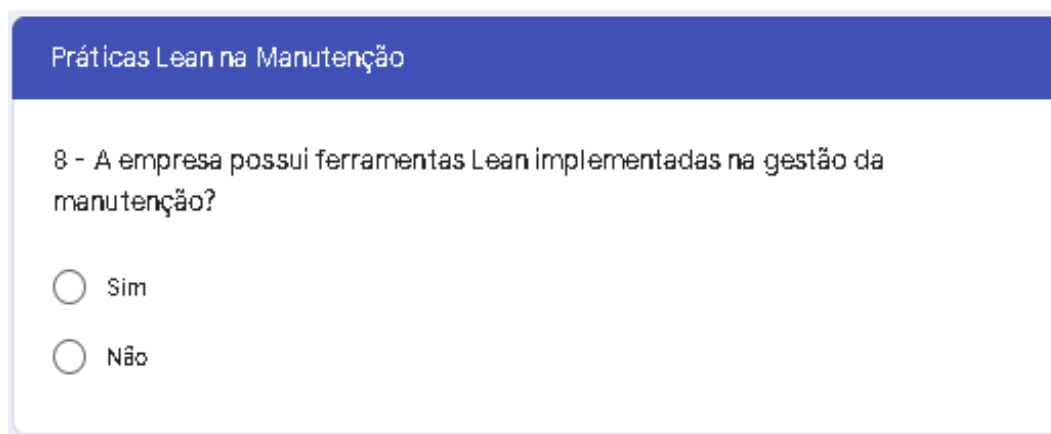
- 1º ciclo do ensino básico (4º ano)
- 2º ciclo do ensino básico (5º ao 6º ano)
- 3º ciclo do ensino básico (7º ao 9º ano)
- Ensino secundário (12º ano)
- Curso técnico superior profissional (CTeSP)
- Licenciatura
- Pós-Graduação
- Mestrado
- Doutoramento

Figura 13 - Questão 7 do questionário

### 3.1.3. Práticas *Lean* na Manutenção da organização

Nesta secção, pretende-se identificar quais as práticas *Lean* implementadas na gestão da manutenção da empresa e também qual o seu impacto no desempenho operacional, com base nas 5 métricas de desempenho estabelecidas (qualidade, flexibilidade, produtividade, segurança e custos).

A primeira questão desta secção, a oitava na globalidade do inquérito, implica a adoção de 2 caminhos distintos, tal como mostra a figura 14: no caso de o inquirido responder afirmativamente à mesma, seguirá para a identificação das práticas *Lean* implementadas na gestão da manutenção da empresa; no caso de responder negativamente, o inquirido será encaminhado para a secção seguinte, relativa às práticas do TPM implementadas na empresa.



Práticas Lean na Manutenção

8 - A empresa possui ferramentas Lean implementadas na gestão da manutenção?

Sim

Não

Figura 14 - Questão 8 do questionário

Em caso de resposta afirmativa à oitava questão, é solicitado ao inquirido que responda à questão 8.1 (figura 15) e seguintes.

Se a resposta à questão 8 é negativa, o inquirido avançará imediatamente para a questão 9.

8.1 - Identifique as ferramentas Lean implementadas na gestão da manutenção da empresa.

- 5S
- Daily Kaizen
- Value Stream Mapping (VSM)
- Single-Minute Exchange of Die (SMED)
- Kanban
- Jidoka
- Standard Work
- Gestão Visual
- A3 - Problem Solving
- Andon
- One-Point-Lesson (OPL)
- Heijunka
- Poka-Yoke
- Mizusumashi
- Waste Identification Diagrams (WID)
- Hoshin Kanri
- Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time-based Goals (SMART)
- Obeya Room
- Kamishibai

Figura 15 - Questão 8.1 do questionário

De seguida, pretende-se avaliar o impacto resultante da implementação das práticas *Lean Maintenance* identificadas pelo inquirido, de acordo com uma escala de Likert com cinco opções, nas métricas de desempenho operacional previamente definidas, sendo elas: qualidade, flexibilidade, produtividade, segurança e custos.

Na questão 8.2 solicita-se ao participante que classifique o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da qualidade, com base nas seguintes afirmações ou características (figura 16):

- Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo
- Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes
- Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo
- Reduziu o número de reclamações dos clientes

8.2 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, fruto da implementação das ferramentas Lean, no âmbito da QUALIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de reclamações dos clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 16 - Questão 8.2 do questionário

Relativamente à questão 8.3, solicita-se ao participante que classifique o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da flexibilidade, com base nas seguintes afirmações (figura 17):

- Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida
- Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo

- Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção
- Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção

8.3 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação das ferramentas Lean, no âmbito da FLEXIBILIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 17 - Questão 8.3 do questionário

No que diz respeito à questão 8.4, solicita-se ao participante que classifique o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da produtividade, com base nas seguintes afirmações (figura 18):

- Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção
- Aumentou a fiabilidade dos equipamentos

- Reduziu os tempos de *setup* e o tempo de inatividade não planeado
- Reduziu o tempo médio de manutenção
- Implementação e melhoria do OEE

8.4 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação das ferramentas Lean, no âmbito da PRODUTIVIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a fiabilidade dos equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os tempos de <i>setup</i> e o tempo de inatividade não planeado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o tempo médio de manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementação e melhoria do OEE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 18 - Questão 8.4 do questionário

No que concerne à questão 8.5, é pedido ao inquirido que classifique o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da segurança, com base nas seguintes afirmações (figura 19):

- Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção
- Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção
- Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção
- Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção

8.5 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação das ferramentas Lean, no âmbito da SEGURANÇA, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 19 - Questão 8.5 do questionário

A secção termina com a questão 8.6, sendo pedido ao inquirido que classifique o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no âmbito dos custos, com base nas seguintes afirmações (figura 20):

- Reduziu os custos das atividades de manutenção
- Reduziu os níveis de inventário de manutenção
- Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção
- Reduziu os consumos energéticos na manutenção

8.6 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação das ferramentas Lean, no âmbito dos CUSTOS, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Reduziu os custos das atividades de manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os níveis de inventário de manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os consumos energéticos na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 20 - Questão 8.6 do questionário

### 3.1.4. Práticas TPM na organização

Nesta secção, pretende-se identificar quais os pilares do TPM que estão implementados no seio da organização, e também qual o seu impacto no desempenho operacional, com base nas mesmas métricas de desempenho utilizadas na secção anterior e também nas mesmas afirmações ou características.

Na primeira questão desta secção, o participante deve indicar quais os pilares implementados, e, no caso de não estar implementado nenhum dos apresentados, deverá seleccionar a opção “Nenhuma das anteriores”, tal como apresentado na figura 21, terminando de imediato o questionário, realizando dessa forma a submissão do mesmo.

TPM

9 - Identifique as práticas do TPM implementadas na empresa.

- Manutenção autónoma
- Manutenção planeada
- Formação e treino
- Melhorias específicas nos equipamentos e processos
- Manutenção da qualidade
- Gestão de novos equipamentos
- Saúde, Segurança e Ambiente
- TPM em áreas administrativas
- Nenhuma das anteriores

Figura 21 - Questão 9 do questionário

Posteriormente, a questão 9.1 remete para a classificação do impacto resultante da implementação das práticas do TPM na empresa, no âmbito da qualidade, de acordo com as seguintes afirmações (figura 22):

- Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo
- Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes
- Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo
- Reduziu o número de reclamações dos clientes

9.1 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação do TPM, no âmbito da QUALIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de reclamações dos clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 22 - Questão 9.1 do questionário

De seguida, a questão 9.2 procura a classificação do impacto resultante da implementação das práticas do TPM na empresa, no âmbito da flexibilidade, de acordo com as seguintes afirmações (figura 23):

- Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida
- Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo
- Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção
- Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção

9.2 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação do TPM, no âmbito da FLEXIBILIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 23 - Questão 9.2 do questionário

No que diz respeito à questão 9.3, pretende-se classificar o impacto resultante da implementação das práticas do TPM na empresa, no âmbito da produtividade, de acordo com as seguintes afirmações (figura 24):

- Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção
- Melhorou a fiabilidade dos equipamentos
- Reduziu os tempos de *setup* e o tempo de inatividade não planeado
- Reduziu o tempo médio de manutenção
- Implementação e melhoria do OEE

9.3 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação do TPM, no âmbito da PRODUTIVIDADE, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorou a fiabilidade dos equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os tempos de <i>setup</i> e o tempo de inatividade não planeado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o tempo médio de manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementação e melhoria do OEE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 24 - Questão 9.3 do questionário

Relativamente à questão 9.4, é solicitado ao participante que classifique o impacto resultante da implementação das práticas do TPM na empresa, no âmbito da segurança, de acordo com as seguintes afirmações (figura 25):

- Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção
- Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção
- Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção
- Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção

9.4 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, fruto da implementação do TPM, no âmbito da SEGURANÇA, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 25 - Questão 9.4 do questionário

O questionário termina com a questão 9.5, na qual se pretende que o inquirido classifique o impacto resultante da implementação das práticas do TPM na empresa, no âmbito dos custos, de acordo com as seguintes afirmações (figura 26):

- Reduziu os custos das atividades de manutenção
- Reduziu os níveis de inventário da manutenção
- Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção
- Reduziu os consumos energéticos na manutenção

9.5 - Classifique o impacto produzido no desempenho operacional, resultante da implementação do TPM, no âmbito dos CUSTOS, considerando o valor 1 para a que sofreu um menor impacto e o valor 5 para a que sofreu maior impacto.

	1	2	3	4	5
Reduziu os custos das atividades de manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os níveis de inventário da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reduziu os consumos energéticos na manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anterior Submeter

Figura 26 - Questão 9.5 do questionário

### 3.2. Validação do questionário

De forma a proceder à validação de todas as questões desenvolvidas, o questionário foi enviado a um pequeno número de organizações, sendo que, numa fase inicial, a nona questão tinha sido formulada de forma idêntica à oitava questão, tal como apresentado na figura 27.

TPM

9 - A empresa tem práticas TPM implementadas?

Sim

Não

Figura 27 - Formulação inicial para a nona questão do questionário

Contudo, foi possível observar que algumas organizações, apesar de não estarem conscientes ou terem conhecimento do TPM, têm implementadas práticas de manutenção que integram essa metodologia, como é o caso, por exemplo, da manutenção autónoma, tendo-se optado por reformular a nona questão, conforme foi mostrado na figura 21.



## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A recolha de dados realizou-se entre 12 de agosto de 2020 e 15 de setembro de 2020, pelo que foram contactadas 472 organizações, tendo-se obtido um total de 97 respostas, das quais 84 foram consideradas válidas para o estudo. As respostas aos questionários foram automaticamente guardadas e posteriormente transferidas para um ficheiro Excel, através das funcionalidades da plataforma *Google Forms*, o que facilitou a construção de uma base de dados, e, por sua vez, o tratamento estatístico dos dados obtidos. Neste capítulo serão abordados dois tipos de análise. Inicialmente, será realizada uma análise descritiva, utilizando o MS Excel® e o software IBM SPSS Statistics, de forma a organizar e sumariar os dados obtidos. De seguida, será feita uma análise estatística exploratória, tendo-se recorrido exclusivamente ao software IBM SPSS Statistics.

### 4.1. Análise estatística descritiva

Com a realização desta análise, pretende-se apresentar um primeiro tratamento dos dados, com o objetivo de resumir e explorar o comportamento dos mesmos, organizando-os e descrevendo-os através de gráficos, tabelas de frequências e medidas de resumo numérico.

#### 4.1.1. Caracterização da amostra

Tal como referido acima, 472 organizações foram convidadas a participar no presente estudo. A partir dos dados apresentados na tabela 4, é possível constatar que a grande maioria das organizações convidadas estão localizadas nas regiões Norte, Centro e na área metropolitana de Lisboa. A percentagem de respostas obtidas nas diferentes regiões foi sensivelmente igual, destacando-se, contudo, a região Norte, em que cerca de 22% das empresas que foram convidadas aderiram ao inquérito. Assim, na figura 28 é apresentado o número de respostas obtidas, aonde podemos constatar que as organizações participantes, e que compõem a amostra deste estudo, se encontram maioritariamente localizadas nas regiões acima referidas.

Tabela 4 – Distribuição do número de inquéritos enviados/respondidos e do rácio de resposta obtido

Região	Inquéritos enviados	Inquéritos respondidos	Taxa de Resposta
Norte	203	44	21,67%
Centro	118	19	16,1%
Área metropolitana de Lisboa	114	16	14,04%
Alentejo	18	3	16,67%
Algarve	8	1	12,5%
Região autónoma dos Açores	5	0	0,0%
Região autónoma da Madeira	7	1	14,29%

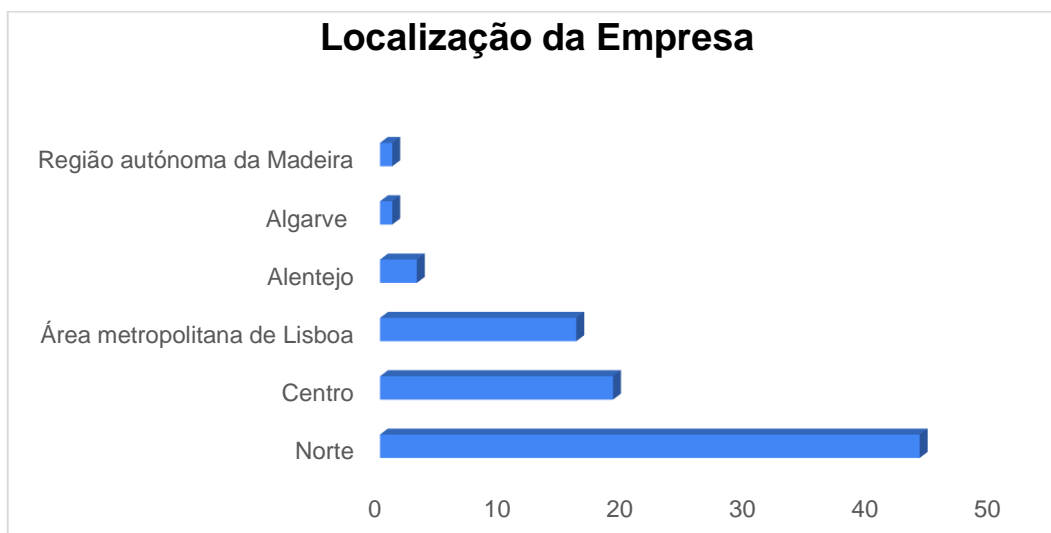


Figura 28 - Distribuição da amostra de acordo com a localização das organizações

Verifica-se que 81 das 84 organizações participantes identificaram o setor de atividade em que se encontram inseridas, tendo-se constatado uma predominância nos setores alimentar e automóvel, de acordo com a figura 29.

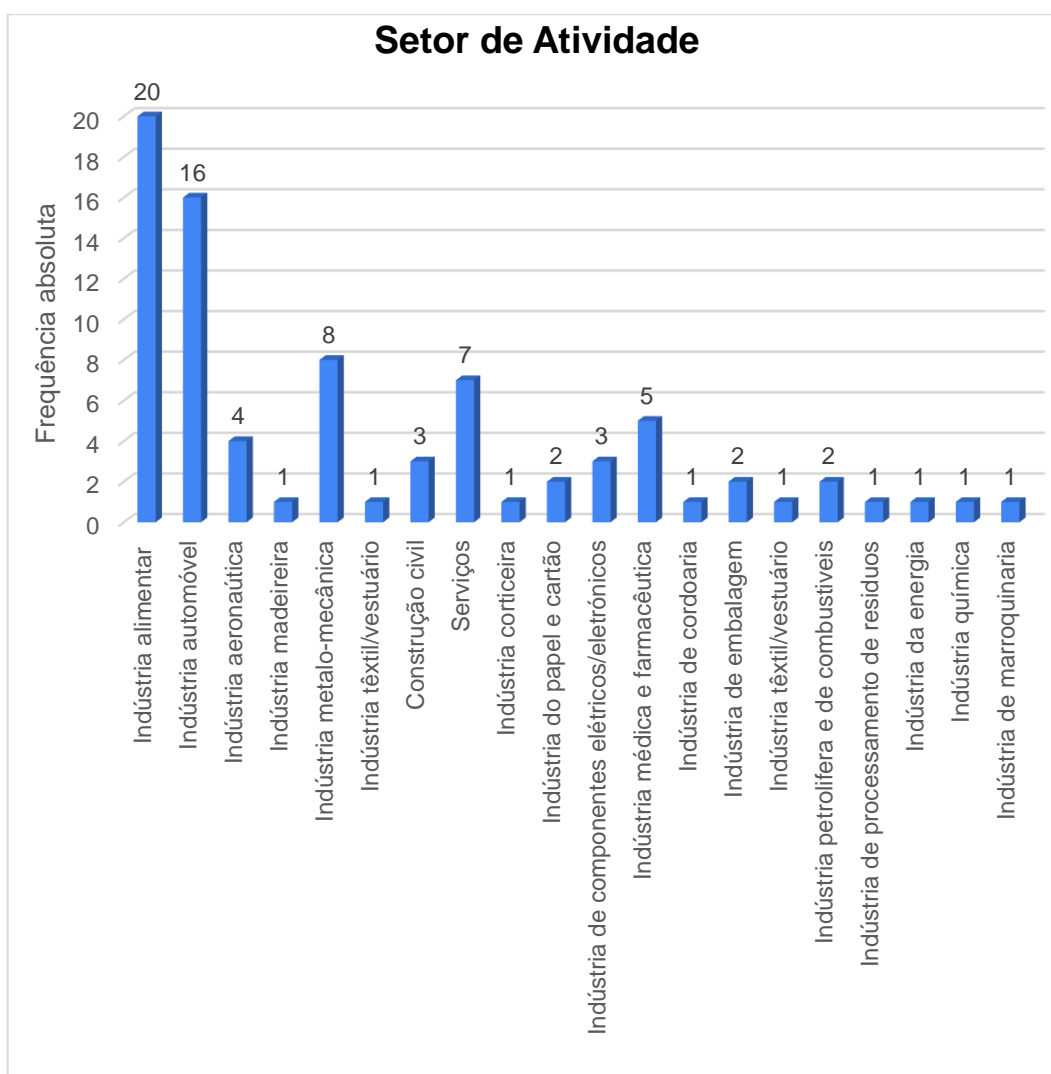


Figura 29 - Distribuição da amostra em função do setor de atividade

Relativamente à dimensão, é possível observar que 58% das organizações são de grande ou muito grande dimensão, enquanto que 38% são PME, tal como apresentado na figura 30.

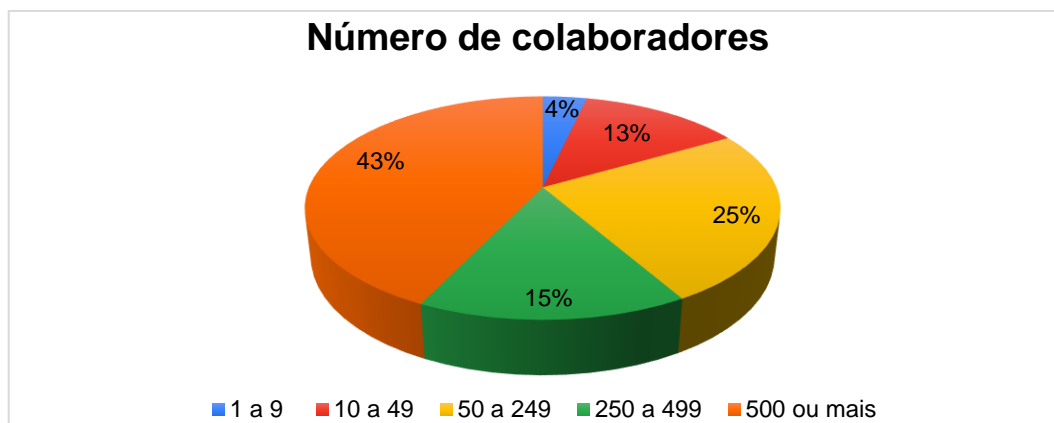


Figura 30 - Distribuição da amostra em função da dimensão das organizações

Na tabela 5, constata-se que, independentemente da dimensão, as 84 empresas respondentes têm pelo menos uma prática TPM implementada. Quanto às práticas *Lean Maintenance*, o grau de implementação é, no mínimo, de 64%, sendo que as empresas com 500 ou mais colaboradores registam um rácio de implementação dessas práticas de quase 90%.

Tabela 5 - Implementação das práticas *Lean Maintenance* e TPM de acordo com a dimensão das organizações

Dimensão / Práticas	1 a 9 colaboradores	10 a 49 colaboradores	50 a 249 colaboradores	250 a 499 colaboradores	500 ou mais colaboradores
<i>Lean Maintenance</i>	2 em 3 (67%)	7 em 11 (64%)	14 em 21 (67%)	9 em 13 (69%)	32 em 36 (89%)
TPM	3 em 3 (100%)	11 em 11 (100%)	21 em 21 (100%)	13 em 13 (100%)	36 em 36 (100%)

No que concerne à dimensão das equipas de manutenção, predominam aquelas com um grande número de operadores. Verifica-se, contudo, que um elevado número de organizações possui equipas de dimensão muito reduzida na manutenção, de acordo com a figura 31.

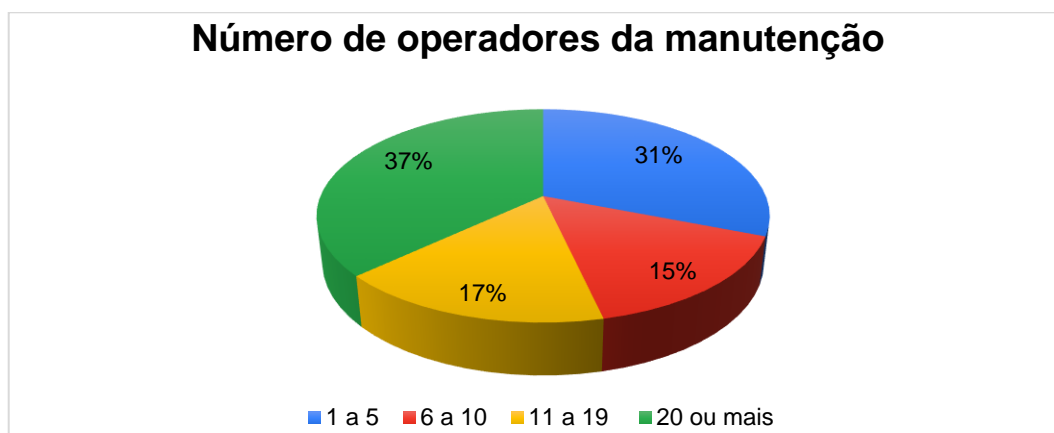


Figura 31 - Distribuição da amostra em função da dimensão da equipa de manutenção

Ao nível dos participantes no estudo, verifica-se que a grande maioria exerce a sua função nos departamentos da Manutenção ou Melhoria Contínua (figura 32), o que acaba por fortalecer o grau de veracidade relativamente às respostas obtidas no presente estudo.

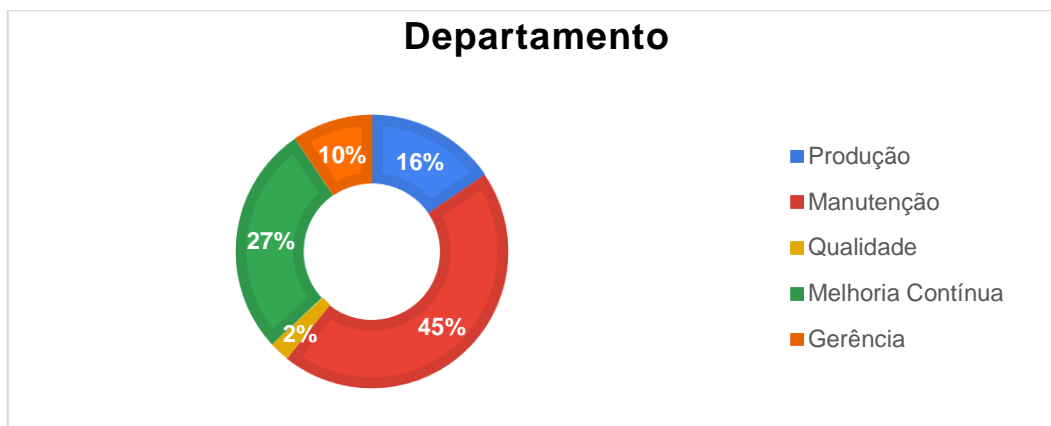


Figura 32 - Distribuição da amostra de acordo com o departamento em que o inquirido exerce a sua função  
Relativamente ao nível de habilitações literárias dos participantes, é possível observar que a grande maioria dos inquiridos possui formação superior, predominantemente Mestrado ou Licenciatura, como é visível na figura 33.

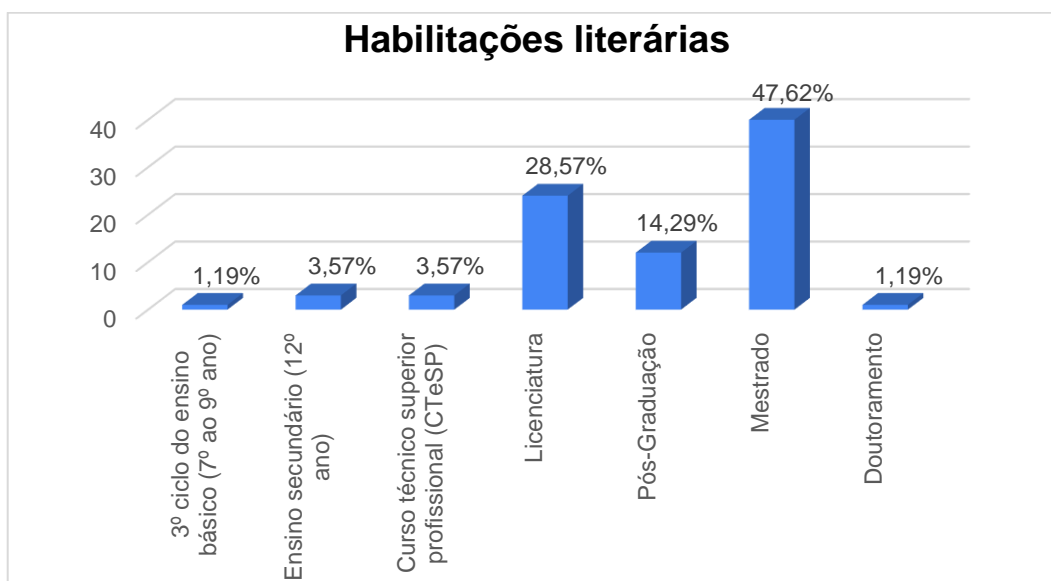


Figura 33 - Distribuição da amostra em função das habilitações dos inquiridos

#### 4.1.2. Práticas *Lean Maintenance* na organização

Nesta secção, pretende-se avaliar o nível de implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção das organizações e também o grau de impacto decorrente dessa mesma implementação no desempenho operacional. Verificou-se que 64 das 84 organizações participantes, possuem práticas *Lean* implementadas na gestão da manutenção, o que corresponde a aproximadamente 76% do número total de organizações, como é visível através da figura 34.



Figura 34 - Nível de implementação das práticas *Lean* nas organizações participantes

De acordo com a tabela 6, observa-se que:

- Os 5S foram a prática implementada de forma mais recorrente pelas organizações que participaram no estudo.
- A Gestão Visual e o *Daily Kaizen* encontram-se implementadas em mais de metade das organizações participantes, sendo que o *Poka-Yoke* e o *Kanban* apresentam um nível considerável de implementação, acima dos 40%.
- As práticas *Jidoka*, *WID* e *Heijunka* revelam um índice reduzido de implementação, abaixo dos 10%.

Tabela 6 - Grau de implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção

<b>Prática <i>Lean Maintenance</i></b>	<b>Frequência Absoluta</b>	<b>Frequência Relativa</b>
<b>5S</b>	60	71,4 %
<b>Gestão Visual</b>	46	54,8 %
<b><i>Daily Kaizen</i></b>	44	52,4 %
<b><i>Poka-Yoke</i></b>	36	42,9 %
<b><i>Kanban</i></b>	35	41,7 %
<b><i>Standard Work</i></b>	32	38,1 %
<b>A3</b>	29	34,5 %
<b>SMED</b>	26	31 %
<b>OPL</b>	24	28,6 %
<b>VSM</b>	20	23,8 %
<b>SMART</b>	17	20,2%
<b><i>Andon</i></b>	11	13,1 %
<b><i>Mizusumashi</i></b>	11	13,1 %
<b><i>Hoshin Kanri</i></b>	10	11,9 %
<b><i>Obeya Room</i></b>	10	11,9 %
<b><i>Kamishibai</i></b>	10	11,9 %
<b><i>Jidoka</i></b>	6	7,1 %
<b>WID</b>	6	7,1 %
<b><i>Heijunka</i></b>	5	6 %

Uma vez que as práticas 5S, Gestão Visual e *Daily Kaizen* são aquelas que apresentam um nível de implementação mais elevado nas organizações participantes, decidiu-se estudar o nível de implementação de cada uma delas de forma simultânea com as restantes ferramentas. É possível

verificar que a Gestão Visual, juntamente com as práticas *Daily Kaizen*, *Kanban* e *Poka-Yoke* são as práticas que registam um maior nível de implementação de forma simultânea com os 5S, ao passo que as práticas *WID* e *Heijunka* apresentam o menor índice de implementação em simultâneo com os 5S (figura 35).

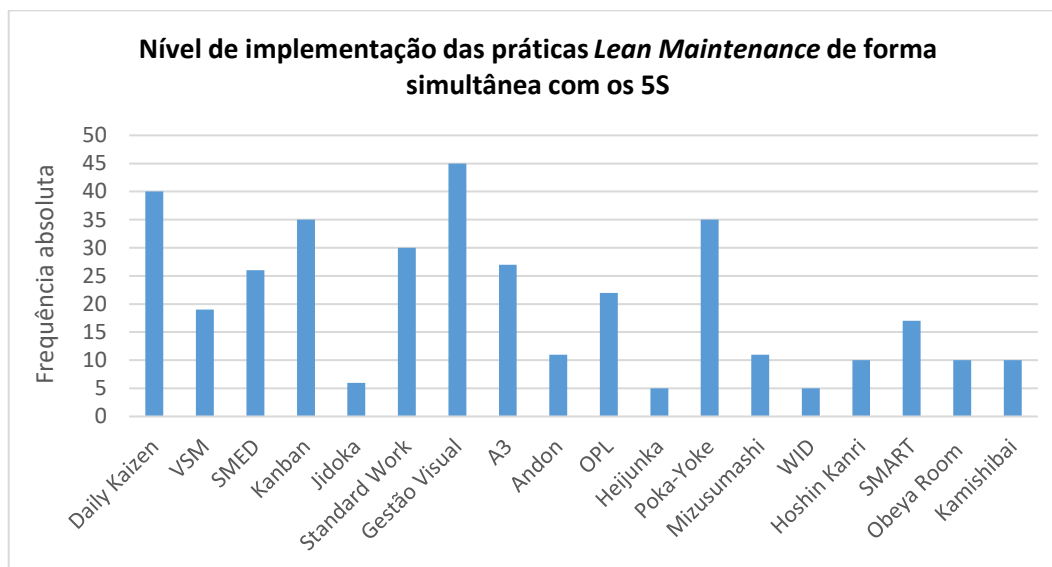


Figura 35 - Nível de implementação das práticas *Lean Maintenance* de forma simultânea com os 5S

Observa-se que os 5S são a prática que regista um maior nível de implementação de forma simultânea com a gestão visual, ao passo que as práticas *WID* e *Heijunka* apresentam o menor índice de implementação em simultâneo com os 5S (figura 36).

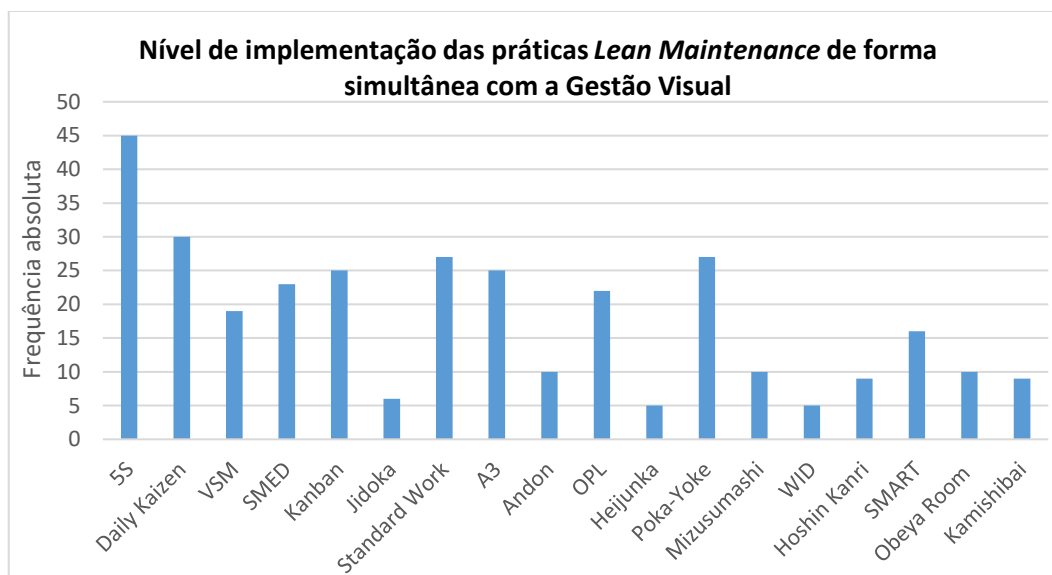


Figura 36 - Nível de implementação das práticas *Lean Maintenance* de forma simultânea com a gestão visual

É possível constatar que os 5S são a prática que regista um maior nível de implementação de forma simultânea com o *Daily Kaizen*, ao passo que as práticas *Heijunka* e *Jidoka* apresentam o menor índice de implementação em simultâneo com o *Daily Kaizen* (figura 37).

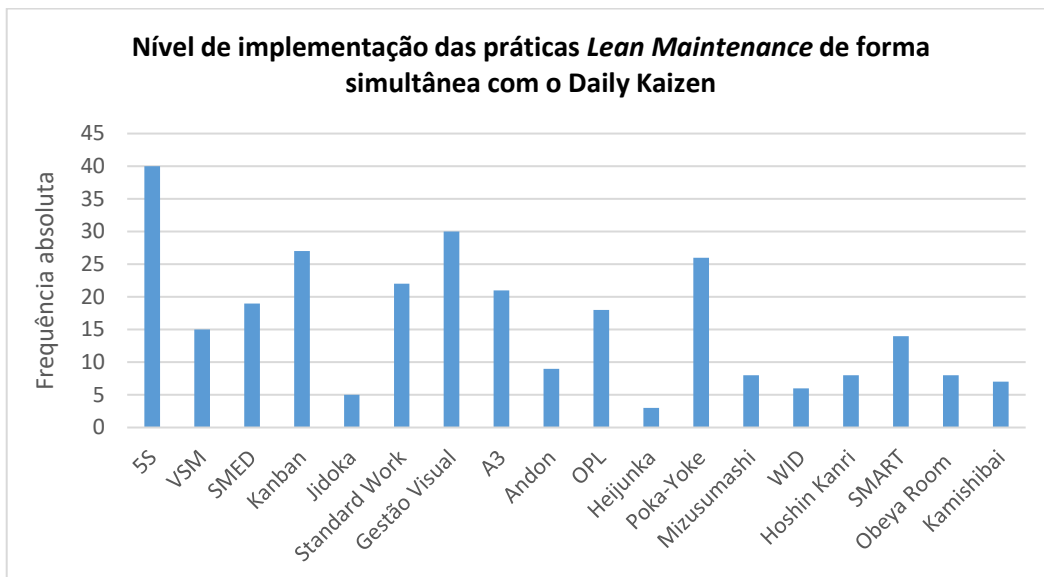


Figura 37 - Nível de implementação das práticas *Lean Maintenance* de forma simultânea com o *Daily Kaizen* Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*, e tal como referido anteriormente, este foi avaliado de acordo com cinco métricas de desempenho operacional, a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade, segurança e custos.

Começando pela dimensão da qualidade, é possível verificar, de acordo com a figura 38, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a qualidade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas *Lean Maintenance*.

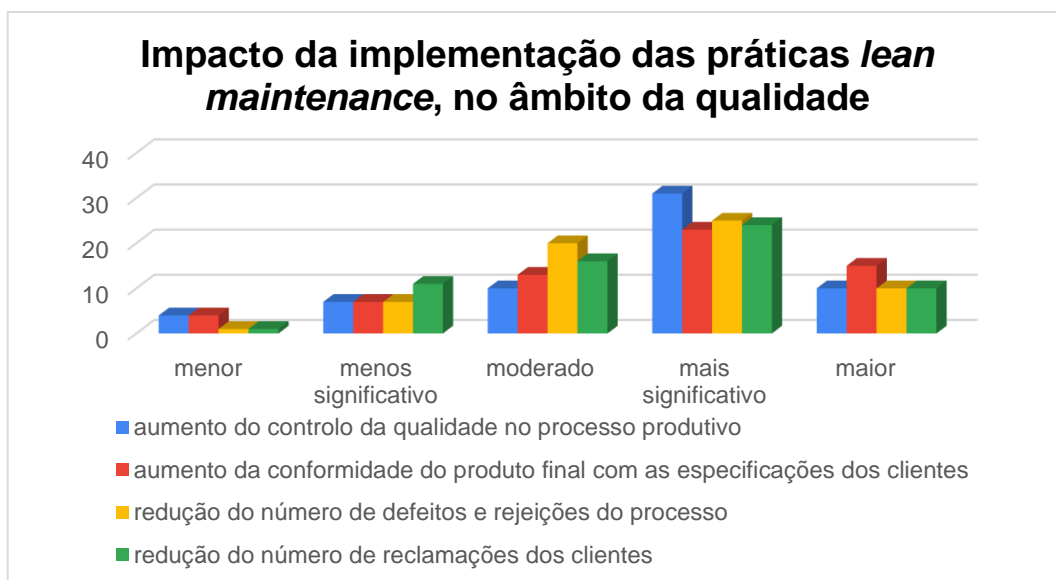


Figura 38 - Impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* na dimensão da qualidade

Com a utilização da escala de Likert baseada em 5 níveis de classificação (1-“menor impacto”; 2-“impacto menos significativo”; 3-“impacto moderado”; 4-“impacto mais significativo”; 5-“maior impacto”) é possível fazer uma conversão para uma escala ordinal numérica, de 1 a 5. A partir dos dados apresentados na tabela 7, verifica-se que todas as características relativas à qualidade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a redução do número de defeitos

e rejeições do processo apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com a menor variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 7 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da qualidade

	<b>Aumento do controlo da qualidade no processo produtivo</b>	<b>Aumento da conformidade do produto final com as especificações do cliente</b>	<b>Redução do número de defeitos e rejeições do processo</b>	<b>Redução do número de reclamações dos clientes</b>
<b>N</b>	62	62	63	63
<b>Média</b>	3,58	3,6	3,61	3,48
<b>Desvio padrão</b>	1,109	1,182	0,936	1,058

No que concerne ao impacto individual das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da qualidade, a partir dos dados apresentados na tabela 8, é possível afirmar que:

- As práticas *Heijunka*, *Jidoka*, *Mizusumashi* e *Hoshin Kanri* apresentam um nível de impacto médio mais alto, de grau “mais significativo”.
- As restantes práticas apresentam um grau de impacto médio de nível “moderado”.

Tabela 8 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* na dimensão da qualidade

<b>Prática <i>Lean Maintenance</i></b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<i>Heijunka</i>	4,3	0,2
<i>Jidoka</i>	4,292	0,187
<i>Mizusumashi</i>	4,091	0,194
<i>Hoshin Kanri</i>	4	0,229
<i>Obeya Room</i>	3,725	0,397
<i>Kanban</i>	3,714	0,154
<i>Andon</i>	3,705	0,24
<b>SMART</b>	3,703	0,224
<b>VSM</b>	3,688	0,188
<i>Standard Work</i>	3,677	0,159
<i>Poka-Yoke</i>	3,653	0,149
<b>A3</b>	3,652	0,151
<b>Gestão visual</b>	3,625	0,145
<b>OPL</b>	3,598	0,176
<b>5S</b>	3,589	0,121
<b>SMED</b>	3,587	0,191
<i>Daily Kaizen</i>	3,5	0,147
<b>WID</b>	3,333	0,363
<i>Kamishibai</i>	3,075	0,284

No que diz respeito à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* na flexibilidade, é possível verificar, de acordo com a figura 39, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a flexibilidade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas *Lean Maintenance*.

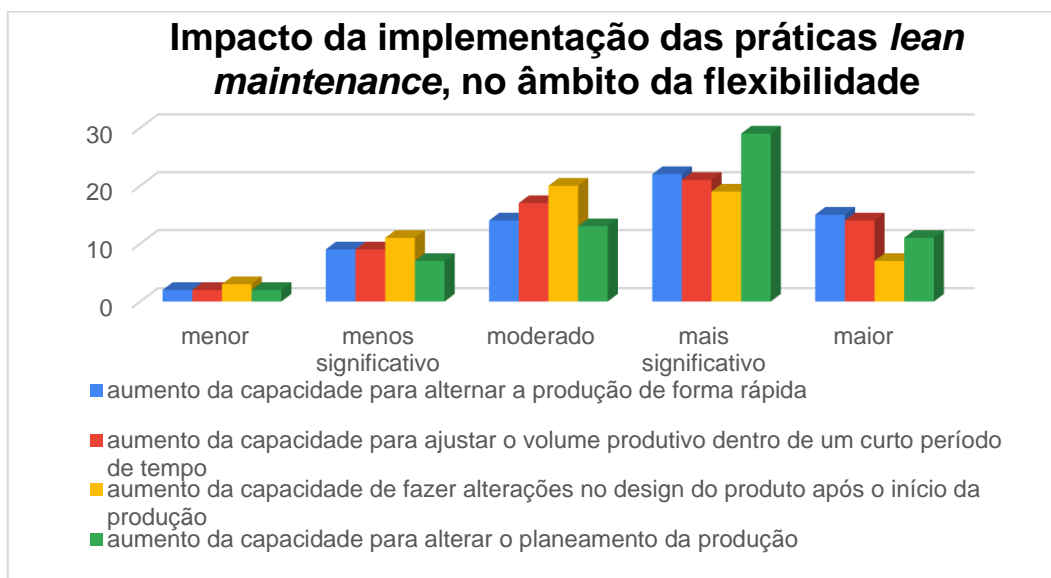


Figura 39 - Nível de impacto da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da flexibilidade

A partir da transformação da escala de Likert, e de acordo com os dados apresentados na tabela 9, verifica-se que todas as características relativas à flexibilidade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que o aumento da capacidade para alterar o planeamento da produção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com a menor variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 9 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da flexibilidade

	Aumento da capacidade para alternar a produção de forma rápida	Aumento da capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo	Aumento da capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção	Aumento da capacidade para alterar o planeamento da produção
<b>N</b>	62	63	60	62
<b>Média</b>	3,63	3,57	3,24	3,65
<b>Desvio padrão</b>	1,089	1,072	1,048	0,988

Relativamente ao impacto individual das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da flexibilidade, a partir dos dados apresentados na tabela 10, é possível afirmar que:

- As práticas *Hoshin Kanri*, *Heijunka*, *Jidoka* e *Mizusumashi* apresentam um nível de impacto médio mais alto, de grau “mais significativo”.
- As restantes práticas apresentam um grau de impacto médio de nível “moderado”.

Tabela 10 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* na dimensão da flexibilidade

Prática <i>Lean Maintenance</i>	Média	Desvio Padrão
<i>Hoshin Kanri</i>	4,333	0,212
<i>Heijunka</i>	4,2	0,31
<i>Jidoka</i>	4	0,171
<i>Mizusumashi</i>	4	0,229
SMART	3,768	0,205
SMED	3,74	0,189
<i>Obeya Room</i>	3,7	0,353
A3	3,694	0,175
<i>Poka-Yoke</i>	3,686	0,148
<i>Andon</i>	3,675	0,154
<i>Standard Work</i>	3,658	0,159
<i>Kanban</i>	3,644	0,152
VSM	3,625	0,219
Gestão visual	3,607	0,159
OPL	3,591	0,19
5S	3,567	0,131
<i>Daily Kaizen</i>	3,5	0,145
<i>Kamishibai</i>	3,15	0,287
WID	3,042	0,344

No que concerne à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* na produtividade, é possível verificar, de acordo com a figura 40, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a produtividade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas *Lean Maintenance*.

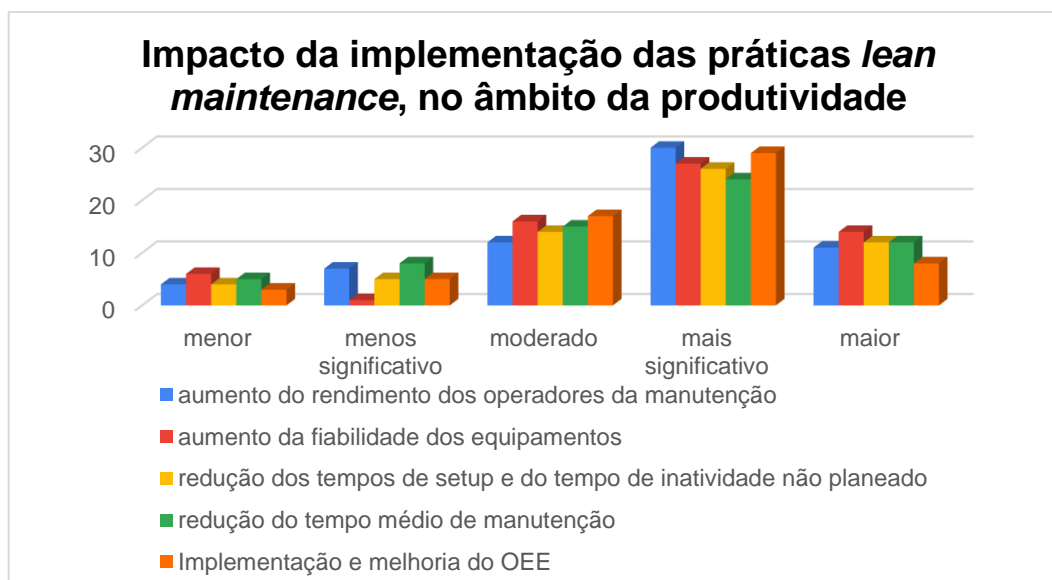


Figura 40 - Nível de impacto da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da produtividade

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 11, verifica-se que todas as características relativas à produtividade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a redução dos tempos de setup e do tempo de inatividade não

planeado, juntamente com o aumento da fiabilidade dos equipamentos são as características que apresentam, em média, um valor de impacto mais elevado, sendo que a primeira, apresenta uma variabilidade mais reduzida relativamente à segunda, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 11 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da produtividade

	Aumento do rendimento dos operadores da manutenção	Aumento da fiabilidade dos equipamentos	Redução dos tempos de setup e do tempo de inatividade não planeado	Redução do tempo médio de manutenção	Implementação e melhoria do OEE
<b>N</b>	64	64	61	64	62
<b>Média</b>	3,60	3,65	3,65	3,48	3,58
<b>Desvio padrão</b>	1,108	1,132	1,055	1,170	0,944

Relativamente ao impacto individual das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da produtividade, a partir dos dados apresentados na tabela 12, é possível afirmar que:

- As práticas *Jidoka*, *Heijunka*, *Mizusumashi* e *Hoshin Kanri* apresentam um nível de impacto médio mais alto, de grau “mais significativo”.
- As restantes práticas apresentam um grau de impacto médio de nível “moderado”.

Tabela 12 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* na dimensão da produtividade

Prática <i>Lean Maintenance</i>	Média	Desvio Padrão
<i>Jidoka</i>	4,233	0,158
<i>Heijunka</i>	4,08	0,102
<i>Mizusumashi</i>	4,055	0,232
<i>Hoshin Kanri</i>	4,022	0,237
<b>SMART</b>	3,72	0,236
<b>SMED</b>	3,715	0,187
<i>Kanban</i>	3,671	0,169
<i>Andon</i>	3,66	0,184
<i>Poka-Yoke</i>	3,65	0,157
<b>OPL</b>	3,644	0,188
<i>Standard Work</i>	3,64	0,172
<b>A3</b>	3,615	0,165
<b>5S</b>	3,579	0,132
<b>Gestão visual</b>	3,526	0,151
<i>Daily Kaizen</i>	3,525	0,149
<b>VSM</b>	3,433	0,252
<i>Obeya Room</i>	3,4	0,4
<b>WID</b>	3,333	0,455
<i>Kamishibai</i>	3,1	0,324

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* na segurança, é possível verificar, de acordo com a figura 41, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a segurança tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas *Lean Maintenance*.

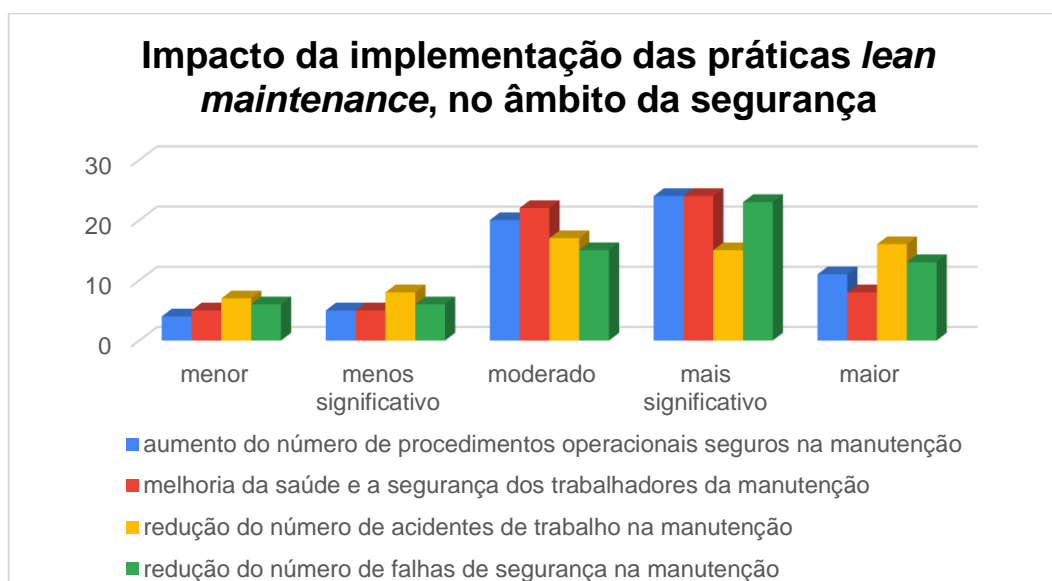


Figura 41 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da segurança

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 13, verifica-se que todas as características relativas à segurança apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que o aumento do número de procedimentos operacionais seguros na manutenção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com um dos menores valores de variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 13 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão da segurança

	<b>Aumento do número de procedimentos operacionais seguros na manutenção</b>	<b>Melhoria da saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção</b>	<b>Redução do número de acidentes de trabalho na manutenção</b>	<b>Redução do número de falhas de segurança na manutenção</b>
<b>N</b>	64	64	63	63
<b>Média</b>	3,55	3,42	3,43	3,52
<b>Desvio padrão</b>	1,066	1,064	1,310	1,206

Relativamente ao impacto individual das práticas *Lean Maintenance* no âmbito da segurança, a partir dos dados apresentados na tabela 14, é possível afirmar que:

- As práticas *Jidoka* e *Heijunka* apresentam um nível de impacto médio mais alto, de grau “mais significativo”.

- De uma forma geral, as restantes práticas apresentam um grau de impacto médio de nível “moderado”, sendo que apenas as ferramentas *Kamishibai* e WID apresentam um impacto médio de nível “menos significativo”.

Tabela 14 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* na dimensão da segurança

Prática <i>Lean Maintenance</i>	Média	Desvio Padrão
<i>Jidoka</i>	4,375	0,256
<i>Heijunka</i>	4,05	0,166
<i>Hoshin Kanri</i>	3,9	0,208
<i>Andon</i>	3,614	0,242
<i>Mizusumashi</i>	3,591	0,365
Gestão visual	3,567	0,155
<i>Obeya Room</i>	3,525	0,445
5S	3,5	0,14
<i>Poka-Yoke</i>	3,493	0,174
<i>Kanban</i>	3,479	0,176
<i>Standard Work</i>	3,453	0,189
SMED	3,442	0,186
A3	3,422	0,201
SMART	3,422	0,231
<i>Daily Kaizen</i>	3,384	0,171
VSM	3,35	0,268
OPL	3,26	0,217
<i>Kamishibai</i>	2,875	0,404
WID	2,792	0,549

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* nos custos, é possível verificar, de acordo com a figura 42, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que os custos têm sido afetados de forma positiva pela implementação das práticas *Lean*.

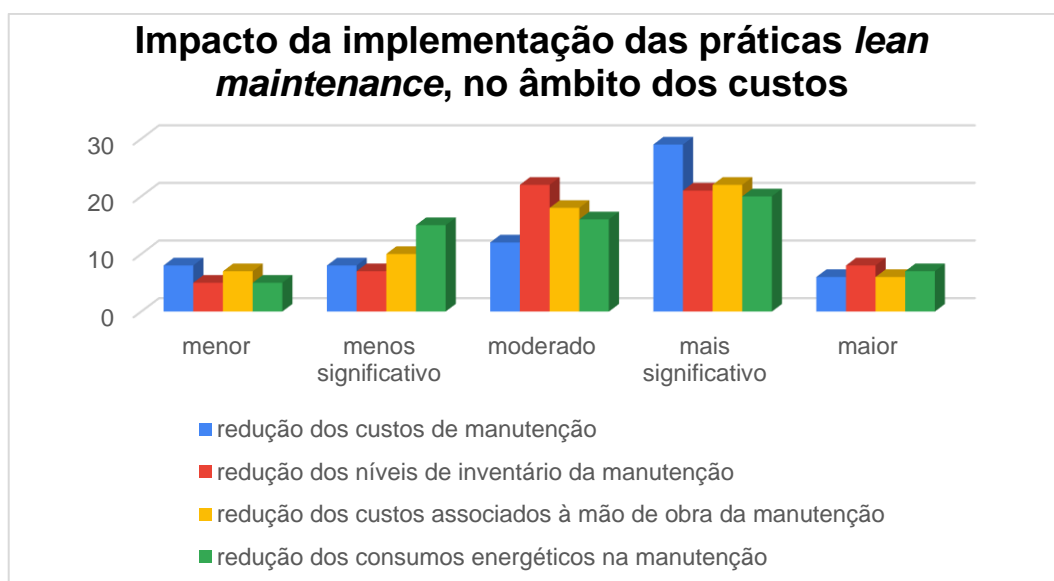


Figura 42 - Nível de impacto da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão dos custos

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 15, verifica-se que todas as características relativas aos custos apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a redução dos níveis de inventário da manutenção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com o menor valor de variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 15 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* para cada característica da dimensão dos custos

	Redução dos custos de manutenção	Redução dos níveis de inventário da manutenção	Redução dos custos associados à mão de obra da manutenção	Redução dos consumos energéticos na manutenção
<b>N</b>	63	63	63	63
<b>Média</b>	3,28	3,31	3,15	3,15
<b>Desvio padrão</b>	1,213	1,104	1,167	1,167

Relativamente ao impacto individual das práticas *Lean Maintenance* no âmbito dos custos, a partir dos dados apresentados na tabela 16, podemos afirmar que:

- A prática *Jidoka* é a aquela que apresenta um nível de impacto médio mais alto, de grau “mais significativo”.
- De uma forma geral, as restantes práticas apresentam um grau de impacto médio de nível “moderado”, sendo que apenas o *Kamishibai* apresenta um nível de impacto médio de nível “pouco significativo”.

Tabela 16 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* na dimensão dos custos

Prática <i>Lean Maintenance</i>	Média	Desvio Padrão
<i>Jidoka</i>	4,1	0,127
<i>Mizusumashi</i>	3,95	0,128
<i>Hoshin Kanri</i>	3,625	0,248
<i>Obeya Room</i>	3,625	0,334
<i>Heijunka</i>	3,6	0,281
<b>SMART</b>	3,5	0,268
<i>Andon</i>	3,475	0,216
<b>VSM</b>	3,474	0,223
<b>A3</b>	3,473	0,159
<i>Kanban</i>	3,427	0,175
<i>Standard Work</i>	3,367	0,178
<b>Gestão visual</b>	3,347	0,149
<i>Poka-Yoke</i>	3,343	0,173
<b>OPL</b>	3,33	0,168
<b>SMED</b>	3,29	0,188
<b>5S</b>	3,263	0,136
<b>WID</b>	3,208	0,344
<i>Daily Kaizen</i>	3,191	0,155
<i>Kamishibai</i>	2,975	0,345

Com o intuito de estudar o impacto “global” decorrente da implementação das práticas *Lean* na manutenção foram criadas 5 novas variáveis, uma para cada dimensão do desempenho

operacional, através do cálculo da média aritmética dos valores obtidos para as características que compõem cada dimensão estudada. A partir da informação apresentada na tabela 17, é possível verificar que a produtividade é a dimensão que registou, em termos médios, um nível de impacto mais alto, ao passo que a dimensão dos custos registou o nível de impacto mais baixo, de entre as cinco dimensões do desempenho operacional.

Tabela 17 - Nível de impacto médio da implementação das práticas *Lean Maintenance* em cada dimensão do desempenho operacional

	lean_qualidade	lean_flexibilidade	lean_produtividade	lean_segurança	lean_custos
<b>N</b>	62	59	60	63	62
<b>Média</b>	3,56	3,53	3,57	3,45	3,23
<b>Desvio padrão</b>	0,930	0,987	0,965	1,093	1,028

De igual modo, e de forma a identificar o impacto global decorrente da implementação de cada uma das práticas *Lean* na manutenção, calculou-se a média aritmética para cada uma das dimensões do desempenho operacional, a partir das variáveis criadas acima, em função da implementação de cada uma das práticas *Lean Maintenance*. De acordo com os dados apresentados na tabela 18, é possível constatar que:

- As práticas *Jidoka* e *Heijunka* são aquelas que apresentam o nível de impacto médio mais alto de entre todas as práticas, de grau “mais significativo”.
- As restantes práticas apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo que as práticas *WID* e *Kamishibai* apresentam o nível de impacto médio mais baixo de entre todas as práticas.

Tabela 18 - Grau de impacto de cada prática *Lean Maintenance* no desempenho operacional

Prática <i>Lean Maintenance</i>	Média	Desvio Padrão
<i>Jidoka</i>	4,2	0,180
<i>Heijunka</i>	4,046	0,212
<i>Hoshin Kanri</i>	3,976	0,227
<i>Mizusumashi</i>	3,937	0,230
<i>Andon</i>	3,626	0,207
<b>SMART</b>	3,623	0,233
<i>Kanban</i>	3,622	0,165
<i>Obeya Room</i>	3,595	0,386
<b>A3</b>	3,571	0,170
<i>Poka-Yoke</i>	3,565	0,160
<i>Standard Work</i>	3,559	0,171
<b>SMED</b>	3,555	0,188
<b>Gestão visual</b>	3,534	0,152
<b>VSM</b>	3,514	0,230
<b>5S</b>	3,499	0,132
<b>OPL</b>	3,485	0,188
<i>Daily Kaizen</i>	3,420	0,153
<b>WID</b>	3,142	0,411
<i>Kamishibai</i>	3,035	0,329

### 4.1.3. Práticas TPM na organização

Nesta secção, pretende-se avaliar o nível de implementação do TPM nas organizações e também o grau de impacto decorrente dessa mesma implementação no desempenho operacional, tendo-se verificado anteriormente que a totalidade das 84 organizações que participaram no estudo possuíam pelo menos uma prática TPM implementada.

De acordo com a tabela 19, observa-se que:

- A manutenção planeada foi a prática implementada de forma mais recorrente pelas organizações que participaram no estudo.
- As práticas formação e treino, juntamente com as melhorias específicas, encontram-se implementadas em mais de dois terços das organizações inquiridas.
- O TPM administrativo é a prática que apresenta um menor nível de implementação, abaixo dos 21%.

Tabela 19 - Grau de implementação das práticas TPM nas organizações

Prática TPM	Frequência Absoluta	Frequência Relativa
Manutenção planeada	73	86,9 %
Formação e treino	59	70,2 %
Melhorias específicas	57	67,9 %
Manutenção autónoma	55	65,5 %
Saúde, segurança e ambiente	54	64,3 %
Gestão de novos equipamentos	39	46,4 %
Manutenção da qualidade	30	35,7 %
TPM administrativo	17	20,2 %

Relativamente ao número de práticas implementadas em cada organização, é possível constatar que grande parte das organizações que constituem a amostra do presente estudo possuem 3,4 ou 6 práticas TPM implementadas, ao passo que apenas 6 das 84 organizações possuem apenas uma prática implementada (figura 43).

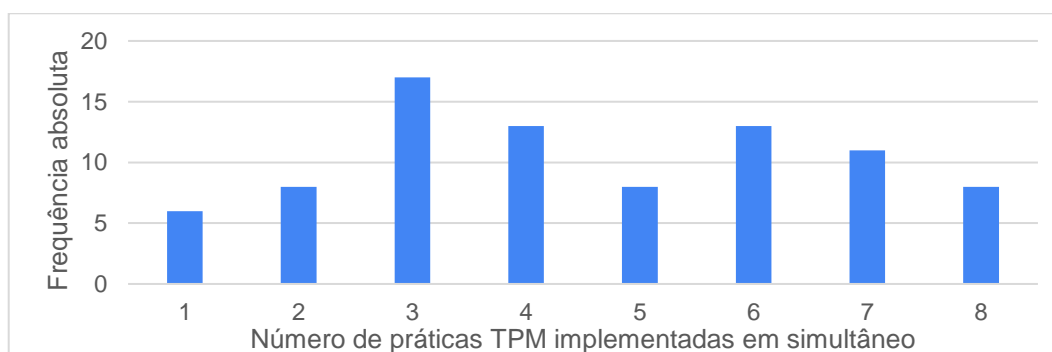


Figura 43 - Número de práticas TPM implementadas em cada organização

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas TPM, este foi avaliado de acordo com as mesmas cinco métricas de desempenho operacional utilizadas para a avaliação do impacto das práticas *Lean Maintenance*, de forma a ser possível estabelecer uma comparação entre os dois conjuntos de práticas.

Começando pela dimensão da qualidade, é possível verificar, de acordo com a figura 44, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a qualidade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas TPM.

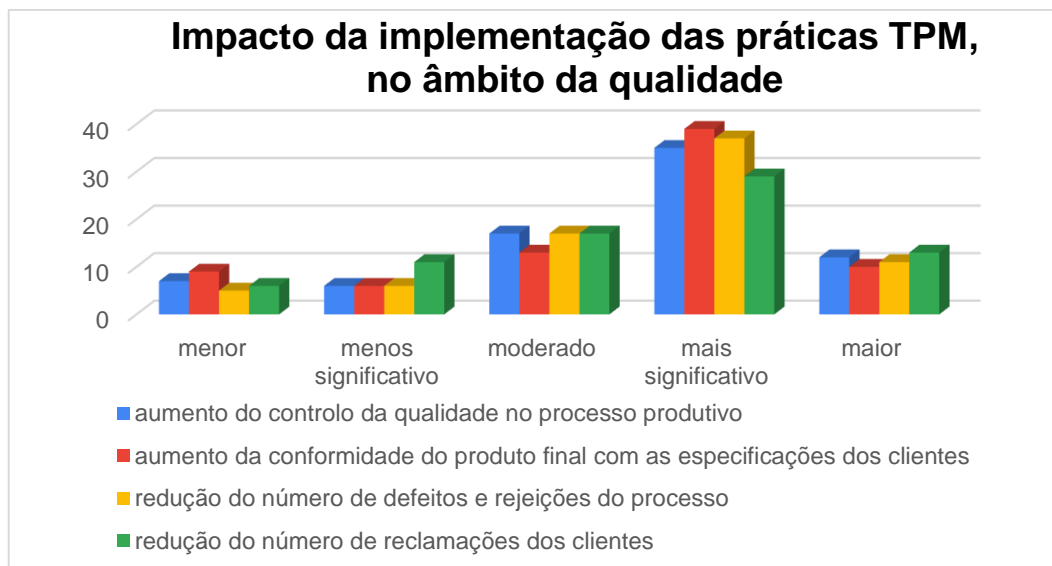


Figura 44 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da qualidade

Com a utilização da escala de Likert baseada em 5 níveis de classificação é possível, tal como foi realizado para o grupo das práticas *Lean*, fazer uma conversão para uma escala ordinal numérica, de 1 a 5.

A partir dos dados apresentados na tabela 20, verifica-se que todas as características relativas à qualidade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a redução do número de defeitos e rejeições do processo apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com a menor variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 20 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da qualidade

	<b>Aumento do controlo da qualidade no processo produtivo</b>	<b>Aumento da conformidade do produto final com as especificações do cliente</b>	<b>Redução do número de defeitos e rejeições do processo</b>	<b>Redução do número de reclamações dos clientes</b>
<b>N</b>	77	77	76	76
<b>Média</b>	3,49	3,44	3,59	3,43
<b>Desvio padrão</b>	1,143	1,188	1,046	1,171

Relativamente ao impacto individual das práticas TPM no âmbito da qualidade, a partir dos dados apresentados na tabela 21, podemos afirmar que todas as práticas TPM apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo a manutenção da qualidade a prática que representa um nível de impacto médio maior na qualidade.

Tabela 21 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da qualidade

Prática TPM	Média	Desvio Padrão
<b>Manutenção da qualidade</b>	3,87	0,159
<b>Gestão de novos equipamentos</b>	3,793	0,157
<b>Saúde, segurança e ambiente</b>	3,735	0,117
<b>TPM administrativo</b>	3,721	0,239
<b>Formação e treino</b>	3,607	0,139
<b>Manutenção autónoma</b>	3,575	0,133
<b>Melhorias específicas</b>	3,564	0,136
<b>Manutenção planeada</b>	3,519	0,124

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas TPM na flexibilidade, é possível verificar, de acordo com a figura 45, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a flexibilidade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas TPM.

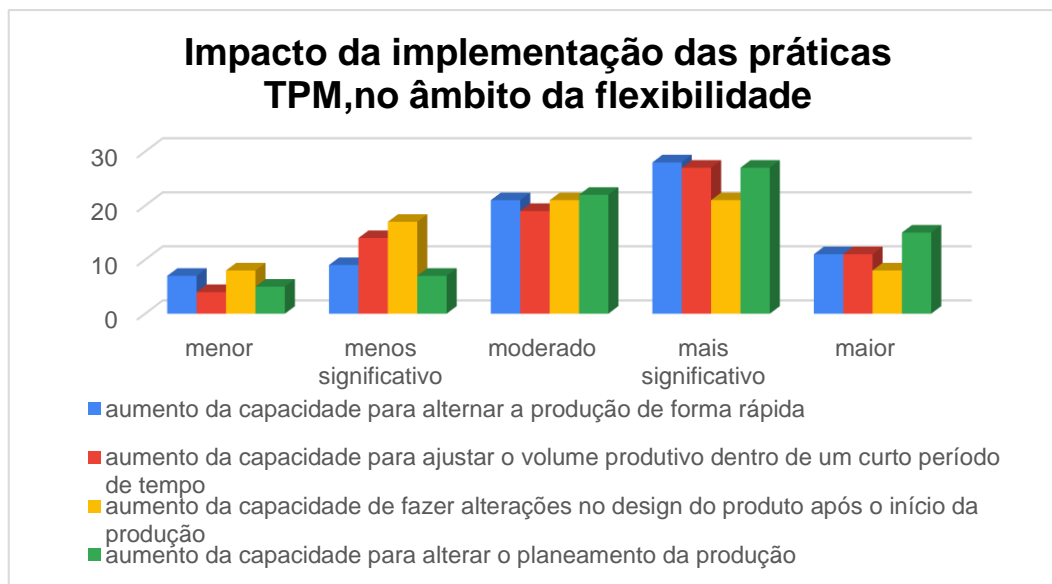


Figura 45 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da flexibilidade

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 22, verifica-se que todas as características relativas à flexibilidade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que o aumento da capacidade para alterar o planeamento da produção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, e também uma das menores

variabilidades entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 22 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da flexibilidade

	<b>Aumento da capacidade para alternar a produção de forma rápida</b>	<b>Aumento da capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo</b>	<b>Aumento da capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção</b>	<b>Aumento da capacidade para alterar o planeamento da produção</b>
<b>N</b>	76	75	75	76
<b>Média</b>	3,36	3,38	3,08	3,51
<b>Desvio padrão</b>	1,154	1,107	1,176	1,113

Relativamente ao impacto individual das práticas TPM no âmbito da flexibilidade, a partir dos dados apresentados na tabela 23, podemos afirmar que todas as práticas TPM apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo a gestão de novos equipamentos a prática que apresenta um nível de impacto médio maior na flexibilidade.

Tabela 23 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da flexibilidade

<b>Prática TPM</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Gestão de novos equipamentos</b>	3,632	0,155
<b>Manutenção da qualidade</b>	3,587	0,199
<b>Saúde, segurança e ambiente</b>	3,516	0,126
<b>Melhorias específicas</b>	3,42	0,137
<b>TPM administrativo</b>	3,397	0,229
<b>Manutenção planeada</b>	3,396	0,125
<b>Formação e treino</b>	3,389	0,15
<b>Manutenção autónoma</b>	3,37	0,135

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas TPM na produtividade, é possível verificar, de acordo com a figura 46, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a produtividade tem sido afetada de forma positiva pela implementação das práticas TPM.

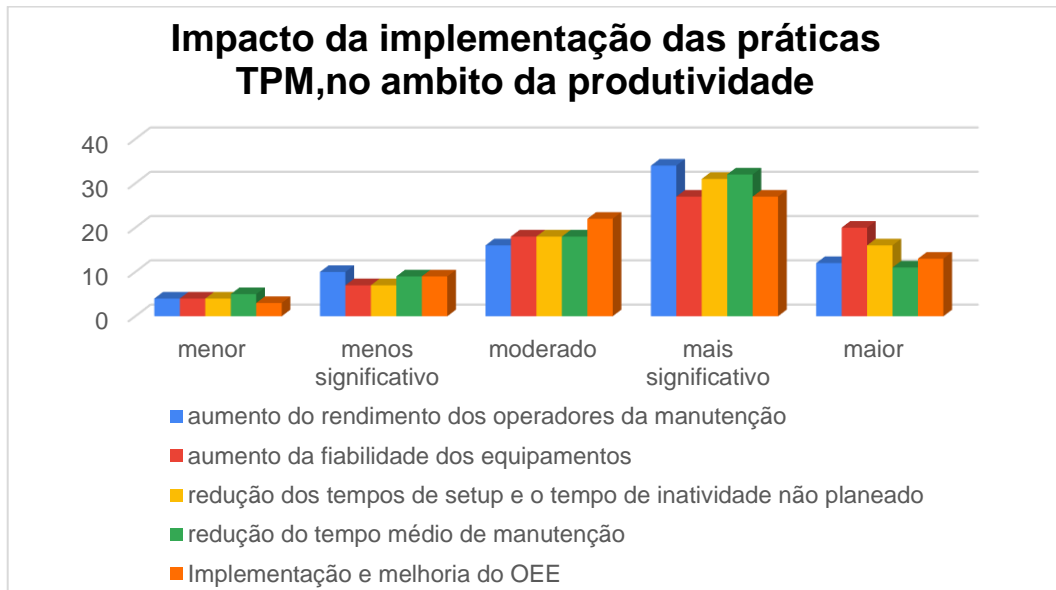


Figura 46 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da produtividade

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 24, verifica-se que todas as características relativas à produtividade apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que o aumento da fiabilidade dos equipamentos apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado entre as cinco características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 24 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da produtividade

	<b>Aumento do rendimento dos operadores da manutenção</b>	<b>Aumento da fiabilidade dos equipamentos</b>	<b>Redução dos tempos de setup e do tempo de inatividade não planeado</b>	<b>Redução do tempo médio de manutenção</b>	<b>Implementação e melhoria do OEE</b>
<b>N</b>	76	76	76	75	74
<b>Média</b>	3,53	3,69	3,64	3,47	3,51
<b>Desvio padrão</b>	1,088	1,134	1,093	1,107	1,061

Relativamente ao impacto individual das práticas TPM no âmbito da produtividade, a partir dos dados apresentados na tabela 25, podemos afirmar que todas as práticas TPM apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo a manutenção da qualidade a prática que representa um nível de impacto médio maior na produtividade.

Tabela 25 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da produtividade

Prática TPM	Média	Desvio padrão
Manutenção da qualidade	3,931	0,161
Gestão de novos equipamentos	3,891	0,129
Saúde, segurança e ambiente	3,796	0,117
Formação e treino	3,715	0,133
Melhorias específicas	3,667	0,131
Manutenção planeada	3,634	0,116
Manutenção autónoma	3,57	0,142
TPM administrativo	3,5	0,215

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas TPM na segurança, é possível verificar, de acordo com a figura 47, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que a segurança tem sido afetada de forma positiva pela implementação das ferramentas TPM.

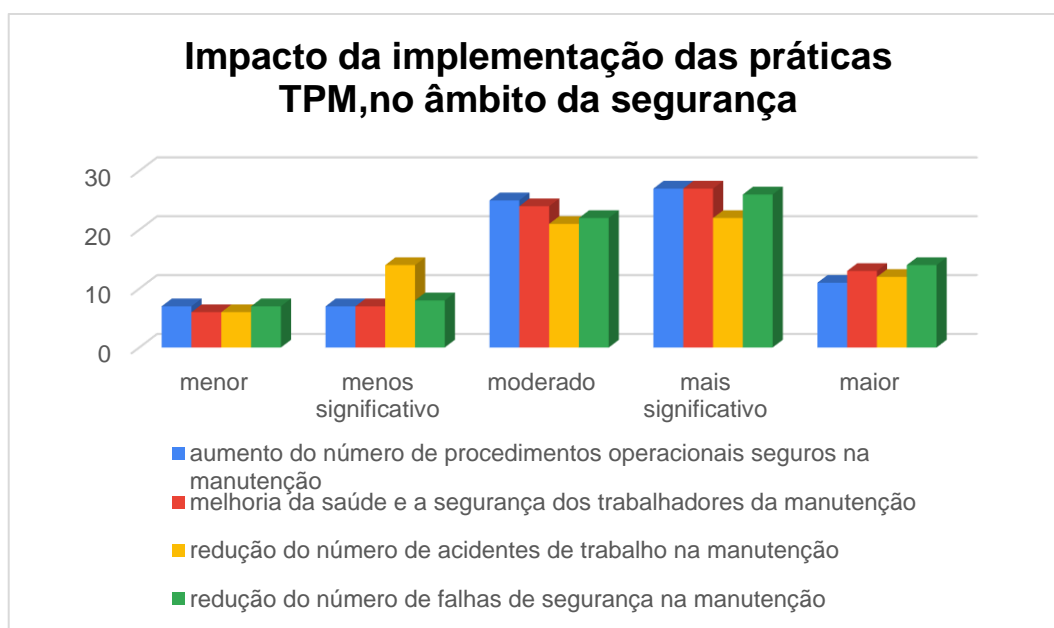


Figura 47 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da segurança

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 26, verifica-se que todas as características relativas à segurança apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a melhoria da saúde e da segurança dos trabalhadores da manutenção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com o menor valor de variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 26 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão da segurança

	<b>Aumento do número de procedimentos operacionais seguros na manutenção</b>	<b>Melhoria da saúde e da segurança dos trabalhadores da manutenção</b>	<b>Redução do número de acidentes de trabalho na manutenção</b>	<b>Redução do número de falhas de segurança na manutenção</b>
<b>N</b>	77	77	75	77
<b>Média</b>	3,37	3,45	3,27	3,43
<b>Desvio padrão</b>	1,136	1,131	1,193	1,187

Relativamente ao impacto individual das práticas TPM no âmbito da segurança, a partir dos dados apresentados na tabela 27, podemos afirmar que todas as práticas TPM apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo a manutenção da qualidade a prática que representa um nível de impacto médio maior na segurança.

Tabela 27 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão da segurança

<b>Prática TPM</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Manutenção da qualidade</b>	3,704	0,181
<b>Gestão de novos equipamentos</b>	3,693	0,151
<b>Saúde, segurança e ambiente</b>	3,578	0,131
<b>Formação e treino</b>	3,528	0,141
<b>Manutenção planeada</b>	3,451	0,13
<b>Melhorias específicas</b>	3,45	0,145
<b>TPM administrativo</b>	3,441	0,237
<b>Manutenção autónoma</b>	3,403	0,148

Relativamente à avaliação do impacto decorrente da implementação das práticas TPM nos custos, é possível verificar, de acordo com a figura 48, uma maior concentração de respostas nos níveis “mais significativo” e “moderado”, pelo que se pode afirmar que os custos têm sido afetados de forma positiva pela implementação das ferramentas TPM.

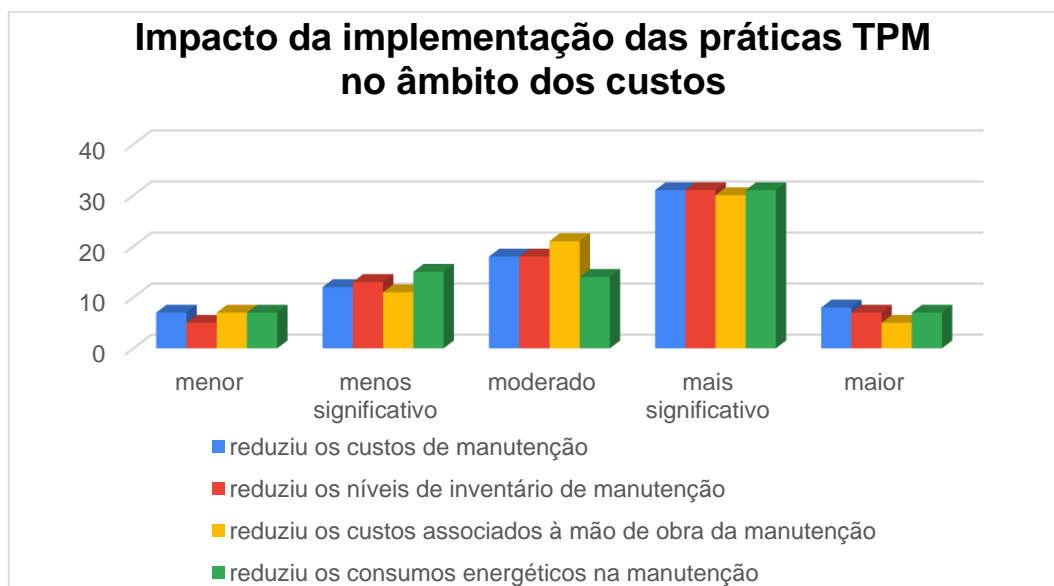


Figura 48 - Nível de impacto da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão dos custos

Recorrendo à transformação da escala de Likert, e a partir dos dados apresentados na tabela 28, verifica-se que todas as características relativas aos custos apresentam um impacto médio de nível “moderado”, sendo que a redução dos níveis de inventário da manutenção apresenta, em média, um valor de impacto mais elevado, juntamente com o menor valor de variabilidade entre as quatro características, o que fortalece a sua posição como aquela que obteve resultados mais positivos.

Tabela 28 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM para cada característica da dimensão dos custos

	Redução dos custos de manutenção	Redução dos níveis de inventário da manutenção	Redução dos custos associados à mão de obra da manutenção	Redução dos consumos energéticos na manutenção
<b>N</b>	76	74	74	74
<b>Média</b>	3,28	3,31	3,21	3,24
<b>Desvio padrão</b>	1,141	1,083	1,087	1,169

Relativamente ao impacto individual das práticas TPM no âmbito dos custos, a partir dos dados apresentados na tabela 29, podemos afirmar que todas as práticas TPM apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”, sendo a manutenção da qualidade a prática que representa um nível de impacto médio maior nos custos.

Tabela 29 - Grau de impacto de cada prática TPM na dimensão dos custos

Prática TPM	Média	Desvio padrão
<b>Manutenção da qualidade</b>	3,539	0,156
<b>Saúde, segurança e ambiente</b>	3,468	0,114
<b>Gestão de novos equipamentos</b>	3,463	0,136
<b>Formação e treino</b>	3,361	0,133
<b>Manutenção autónoma</b>	3,347	0,128
<b>TPM administrativo</b>	3,294	0,247
<b>Manutenção planeada</b>	3,285	0,117
<b>Melhorias específicas</b>	3,25	0,134

Visando o estudo do impacto “global” decorrente da implementação das práticas TPM foram criadas 5 novas variáveis, uma para cada dimensão do desempenho operacional, através do cálculo da média aritmética dos valores obtidos para as características que compõem cada uma das dimensões estudadas, de forma similar ao ocorrido para o grupo de práticas *Lean Maintenance*. A partir da informação apresentada na tabela 30, é possível verificar que a produtividade é a dimensão que registou, em termos médios, um nível de impacto mais alto, ao passo que a dimensão dos custos registou o nível de impacto mais baixo, de entre as cinco dimensões do desempenho operacional.

Tabela 30 - Nível de impacto médio da implementação das práticas TPM em cada dimensão do desempenho operacional

	tpm_qualidade	tpm_flexibilidade	tpm_produtividade	tpm_segurança	tpm_custos
<b>N</b>	78	74	73	75	73
<b>Média</b>	3,48	3,31	3,56	3,36	3,23
<b>Desvio padrão</b>	1,017	1,012	1,003	1,092	0,976

De forma a identificar o impacto global decorrente da implementação de cada uma das práticas TPM, calculou-se a média aritmética para cada uma das dimensões do desempenho operacional, a partir das variáveis criadas acima, em função da implementação de cada uma das práticas TPM. De acordo com os dados apresentados na tabela 31, é possível constatar que a manutenção da qualidade é a prática que apresenta o nível de impacto médio mais alto, sendo que todas as práticas apresentam um nível de impacto médio de grau “moderado”.

Tabela 31 - Grau de impacto de cada prática TPM no desempenho operacional

Prática TPM	Média	Desvio padrão
Manutenção da qualidade	3,726	0,171
Gestão de novos equipamentos	3,694	0,146
Saúde, segurança e ambiente	3,619	0,121
Formação e treino	3,520	0,139
TPM administrativo	3,471	0,233
Melhorias específicas	3,470	0,127
Manutenção planeada	3,457	0,122
Manutenção autónoma	3,453	0,137

## 4.2. Análise estatística inferencial

De forma a aprofundar o conhecimento acerca das práticas *Lean Maintenance* e TPM na indústria portuguesa, procedeu-se à extrapolação dos resultados, obtidos através da análise descritiva, tendo sido realizados vários tipos de testes com o objetivo de relacionar as diferentes variáveis.

Começou por se realizar o teste do Alfa de Cronbach, de forma a averiguar a consistência interna dos conjuntos de questões que constituem a análise do impacto produzido pela implementação das práticas *Lean Maintenance* e TPM. De seguida, efetuou-se o teste de correlação de Spearman, visando a identificação de uma potencial associação entre as variáveis que caracterizam a organização (número de colaboradores e número de operadores da manutenção) e o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* e TPM. Posteriormente, procedeu-se à realização do teste de Kruskal-Wallis, de forma a identificar de que forma o impacto no desempenho operacional se encontra distribuído em função do número de colaboradores e do número de operadores da manutenção das organizações. Por fim, realizou-se novamente o teste de correlação de Spearman, com o intuito de verificar se existe uma relação entre o impacto causado pelas práticas *Lean Maintenance* e TPM no desempenho operacional.

### 4.2.1. Análise da consistência interna através do Alfa de Cronbach

No sentido de avaliar as características que compõem cada uma das dimensões do desempenho operacional, procedeu-se à análise da consistência interna. O índice alfa procura descrever até que ponto os itens de um determinado conjunto medem o mesmo dimensão ou constructo, estando diretamente relacionado com a relação entre esses mesmos itens, variando numericamente entre 0 e 1 (Tavakol & Dennick, 2011). Quanto maiores forem as correlações entre os itens, maior é a homogeneidade dos mesmos e, por sua vez, maior é a consistência com que medem a mesma dimensão ou constructo. Por outro lado, a consistência interna estima a fiabilidade de um conjunto, uma vez que quanto menor é a variabilidade de um mesmo item numa amostra, menor é o erro de medida associado, e, desta forma, mais o coeficiente se aproximará de 1, significando que o conjunto é mais consistente (Maroco & Garcia-Marques, 2006).

Desta forma, o teste foi efetuado apenas para as respostas às questões 8.2 a 8.6 e 9.1 a 9.5, baseadas na escala de Likert e cujas respostas foram codificadas numa escala ordinal numérica de 1 a 5 no SPSS. Relativamente ao grupo de questões inseridas no âmbito das práticas *Lean Maintenance*, para as 21 características avaliadas, obteve-se um valor de alfa igual a 0,968 (figura 49).

**Resumo de processamento do caso**

		N	%
Casos	Válido	55	65,5
	Excluídos <sup>a</sup>	29	34,5
	Total	84	100,0

a. Exclusão de lista com base em todas as variáveis do procedimento.

**Estatísticas de confiabilidade**

Alfa de Cronbach	N de itens
,968	21

Figura 49 - Valor obtido para o alfa de Cronbach relativamente ao grupo de questões no âmbito das práticas *Lean Maintenance* através do SPSS

Obteve-se também o valor de alfa, excluindo-se cada um dos 21 itens, tendo-se verificado que todos os itens contribuem de forma equivalente para o valor total de alfa (figura 50).

<b>Estatísticas de item-total</b>	
	Alfa de Cronbach se o item for excluído
Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo	,967
Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes	,966
Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo	,967
Reduziu o número de reclamações dos clientes	,967
Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida	,966
Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo	,966
Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção	,967
Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção	,966
Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção	,966
Aumentou a fiabilidade dos equipamentos	,966
Reduziu os tempos de setup e o tempo de inatividade não planeado	,967
Reduziu o tempo médio de manutenção	,967
Implementação e melhoria do OEE	,967
Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção	,966
Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção	,966
Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção	,968
Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção	,967
Reduziu os custos de manutenção	,967
Reduziu os níveis de inventário de manutenção	,968
Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção	,966
Reduziu os consumos energéticos na manutenção	,967

Figura 50 – Valores obtidos para o alfa de Cronbach quando cada um dos itens é excluído para o grupo das práticas *Lean Maintenance*

Relativamente ao grupo de questões inseridas no âmbito das práticas TPM, para as 21 características avaliadas pelos 66 participantes, obteve-se um valor de alfa igual a 0,978 (figura 51).

<b>Resumo de processamento do caso</b>			
		N	%
Casos	Válido	66	78,6
	Excluídos <sup>a</sup>	18	21,4
	Total	84	100,0

a. Exclusão de lista com base em todas as variáveis do procedimento.

<b>Estatísticas de confiabilidade</b>	
Alfa de Cronbach	N de itens
,978	21

Figura 51 - Valor obtido para o alfa de Cronbach relativamente ao grupo de questões no âmbito das práticas TPM através do SPSS

Obteve-se novamente o valor de alfa, excluindo-se cada um dos 21 itens, tendo-se verificado que todos os itens contribuem de forma equivalente para o valor total de alfa (figura 52).

<b>Estatísticas de item-total</b>	
	Alfa de Cronbach se o item for excluído
Aumentou o controlo da qualidade no processo produtivo	,977
Aumentou a conformidade do produto final com as especificações dos clientes	,977
Reduziu o número de defeitos e rejeições do processo	,977
Reduziu o número de reclamações dos clientes	,978
Aumentou a capacidade para alternar a produção de forma rápida	,978
Aumentou a capacidade para ajustar o volume produtivo dentro de um curto período de tempo	,977
Aumentou a capacidade de fazer alterações no design do produto após o início da produção	,978
Aumentou a capacidade para alterar o planeamento da produção	,978
Aumentou o rendimento dos operadores da manutenção	,977
Aumentou a fiabilidade dos equipamentos	,978
Reduziu os tempos de setup e o tempo de inatividade não planeado	,977
Reduziu o tempo médio de manutenção	,977
Implementação e melhoria do OEE	,978
Aumentou o número de procedimentos operacionais seguros na manutenção	,977
Melhorou a saúde e a segurança dos trabalhadores da manutenção	,977
Reduziu o número de acidentes de trabalho na manutenção	,978
Reduziu o número de falhas de segurança na manutenção	,977
Reduziu os custos de manutenção	,978
Reduziu os níveis de inventário de manutenção	,978
Reduziu os custos associados à mão de obra da manutenção	,977
Reduziu os consumos energéticos na manutenção	,977

Figura 52 - Valores obtidos para o alfa de Cronbach quando cada um dos itens é excluído para o grupo das práticas TPM

Desta forma, e comparando o valor obtido para os dois grupos de questões com os valores apresentados na tabela 32, verifica-se que o nível da consistência interna das perguntas selecionadas é excelente.

Tabela 32 - Nível de consistência interna de acordo com o valor do alfa de Cronbach (adaptado de George & Mallery, 2019)

Valor de alfa	Consistência interna
<b>Menor que 0,5</b>	Inaceitável
<b>Entre 0,5 e 0,6</b>	Pobre
<b>Entre 0,6 e 0,7</b>	Questionável
<b>Entre 0,7 e 0,8</b>	Aceitável
<b>Entre 0,8 e 0,9</b>	Bom
<b>Entre 0,9 e 1</b>	Excelente

### 4.2.2. Testes de hipóteses

De forma a avaliar a relação entre as variáveis, recorreu-se à realização de testes de hipóteses. Tendo em conta os dados obtidos através do questionário, realizaram-se os seguintes testes:

- Número de colaboradores da empresa versus impacto das práticas *Lean Maintenance*
- Número de colaboradores da empresa versus impacto das práticas TPM
- Número de operadores da manutenção versus impacto das práticas *Lean Maintenance*
- Número de operadores da manutenção versus impacto das práticas TPM
- Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de colaboradores da empresa
- Diferenças no impacto das práticas TPM em função do número de colaboradores da empresa
- Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de operadores da manutenção
- Diferenças no impacto das práticas TPM em função do número de operadores da manutenção
- Impacto das práticas *Lean Maintenance* versus impacto das práticas TPM
- Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* versus impacto das práticas TPM

#### a) Número de colaboradores da empresa versus impacto das práticas *Lean Maintenance*

Este teste pretende verificar se existe uma associação entre o número de colaboradores da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*. Para a sua realização, foram utilizadas as 5 novas variáveis criadas para identificar o impacto global decorrente da implementação das práticas *Lean* na manutenção em cada uma das dimensões do desempenho operacional.

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman, que varia entre -1 e 1, sendo que quanto mais próximo desses mesmos extremos esteja o valor do coeficiente, maior será a força da relação entre as variáveis (George & Mallery, 2019).

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- Hipótese  $H_0$ : não existe associação entre o número de colaboradores da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas *Lean Maintenance*
- Hipótese  $H_1$ : existe associação entre o número de colaboradores da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas *Lean Maintenance*

De acordo com o resultado obtido, apresentado na figura 53, é possível observar que os valores do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis em estudo são muito baixos, isto é, não estão próximos numericamente de -1 ou 1. Relativamente ao valor da probabilidade associada, os resultados apresentados são todos superiores à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula para nenhuma das dimensões analisadas.

			Correlações					
			Número de colaboradores da empresa	lean_qualidade	lean_flexibilidade	lean_productividade	lean_segurança	lean_custos
rô de Spearman	Número de colaboradores da empresa	Coefficiente de Correlação	1,000	-,143	,055	-,174	-,121	,014
		Sig. (2 extremidades)	.	,268	,679	,185	,345	,917
		N	84	62	59	60	63	62

Figura 53 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de colaboradores e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas *Lean Maintenance*

#### b) Número de colaboradores da empresa versus impacto das práticas TPM

Este teste pretende verificar se existe uma associação entre o número de colaboradores da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas TPM. Para a sua realização, foram utilizadas as 5 novas variáveis criadas para identificar o impacto global decorrente da implementação das práticas TPM em cada uma das dimensões do desempenho operacional.

O teste executado foi, novamente, o teste do coeficiente de correlação de Spearman.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- Hipótese H<sub>0</sub>: não existe associação entre o número de colaboradores da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas TPM
- Hipótese H<sub>1</sub>: existe associação entre o número de colaboradores da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas TPM

De acordo com o resultado obtido, apresentado na figura 54, é possível observar que os valores do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis em estudo são muito baixos, isto é, não estão próximos numericamente de -1 ou 1. Relativamente ao valor da probabilidade associada, os resultados apresentados são todos superiores à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se não se rejeita a hipótese nula para nenhuma das dimensões analisadas.

			Correlações					
			Número de colaboradores da empresa	tpm_qualidade	tpm_flexibilidade	tpm_productividade	tpm_segurança	tpm_custos
rô de Spearman	Número de colaboradores da empresa	Coefficiente de Correlação	1,000	,032	-,063	,044	-,054	-,035
		Sig. (2 extremidades)	.	,782	,596	,715	,648	,772
		N	84	76	74	73	75	73

Figura 54 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de colaboradores e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas TPM

### c) Número de operadores da manutenção versus impacto das práticas *Lean Maintenance*

Este teste pretende verificar se existe uma associação entre o número de operadores de manutenção da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*. Para a sua realização, utilizaram-se as 5 novas variáveis criadas para cada uma das dimensões do desempenho operacional, no âmbito do impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*.

O teste executado foi o teste do coeficiente de correlação de Spearman.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- Hipótese H<sub>0</sub>: não existe associação entre o número de operadores da manutenção da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas *Lean Maintenance*
- Hipótese H<sub>1</sub>: existe associação entre o número de operadores de manutenção da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas *Lean Maintenance*

De acordo com o resultado obtido, apresentado na figura 55, é possível observar que os valores do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis em estudo são muito baixos, isto é, não estão próximos numericamente de -1 ou 1.

Relativamente ao valor da probabilidade associada, os resultados apresentados são todos superiores à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se não se rejeita a hipótese nula para nenhuma das dimensões analisadas.

			Correlações					
			Número de operadores da manutenção	lean_qualidade	lean_flexibilidade	lean_produtividade	lean_segurança	lean_custos
rô de Spearman	Número de operadores da manutenção	Coefficiente de Correlação	1,000	-,040	,038	-,069	-,118	,024
		Sig. (2 extremidades)	.	,757	,775	,602	,356	,853
		N	84	62	59	60	63	62

Figura 55 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de operadores da manutenção e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas *Lean Maintenance*

### d) Número de operadores da manutenção versus impacto das práticas TPM

Este teste pretende verificar se existe uma associação entre o número de operadores de manutenção da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas TPM. Para a sua realização, utilizaram-se as 5 novas variáveis criadas para cada uma das dimensões do desempenho operacional, no âmbito do impacto decorrente da implementação das práticas TPM.

O teste executado foi o teste do coeficiente de correlação de Spearman.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- Hipótese H<sub>0</sub>: não existe associação entre o número de operadores da manutenção da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas TPM

- Hipótese H<sub>1</sub>: existe associação entre o número de operadores de manutenção da empresa e o nível de impacto resultante da implementação das práticas TPM

De acordo com o resultado obtido, apresentado na figura 56, é possível observar que os valores do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis em estudo são muito baixos, isto é, não estão próximos numericamente de -1 ou 1. Relativamente ao valor da probabilidade associada, os resultados apresentados são todos superiores à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se não se rejeita a hipótese nula para nenhuma das dimensões analisadas.

			Número de operadores da manutenção	tpm_qualidade	tpm_flexibilidade	tpm_produtividade	tpm_segurança	tpm_custos
Coeficiente de Correlação	Número de operadores da manutenção		1,000	-,002	-,018	,026	,053	,054
	Sig. (2 extremidades)		.	,988	,880	,824	,651	,647
	N		84	76	74	73	75	73

Figura 56 - Matriz de correlações de Spearman, entre o número de operadores da manutenção e as dimensões do desempenho operacional no âmbito das práticas TPM

#### e) Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de colaboradores da empresa

Apesar de não se ter verificado que existisse uma correlação entre o número de colaboradores da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*, decidiu-se verificar se o impacto das mesmas difere ou não em função da dimensão das organizações. Desta forma, o teste escolhido foi o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, usado para comparar três ou mais populações, com o objetivo de verificar se todas as populações seguem a mesma distribuição ou se há diferenças em pelo menos duas das populações ao nível da distribuição (McKight & Najab, 2010).

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação, para cada uma das dimensões consideradas para o desempenho operacional:

- H<sub>0</sub>: não existem diferenças ao nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao número de colaboradores da empresa
- H<sub>1</sub>: existem diferenças ao nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao número de colaboradores da empresa

Para a realização do presente teste, utilizaram-se as variáveis criadas anteriormente para cada uma das dimensões do desempenho operacional. Uma vez que se identificaram diferenças significativas na dimensão dos grupos, em particular nas micro e pequenas empresas, agruparam-se as mesmas num único grupo.

No âmbito da qualidade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 57).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
lean_qualidade	1 a 49	9	44,61
	50 a 249	13	24,85
	250 a 499	9	32,78
	500 ou mais	31	30,11
	Total	62	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

lean_qualidade	
H de Kruskal-Wallis	6,825
gl	3
Significância Sig.	,078

Figura 57 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da flexibilidade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 58).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
lean_flexibilidade	1 a 49	7	29,71
	50 a 249	13	23,35
	250 a 499	9	39,72
	500 ou mais	30	30,03
	Total	59	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

lean_flexibilidade	
H de Kruskal-Wallis	4,874
gl	3
Significância Sig.	,181

Figura 58 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da produtividade, observa-se que o resultado apresentado é inferior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula, havendo evidências de que existem diferenças entre grupos (figura 59).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
lean_produtividade	1 a 49	9	46,61
	50 a 249	14	19,68
	250 a 499	9	38,89
	500 ou mais	28	28,04
	Total	60	

### **Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

	lean_produtividade
H de Kruskal-Wallis	15,809
gl	3
Significância Sig.	,001

Figura 59 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito implementação das práticas *Lean Maintenance*

Através da análise das comparações entre grupos (figura 60), verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao impacto das práticas *Lean Maintenance* na dimensão da produtividade, entre as micro e pequenas empresas (1 a 49 colaboradores) e as médias empresas (50 a 249 colaboradores) e também entre as micro e pequenas empresas (1 a 49 colaboradores) e as empresas de muito grande dimensão (500 ou mais).

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Ajust.
50 a 249-1 a 49	26,933	7,428	3,626	,000	,002
500 ou mais-1 a 49	18,575	6,662	2,788	,005	,032
500 ou mais-250 a 499	10,853	6,662	1,629	,103	,620
250 a 499-1 a 49	7,722	8,196	,942	,346	1,000
50 a 249-500 ou mais	-8,357	5,691	-1,468	,142	,852
50 a 249-250 a 499	-19,210	7,428	-2,586	,010	,058

Figura 60 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da segurança, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 61).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
lean_segurança	1 a 49	9	40,67
	50 a 249	14	27,18
	250 a 499	9	37,56
	500 ou mais	31	30,05
	Total	63	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

lean_segurança	
H de Kruskal-Wallis	4,214
gl	3
Significância Sig.	,239

Figura 61 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito dos custos, observa-se que o resultado apresentado é inferior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula, havendo evidências de que existem diferenças entre grupos (figura 62).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
lean_custos	1 a 49	9	37,44
	50 a 249	13	19,96
	250 a 499	9	43,44
	500 ou mais	31	31,15
	Total	62	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

lean_custos	
H de Kruskal-Wallis	10,365
gl	3
Significância Sig.	,016

Figura 62 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para a variável número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

Através da análise das comparações entre grupos (figura 63), verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao impacto das práticas *Lean Maintenance* na dimensão dos custos, entre as médias empresas (50 a 249 colaboradores) e as grandes empresas (250 a 499 colaboradores).

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Ajust.
50 a 249-500 ou mais	-11,184	5,928	-1,886	,059	,355
50 a 249-1 a 49	17,483	7,780	2,247	,025	,148
50 a 249-250 a 499	-23,483	7,780	-3,018	,003	,015
500 ou mais-1 a 49	6,299	6,794	,927	,354	1,000
500 ou mais-250 a 499	12,299	6,794	1,810	,070	,421
1 a 49-250 a 499	-6,000	8,458	-,709	,478	1,000

Figura 63 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

**f) Diferenças no impacto das práticas TPM em função do número de colaboradores da empresa**

Apesar de não se ter verificado que existisse uma correlação entre o número de colaboradores da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas TPM, tal como ocorreu com as práticas *Lean*, decidiu-se verificar se o impacto das mesmas difere ou não em função da dimensão das organizações, tendo-se realizado, novamente, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- $H_0$ : não existem diferenças ao nível do impacto das práticas TPM relativamente ao número de colaboradores da empresa
- $H_1$ : existem diferenças ao nível do impacto das práticas TPM relativamente ao número de colaboradores da empresa

Novamente, e à semelhança do que aconteceu no teste anterior, identificaram-se diferenças significativas na dimensão dos grupos, em particular nas micro e pequenas empresas, tendo-se agrupado as mesmas num único grupo.

No âmbito da qualidade, observa-se que o resultado apresentado é inferior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula, havendo evidências de que existem diferenças entre grupos (figura 64).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
tpm_qualidade	1 a 49	13	48,12
	50 a 249	18	25,92
	250 a 499	10	40,35
	500 ou mais	35	40,87
	Total	76	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

tpm_qualidade <sup>e</sup>	
H de Kruskal-Wallis	9,078
gl	3
Significância Sig.	,028

Figura 64 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

Através da análise das comparações entre grupos (figura 65), verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao impacto das práticas TPM na dimensão da qualidade, entre as micro e pequenas (1 a 49 colaboradores) e as médias empresas (50 a 249 colaboradores).

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Ajust.
50 a 249-250 a 499	-14,433	8,567	-1,685	,092	,552
50 a 249-500 ou mais	-14,955	6,300	-2,374	,018	,106
50 a 249-1 a 49	22,199	7,906	2,808	,005	,030
250 a 499-500 ou mais	-,521	7,788	-,067	,947	1,000
250 a 499-1 a 49	7,765	9,136	,850	,395	1,000
500 ou mais-1 a 49	7,244	7,055	1,027	,305	1,000

Figura 65 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da flexibilidade, observa-se que o resultado apresentado é inferior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula, havendo evidências de que existem diferenças entre grupos (figura 66).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
tpm_flexibilidade	1 a 49	13	46,65
	50 a 249	18	26,94
	250 a 499	10	48,60
	500 ou mais	33	36,29
	Total	74	

### **Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

tpm_flexibilid ade	
H de Kruskal-Wallis	9,598
gl	3
Significância Sig.	,022

Figura 66 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

Através da análise das comparações entre grupos (figura 67), relativamente ao impacto das práticas TPM na dimensão da flexibilidade, existem indícios de diferenças entre as Micro/pequenas empresas e as médias empresas, e entre as médias empresas e as grandes empresas.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Ajust.
50 a 249-500 ou mais	-9,343	6,256	-1,493	,135	,812
50 a 249-1 a 49	19,709	7,771	2,536	,011	,067
50 a 249-250 a 499	-21,656	8,421	-2,572	,010	,061
500 ou mais-1 a 49	10,366	6,991	1,483	,138	,829
500 ou mais-250 a 499	12,312	7,707	1,598	,110	,661
1 a 49-250 a 499	-1,946	8,981	-,217	,828	1,000

Figura 67 - Comparações entre os grupos do número de colaboradores da empresa, relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da produtividade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 68).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
tpm_produtividade	1 a 49	13	42,58
	50 a 249	18	27,14
	250 a 499	10	41,50
	500 ou mais	32	38,88
	Total	73	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

tpm_produtividade	
H de Kruskal-Wallis	5,575
gl	3
Significância Sig.	,134

Figura 68 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da segurança, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 69).

<b>Postos</b>			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
tpm_segurança	1 a 49	13	42,88
	50 a 249	19	32,21
	250 a 499	11	47,14
	500 ou mais	32	36,31
	Total	75	

**Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>**

tpm_segurança	
H de Kruskal-Wallis	4,188
gl	3
Significância Sig.	,242

Figura 69 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito dos custos, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 70).

Postos			
	Número de colaboradores da empresa	N	Posto Médio
tpm_custos	1 a 49	12	44,92
	50 a 249	19	28,05
	250 a 499	11	46,27
	500 ou mais	31	36,13
	Total	73	

### Estadísticas de teste<sup>a,b</sup>

tpm_custos	
H de Kruskal-Wallis	7,349
gl	3
Significância Sig.	,062

Figura 70 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de colaboradores da empresa relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas TPM

#### g) Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de operadores da manutenção

Apesar de não se ter verificado que existisse uma correlação entre o número de colaboradores da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance*, decidiu-se verificar se o impacto das mesmas difere ou não em função da dimensão das organizações.

Desta forma, o teste escolhido foi o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, usado para comparar três ou mais populações, com o objetivo de verificar se todas as populações seguem a mesma distribuição ou se pelo menos duas das populações diferem ao nível da distribuição.

Formularam-se então as seguintes hipóteses:

- $H_0$ : não existem diferenças ao nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao número de operadores da manutenção da empresa
- $H_1$ : existem diferenças ao nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao número de operadores de manutenção da empresa

No âmbito da qualidade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 71).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
lean_qualidade	1 a 5	15	39,30
	6 a 10	10	22,70
	11 a 19	12	24,46
	20 ou mais	25	33,72
	Total	62	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	lean_qualidade
H de Kruskal-Wallis	7,472
gl	3
Significância Sig.	,058

Figura 71 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da flexibilidade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 72).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
lean_flexibilidade	1 a 5	13	27,62
	6 a 10	10	33,50
	11 a 19	12	28,25
	20 ou mais	24	30,71
	Total	59	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	lean_flexibilidade
H de Kruskal-Wallis	,838
gl	3
Significância Sig.	,840

Figura 72 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da produtividade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 73).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
lean_produtividade	1 a 5	15	32,57
	6 a 10	10	35,15
	11 a 19	12	23,75
	20 ou mais	23	30,65
	Total	60	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	lean_produtividade
H de Kruskal-Wallis	2,738
gl	3
Significância Sig.	,434

Figura 73 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito da segurança, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 74).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
lean_segurança	1 a 5	16	36,81
	6 a 10	10	31,20
	11 a 19	12	28,83
	20 ou mais	25	30,76
	Total	63	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	lean_segurança
H de Kruskal-Wallis	1,616
gl	3
Significância Sig.	,656

Figura 74 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

No âmbito dos custos, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 75).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
lean_custos	1 a 5	16	32,50
	6 a 10	10	31,85
	11 a 19	11	25,36
	20 ou mais	25	33,42
	Total	62	

#### Estadísticas de teste<sup>a,b</sup>

lean_custos	
H de Kruskal-Wallis	1,627
gl	3
Significância Sig.	,653

Figura 75 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas *Lean Maintenance*

#### h) Diferenças no impacto das práticas TPM em função do número de operadores da manutenção

Apesar de não se ter verificado que existisse uma correlação entre o número de operadores da manutenção da empresa e o impacto decorrente da implementação das práticas TPM, decidiu-se verificar se o impacto das mesmas difere ou não em função da dimensão das organizações. Desta forma, o teste escolhido foi, mais uma vez, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- $H_0$ : não existem diferenças ao nível do impacto das práticas TPM relativamente ao número de colaboradores da empresa
- $H_1$ : existem diferenças ao nível do impacto das práticas TPM relativamente ao número de colaboradores da empresa

No âmbito da qualidade, observa-se que o resultado apresentado é inferior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula, havendo evidências de que existem diferenças entre grupos (figura 76).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
tpm_qualidade	1 a 5	22	41,80
	6 a 10	13	39,42
	11 a 19	12	22,25
	20 ou mais	29	42,31
	Total	76	

### Estadísticas de teste<sup>a,b</sup>

tpm_qualidade	
e	
H de Kruskal-Wallis	8,139
gl	3
Significância Sig.	,043

Figura 76 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

Através da análise das comparações entre grupos (figura 77), verifica-se que existem diferenças estatisticamente significativas, relativamente ao impacto das práticas TPM na dimensão da qualidade, pelo menos entre as empresas com equipas de manutenção de grande dimensão (11 a 19 operadores da manutenção) e as empresas com equipas de manutenção de muito grande dimensão (20 ou mais operadores da manutenção).

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Ajust.
11 to 19-6 to 10	17,173	8,695	1,975	,048	,290
11 to 19-1 to 5	19,545	7,795	2,507	,012	,073
11 to 19-20 or more	-20,060	7,455	-2,691	,007	,043
6 to 10-1 to 5	2,372	7,598	,312	,755	1,000
6 to 10-20 or more	-2,887	7,250	-,398	,690	1,000
1 to 5-20 or more	-,515	6,141	-,084	,933	1,000

Figura 77 - Comparações entre os grupos do número de operadores da manutenção, relativamente à dimensão da qualidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da flexibilidade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 78).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
tpm_flexibilidade	1 a 5	22	37,43
	6 a 10	13	42,08
	11 a 19	11	31,77
	20 ou mais	28	37,68
	Total	74	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	tpm_flexibilidade
H de Kruskal-Wallis	1,391
gl	3
Significância Sig.	,708

Figura 78 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da flexibilidade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da produtividade, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 79).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
tpm_produtividade	1 a 5	22	35,00
	6 a 10	11	44,68
	11 a 19	12	31,33
	20 ou mais	28	37,98
	Total	73	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	tpm_produtividade
H de Kruskal-Wallis	2,595
gl	3
Significância Sig.	,458

Figura 79 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da produtividade, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito da segurança, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 80).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
tpm_segurança	1 a 5	21	36,12
	6 a 10	13	41,81
	11 a 19	12	32,21
	20 ou mais	29	40,05
	Total	75	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	tpm_seguran ça
H de Kruskal-Wallis	1,685
gl	3
Significância Sig.	,640

Figura 80 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão da segurança, no âmbito da implementação das práticas TPM

No âmbito dos custos, observa-se que o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo evidências de que haja diferenças entre grupos (figura 81).

### Teste Kruskal-Wallis

	Postos		
	Número de operadores da manutenção	N	Posto Médio
tpm_custos	1 a 5	22	35,98
	6 a 10	11	40,59
	11 a 19	12	29,38
	20 ou mais	28	39,66
	Total	73	

#### Estatísticas de teste<sup>a,b</sup>

	tpm_custos
H de Kruskal-Wallis	2,404
gl	3
Significância Sig.	,493

Figura 81 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis para o número de operadores da manutenção relativamente à dimensão dos custos, no âmbito da implementação das práticas TPM

#### i) Impacto das práticas *Lean Maintenance* versus impacto das práticas TPM

De forma a estudar a relação entre o impacto produzido pela implementação das práticas *Lean Maintenance* e pela implementação das práticas TPM, procedeu-se à realização do teste de correlação do coeficiente de Spearman.

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- $H_0$ : não existe associação entre o nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao nível do impacto das práticas TPM, em cada dimensão estudada
- $H_1$ : existe associação entre o nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao nível do impacto das práticas TPM, em cada dimensão estudada

Relativamente à dimensão da qualidade, o resultado apresentado é superior à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula para a dimensão analisada, havendo evidências de que existe uma correlação ao nível do impacto na qualidade para ambos os conjuntos de práticas (figura 82).

**Correlações**

			lean_qualidade	tpm_qualidade
rô de Spearman	lean_qualidade	Coefficiente de Correlação	1,000	,817**
		Sig. (2 extremidades)	.	,000
		N	62	62
	tpm_qualidade	Coefficiente de Correlação	,817**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,000	.
		N	62	76

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 82 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas *Lean Maintenance* na qualidade e impacto das práticas TPM na qualidade

Relativamente à dimensão da flexibilidade, o resultado apresentado é superior à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula para a dimensão analisada, havendo evidências de que existe uma correlação ao nível do impacto na flexibilidade para ambos os conjuntos de práticas (figura 83).

**Correlações**

			lean_flexibilidade	tpm_flexibilidade
rô de Spearman	lean_flexibilidade	Coefficiente de Correlação	1,000	,806**
		Sig. (2 extremidades)	.	,000
		N	59	57
	tpm_flexibilidade	Coefficiente de Correlação	,806**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,000	.
		N	57	74

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 83 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas *Lean Maintenance* na flexibilidade e impacto das práticas TPM na flexibilidade

Relativamente à dimensão da produtividade, o resultado apresentado é superior à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula para a dimensão analisada, havendo evidências de que existe uma correlação ao nível do impacto na produtividade para ambos os conjuntos de práticas (figura 84).

**Correlações**

			lean_produtividade	tpm_produtividade
rô de Spearman	lean_produtividade	Coefficiente de Correlação	1,000	,766**
		Sig. (2 extremidades)	.	,000
		N	60	55
	tpm_produtividade	Coefficiente de Correlação	,766**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,000	.
		N	55	73

\*\* A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 84 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas *Lean Maintenance* na produtividade e impacto das práticas TPM na produtividade

Relativamente à dimensão da segurança, o resultado apresentado é superior à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula para a dimensão analisada, havendo evidências de que existe uma correlação ao nível do impacto na segurança para ambos os conjuntos de práticas (figura 85).

			lean_segurança	tpm_segurança
rô de Spearman	lean_segurança	Coefficiente de Correlação	1,000	,752**
		Sig. (2 extremidades)	.	,000
		N	63	59
	tpm_segurança	Coefficiente de Correlação	,752**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,000	.
		N	59	75

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 85 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas *Lean Maintenance* na segurança e impacto das práticas TPM na segurança

Relativamente à dimensão dos custos, o resultado apresentado é superior à probabilidade inferida no teste, que é igual a 0,05, pelo que se rejeita a hipótese nula para a dimensão analisada, havendo evidências de que existe uma correlação ao nível do impacto nos custos para ambos os conjuntos de práticas (figura 86).

			lean_custos	tpm_custos
rô de Spearman	lean_custos	Coefficiente de Correlação	1,000	,715**
		Sig. (2 extremidades)	.	,000
		N	62	57
	tpm_custos	Coefficiente de Correlação	,715**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,000	.
		N	57	73

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Figura 86 - Matriz de correlações de Spearman, entre as variáveis impacto das práticas *Lean Maintenance* nos custos e impacto das práticas TPM nos custos

#### j) Diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* versus impacto das práticas TPM

Apesar de se ter verificado que as práticas *Lean Maintenance* apresentam, relativamente às práticas TPM um valor numérico superior para o impacto, em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), decidiu-se estudar a existência de diferenças estatisticamente significativas relativamente ao impacto de ambos os conjuntos de práticas. Para tal efeito, realizou-se o teste de Mann-Whitney, uma vez que este testa as diferenças entre dois grupos (práticas *Lean Maintenance* vs práticas TPM) para uma única variável sem distribuição específica (impacto em cada uma das dimensões do desempenho operacional), sendo que, para tal, foi criada a variável “Prática”, que “constrói” os grupos *Lean Maintenance* vs TPM (McKnight et al., 2010).

Formularam-se as seguintes hipóteses de investigação:

- $H_0$ : não existem diferenças entre o nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao nível do impacto das práticas TPM, em cada dimensão estudada

- $H_1$ : existem diferenças entre o nível do impacto das práticas *Lean Maintenance* relativamente ao nível do impacto das práticas TPM, em cada dimensão estudada

Observa-se que, para todas as dimensões do desempenho operacional, o resultado apresentado é superior à probabilidade da estatística de teste, que é igual a 0,05, pelo que não se rejeita a hipótese nula, não havendo assim evidências de que haja diferenças significativas entre ambos os grupos (figura 87).

<b>Estatísticas de teste<sup>a</sup></b>					
	Qualidade	Flexibilidade	Produtividade	Segurança	Custos
Sig exata (bilateral)	,757	,196	,985	,582	,909

a. Variável de Agrupamento: Prática

Figura 87 - Resultado do teste de Mann-Whitney para o impacto das práticas *Lean Maintenance* e TPM em cada dimensão do desempenho operacional



## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. Conclusões finais

A presente dissertação teve como principal objetivo avaliar o grau de implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção e do TPM na indústria portuguesa, bem como a análise do impacto decorrente da implementação destes dois conjuntos de práticas no desempenho operacional das organizações. Para estes efeitos, construiu-se um questionário, endereçado a 472 organizações, tendo-se obtido 97 respostas, o que equivale a uma taxa de resposta de aproximadamente 21%.

De acordo com os dados recolhidos, e após análise estatística, verificou-se que 76% das empresas estudadas usavam práticas *Lean Maintenance*, sendo que as que tinham um grau de implementação mais elevado na gestão da manutenção da indústria portuguesa são os 5S, a gestão visual e o *Daily Kaizen*, todas elas com um grau de implementação superior a 50%. Relativamente ao impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no desempenho operacional, verificou-se, de uma forma geral, que o impacto produzido é moderado, em todas as dimensões consideradas. No que diz respeito às práticas TPM, constatou-se que todas as empresas do estudo tinham implementada pelo menos uma prática, sendo que a manutenção planeada, juntamente com a formação e treino são as práticas com o maior grau de implementação, superior a 70% para ambas. Tal como se verificou ao nível das práticas *Lean Maintenance*, o impacto produzido pela implementação das práticas TPM é, de uma forma geral, moderado para todas as dimensões do desempenho operacional.

Constatou-se ainda que as práticas *Lean Maintenance* relativamente às práticas TPM apresentam para o impacto um valor numérico superior em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), não se confirmando, no entanto, que essas diferenças sejam estatisticamente significativas.

No que concerne aos testes de hipóteses, realizados com o objetivo de identificar possíveis associações entre as variáveis, verificou-se que a dimensão das organizações não está correlacionada com o impacto produzido, quer pela implementação das práticas *Lean Maintenance*, quer pela implementação das práticas TPM. Da mesma forma, constatou-se que o número de operadores da manutenção não está correlacionado com o impacto decorrente da implementação de ambos os conjuntos de práticas. Contudo, através da realização teste de Kruskal-Wallis, observou-se que, eventualmente, podem existir diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de colaboradores da empresa, nas dimensões da produtividade e dos custos, ao passo que, no que diz respeito ao impacto produzido pela implementação das práticas TPM, também podem existir diferenças em função do número de colaboradores, nas dimensões da qualidade e da flexibilidade. Estudaram-se também as diferenças para o número de operadores da manutenção, ao nível do impacto produzido pela implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção, tendo-se constatado que não existem diferenças para nenhuma das dimensões do desempenho operacional, sendo que, no que diz respeito ao nível do impacto produzido pela implementação das práticas TPM para a mesma variável, verificou-se poderem existir diferenças, na dimensão da qualidade. Investigou-se ainda a existência de uma associação relativamente ao impacto produzido, quer pela implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção, quer pela implementação das práticas TPM, tendo-se constatado que

poderá existir uma eventual associação entre ambos os conjuntos de práticas, isto é, um impacto elevado fruto da implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção está associado a um impacto elevado fruto da implementação das práticas TPM, e vice-versa, para todas as dimensões do desempenho operacional consideradas, o que era expectável. Por fim, e apesar de que as práticas *Lean Maintenance* relativamente às práticas TPM apresentam para o impacto um valor numérico superior em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), não se confirmou, no entanto, que essas diferenças sejam estatisticamente significativas.

A presente dissertação teve como principal objetivo avaliar o grau de implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção e do TPM na indústria portuguesa, bem como a análise do impacto decorrente da implementação destes dois conjuntos de práticas no desempenho operacional das organizações. Para estes efeitos, construiu-se um questionário, endereçado a 472 organizações, tendo-se obtido 97 respostas, o que equivale a uma taxa de resposta de aproximadamente 21%.

De acordo com os dados recolhidos, e após análise estatística, verificou-se que 76% das empresas estudadas usavam práticas *Lean Maintenance*, sendo que as que tinham um grau de implementação mais elevado na gestão da manutenção da indústria portuguesa são os 5S, a gestão visual e o *Daily Kaizen*, todas elas com um grau de implementação superior a 50%. Relativamente ao impacto decorrente da implementação das práticas *Lean Maintenance* no desempenho operacional, verificou-se, de uma forma geral, que o impacto produzido é moderado, em todas as dimensões consideradas. No que diz respeito às práticas TPM, constatou-se que todas as empresas do estudo tinham implementada pelo menos uma prática, sendo que a manutenção planeada, juntamente com a formação e treino são as práticas com o maior grau de implementação, superior a 70% para ambas. Tal como se verificou ao nível das práticas *Lean Maintenance*, o impacto produzido pela implementação das práticas TPM é, de uma forma geral, moderado para todas as dimensões do desempenho operacional.

Constatou-se ainda que as práticas *Lean Maintenance* relativamente às práticas TPM apresentam para o impacto um valor numérico superior em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), não se confirmando, no entanto, que essas diferenças sejam estatisticamente significativas.

No que concerne aos testes de hipóteses, realizados com o objetivo de identificar possíveis associações entre as variáveis, verificou-se que a dimensão das organizações não está correlacionada com o impacto produzido, quer pela implementação das práticas *Lean Maintenance*, quer pela implementação das práticas TPM. Da mesma forma, constatou-se que o número de operadores da manutenção não está correlacionado com o impacto decorrente da implementação de ambos os conjuntos de práticas. Contudo, através da realização do teste de Kruskal-Wallis, observou-se que, eventualmente, podem existir diferenças no impacto das práticas *Lean Maintenance* em função do número de colaboradores da empresa, nas dimensões da produtividade e dos custos, ao passo que, no que diz respeito ao impacto produzido pela implementação das práticas TPM, também podem existir diferenças em função do número de colaboradores, nas dimensões da qualidade e da flexibilidade. Estudaram-se também as diferenças para o número de operadores da manutenção, ao nível do impacto produzido pela implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção, tendo-se constatado que não existem diferenças para nenhuma das dimensões do desempenho operacional, sendo que, no que diz respeito ao nível do

impacto produzido pela implementação das práticas TPM para a mesma variável, verificou-se poderem existir diferenças, na dimensão da qualidade. Investigou-se ainda a existência de uma associação relativamente ao impacto produzido, quer pela implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção, quer pela implementação das práticas TPM, tendo-se constatado que poderá existir uma eventual associação entre ambos os conjuntos de práticas, isto é, um impacto elevado fruto da implementação das práticas *Lean* na gestão da manutenção está associado a um impacto elevado fruto da implementação das práticas TPM, e vice-versa, para todas as dimensões do desempenho operacional consideradas, o que era expectável. Por fim, e apesar de que as práticas *Lean Maintenance* relativamente às práticas TPM apresentarem para o impacto um valor numérico superior em quatro das cinco dimensões consideradas para o desempenho operacional (a saber: qualidade, flexibilidade, produtividade e segurança), não se confirmou, no entanto, que essas diferenças sejam estatisticamente significativas.

## 5.2. Limitações e investigação futura

As principais dificuldades encontradas no decurso do desenvolvimento da presente dissertação prendem-se com o aparecimento da pandemia da Covid-19, que obrigou a um realinhamento da temática inicialmente definida para este trabalho, restringindo temporalmente a construção do questionário e a obtenção de respostas para o mesmo, pela dificuldade acrescida em estabelecer contacto com as empresas, o que porventura influenciou a taxa de resposta e o tamanho da amostra.

Como proposta para trabalhos futuros, e de forma a complementar o presente estudo, deveriam ser introduzidas novas variáveis, tais como o estado de maturação de implementação de ambos os conjuntos de práticas. Em inquéritos futuros e relativamente ao número de operadores da manutenção, deverá ser adicionada a opção “outro” ou “nenhum”, isto porque poderá existir a possibilidade, especialmente em micro e pequenas empresas, de não haver operadores dedicados exclusivamente à manutenção. No que concerne ao departamento em que o respondente exerce as suas funções, as opções devem ser alargadas, dando a possibilidade a colaboradores que pertençam a outros departamentos que não apenas os listados no presente questionário.

Da mesma forma, deveriam ser consideradas outras métricas de desempenho para além daquelas que foram consideradas neste trabalho, incidindo sobre o desempenho organizacional. O leque de práticas *Lean* na manutenção deveria também ser alargado, uma vez que o *Lean Maintenance* vai muito para além da estrita aplicação das ferramentas *Lean* na gestão da manutenção, envolvendo um vasto conjunto de diferentes abordagens e metodologias.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A., Calado, J., & Requeijo, J. (2016). Buildings Lean Maintenance Implementation Model. *Open Engineering*, 6(1), 397–406. <https://doi.org/10.1515/eng-2016-0055>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Justification of total productive maintenance initiatives in Indian manufacturing industry for achieving core competitiveness. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(5), 645–669. <https://doi.org/10.1108/17410380810877302>
- Ahuja, I. P. S., & Kumar, P. (2009). A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(3), 241–258. <https://doi.org/10.1108/13552510910983198>
- Alkhaldi, R. Z., & Abdallah, A. B. (2019). Lean management and operational performance in health care: Implications for business performance in private hospitals. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(1), 1–21. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2018-0342>
- Andersson, R., Manfredsson, P., & Lantz, B. (2015). Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence. *Total Quality Management and Business Excellence*, 26(9–10), 1042–1055. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1068598>
- Attri, R., Grover, S., Dev, N., & Kumar, D. (2013). An ISM approach for modelling the enablers in the implementation of Total Productive Maintenance (TPM). *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 4(4), 313–326. <https://doi.org/10.1007/s13198-012-0088-7>
- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65(ICIBSoS), 485–491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Baluch, N., Abdullah, C., & Mohtar, S. (2012). TPM and lean maintenance - A critical review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business (IJCRB)*, 4(2), 850–857.
- Barbosa, A. (2012). *A Relação e a Comunicação Interpessoais entre o Supervisor Pedagógico e o Aluno Estagiário*. 218. <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/2472/1/AnaMariaBarbosa.pdf>
- Bataineh, O., Al-Hawari, T., Alshraideh, H., & Dalalah, D. (2019). A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(1), 144–161. <https://doi.org/10.1108/JQME-07-2017-0045>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., De Sanctis, I., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2015). A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: A case study from pharmaceutical sector. *Assembly Automation*, 35(1), 22–34. <https://doi.org/10.1108/AA-05-2014-035>
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54(15), 4430–4447. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>
- Chen, P. K., Fortuny-Santos, J., Lujan, I., & Ruiz-de-Arbulo-López, P. (2019). Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and influence of Total Productive Maintenance and

- lean manufacturing. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(11), 1–16.  
<https://doi.org/10.1177/1687814019889736>
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: An empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>
- Chlebus, E., Helman, J., Olejarczyk, M., & Rosienkiewicz, M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine - A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15(4), 873–884. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.07.002>
- Chong, K. E., Ng, K. C., & Goh, G. G. G. (2016). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through integration of Maintenance Failure Mode and Effect Analysis (maintenance-FMEA) in a semiconductor manufacturer: A case study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016-Janua*, 1427–1431.  
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385883>
- Chundhoo, V., Chattopadhyay, G., Gunawan, I., & Ibrahim, M. Y. (2018). OEE improvement of thermoforming machines through application of TPM at Tibaldi australasia. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2017-Decem*, 929–933. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290028>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., & Bessa, F. (2009). *Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas*. Instituto Superior Politécnico Gaya (ISPGaya). Centro de Investigação e Desenvolvimento.
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
- Croucamp, P. L., & Telukdarie, A. (2018). Lean implementation for rail substation processes. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Díaz-contreras, C. A., Catari-vargas, D. A., Murga-villanueva, C. D. J., & Quezada-lara, G. A. D. V. F. (2020). *EFFECTIVIDAD GENERAL DE EQUIPOS (OEE) AJUSTADO POR COSTOS - paumorella@gmail.com - Gmail*. 45(March), 158–163.  
<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwHNMRZdtIWcgdHJfkXqfpwIDWW?projector=1&messagePartId=0.1>
- Duran, O., Capaldo, A., & Acevedo, P. A. D. (2017). Lean maintenance applied to improve maintenance efficiency in thermoelectric power plants. *Energies*, 10(10), 1–21.  
<https://doi.org/10.3390/en10101653>
- Gallardo, C. A. S., Granja, A. D., & Picchi, F. A. (2014). Mejoras en la Productividad de un Proceso de Prefabricados de Concreto con Flujo en Linea Despues de un Esfuerzo de Estabilidad Basica. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(4).  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000728](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000728)
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 200(April), 170–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- George, D., & Mallery, P. (2019). *IBM SPSS Statistics 25 Step by Step A Simple Guide and Reference* (T. & Francis (ed.); 15th ed.). Routledge.
- Gungor, Z. E., & Evans, S. (2016). Addressing environmental and economic impacts of changeover operations through manufacturing strategies. *Proceedings of 2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, IEEE IESM 2015, October*, 781–787.

- <https://doi.org/10.1109/IESM.2015.7380247>
- Gupta, S., Gupta, P., & Parida, A. (2017). Modeling lean maintenance metric using incidence matrix approach. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 8(4), 799–816. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0671-z>
- Habidin, N. F., Hashim, S., Fuzi, N. M., & Salleh, M. I. (2018). Total productive maintenance, kaizen event, and performance. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(9), 1853–1867. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2017-0234>
- Haddad, M., & Otayek, R. (2019). Assessing the Sustainment of a Lean Implementation Using System Dynamics Modeling. *International Journal of System Dynamics Applications*, 8(4), 14–29. <https://doi.org/10.4018/ijstda.2019100102>
- Heravi, G., Rostami, M., & Kebria, M. F. (2020). Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings' pre-fabricated steel frames using lean techniques. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120045. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120045>
- Huang, J., Bian, Y., & Cai, W. (2012). Weapon equipment lean maintenance strategy research. *Proceedings of 2012 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, ICQR2MSE 2012*, 1217–1221. <https://doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2012.6246439>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403. <https://doi.org/10.9734/bjast/2015/14975>
- Khisamova, E. D., Khasanshina, L. I., Kodolova, I. A., Hasbiullina, G. M., & Irina, M. (2018). *THE CONCEPT OF LEAN MANUFACTURING IN GEOLOGICAL EXPLORATION ACTIVITIES*. 9(June), 153–156.
- Khisamova, E. D., Kodolova, I. A., & Kucherbaeva, A. A. (2019). Impact of Lean Technology on Overall Equipment Effectiveness. *Helix*, 9(4), 5159–5164. <https://doi.org/10.29042/2019-5159-5164>
- Kuan Eng, C., & Kam Choi, N. (2016). Relationship between overall equipment effectiveness, throughput and production part cost in semiconductor manufacturing industry. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016-Decem*, 75–79. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7797839>
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the lean sigma framework in an Indian SME: A case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Kumar Sharma, R., & Gopal Sharma, R. (2014). Integrating six sigma culture and TPM framework to improve manufacturing performance in SMEs. *Quality and Reliability Engineering International*, 30(5), 745–765. <https://doi.org/10.1002/qre.1525>
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 81–92. <https://doi.org/10.14743/apem2020.1.351>
- Maroco, J., & Garcia-Marques, T. (2006). *Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach ? Questões antigas e soluções modernas ?* 4(1), 65–90.
- McKnight, P. E., & Najab, J. (2010). Kruskal-Wallis Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8\\_15268](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8_15268)
- McKnight, P. E., HT, & Najab, J. (2010). Mann–Whitney U Test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. <https://doi.org/10.3109/9780203450307-26>

- Michlowicz, E. (2015). Improving the efficiency and reliability of material flow in buffered systems. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, nr 42 (114)(114)*, 26–32.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015a). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing, 2*(February), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015b). Lean thinking for a maintenance process. *Production and Manufacturing Research, 3*(1), 236–272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>
- Ng, et al. (2017). A review on lean maintenance through various implementations of total productive maintenance models. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES, 4*(9), 174–179. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.09.025>
- Ng, K. C., Chong, K. E., & Goh, G. G. G. (2014). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through the six sigma methodology in a semiconductor firm: A case study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2015-Janua*, 833–837. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058755>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing, 13*, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras (6ª)*. Lidel.
- Qiang, T., Zhu, B., & Li, L. (2011). A study on Military Equipment Lean Maintenance. *ICQR2MSE 2011 - Proceedings of 2011 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 581–583. <https://doi.org/10.1109/ICQR2MSE.2011.5976680>
- Rahman, C. M. L. (2015). Assessment of total productive maintenance implementation in a semiautomated manufacturing company through downtime and mean downtime analysis. *IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding*. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093762>
- Rajnoha, R., Dobrovic, J., & Gálová, K. (2018). The use of lean methods in central eastern European countries: The case of Czech and Slovak republic. *Economics and Sociology, 11*(2), 320–333. <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2018/11-2/22>
- Rolfesen, M., & Langeland, C. (2012). Successful maintenance practice through team autonomy. *Employee Relations, 34*(3), 306–321. <https://doi.org/10.1108/01425451211217725>
- Santos, J., Garcia, M. P., Arcelus, M., Viles, E., & Uranga, J. (2011). Development of a wireless PlugandLean system for improving manufacturing equipment diagnosis. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 24*(4), 338–351. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2011.554874>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering, 51*(NUICONE 2012), 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly, 23*(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics, 70*(3), 237–244. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00067-0)
- Tang, S., Ng, T., Chong, W., & Chen, K. (2016). Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia. *MATEC Web of Conferences, 70*, 4–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167005002>

- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). *Making sense of Cronbach ' s alpha*. 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14, 207–222.
- Valverde-Curi, H., De-La-Cruz-Angles, A., Cano-Lazarte, M., Alvarez, J. M., & Raymundo-Ibañez, C. (2019). Lean management model for waste reduction in the production area of a food processing and preservation SME. *ACM International Conference Proceeding Series*, 256–260. <https://doi.org/10.1145/3364335.3364378>
- Wakchaure, V. D., Kallurkar, S. P., Nandurkar, K. N., & Gadalla, M. A. (2015). A conceptual framework for effective implementation of integrated manufacturing practices. *ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference, MSEC 2015*, 2(14), 1–14. <https://doi.org/10.1115/MSEC20159277>
- Wickramasinghe, G., & Perera, A. (2016). Effect of Total Productive Maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(5).
- Yahya, M. S., Mohammad, M., Omar, B., Ramly, E. F., & Atan, H. (2019). Awareness, implementation, effectiveness and future use of lean tools and techniques in Malaysia organisations: A survey. *Journal of Physics: Conference Series*, 1150(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1150/1/012010>
- Yile, L., XueHang, X., & Lei, Z. (2008). Lean Maintenance framework and its application in clutch maintenance. *Proceedings of the International Conference on Information Management Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008*, 3, 230–232. <https://doi.org/10.1109/ICIII.2008.84>
- ZASADZIENÍ, M. (2015). THE EFFECT OF IMPLEMENTATION MAINTENANCE CARDS IN PERFORMANCE OF MACHINES IN SELECTED PRODUCTION COMPANY. *Management Systems in Production Engineering*, 4(20), 225–229.