



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Cláudia Cardoso Santos

Melhoria do desempenho de uma secção de
maquinagem de motores eléctricos

outubro de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Cláudia Cardoso Santos

Melhoria do desempenho de uma secção de
maquinagem de motores elétricos

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão
Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

outubro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Durante estes seis meses, foram várias as pessoas que me ajudaram, ensinaram e deram força para a realização deste projeto. Por isso, deixo um grande obrigado a todas essas pessoas.

Ao meu orientador da universidade, o Professor Doutor Francisco Moreira, pelo acompanhamento, disponibilidade e conhecimentos partilhados que permitiram a concretização deste trabalho.

À WEG, pela oportunidade de desenvolver este projeto e à minha orientadora, Cláudia Campos, pela disponibilidade para esclarecer as minhas dúvidas e pela integração na equipa. Agradeço também a toda a equipa de Engenharia Industrial, ao Ricardo Gonçalves, Breno Susin, Diogo Fernandes e Pedro Sousa, pela disponibilidade e ajuda prestada durante todo o estágio. Aos meus colegas de estágio Leonor Pacheco e Gonçalo Silveira, por todas as ideias trocadas, apoio ao longo do projeto e companhia em todos os almoços.

Aos operadores da fábrica da Maia, em especial ao Nuno, Marco, Paulo, Hélder e Sr. Carlos, que tiveram paciência para esclarecer todas as questões que lhes fazia, sempre de boa vontade e que me fizeram rir todos os dias. Obrigado, também, ao chefe da Maquinagem, Ricardo Maciel, pela disponibilidade e por ouvir todos os pedidos e questões que tinha a fazer. A todos da equipa de Manutenção Industrial, que se mostraram sempre muito simpáticos e disponíveis para ajudar no que fosse preciso.

Aos amigos que a universidade me trouxe, com os quais partilhei cinco anos inesquecíveis e por todos os momentos divertidos que vivemos juntos.

À Bárbara e Inês, que mesmo à distância me apoiam e ajudam em tudo o que for preciso.

À Bia, por ser a melhor ouvinte e pela amizade de longa data que partilhámos. Fico grata por poder crescer e aprender ao teu lado.

Por último, um agradecimento especial à minha família, em especial aos meus pais e irmão pela paciência e compreensão durante todo o meu percurso académico. Obrigada ao meu pai que se mostrou sempre interessado e me incentivou em fazer o melhor trabalho possível, trocando ideias comigo. Obrigada à minha mãe que ouvia os meus problemas, mas sempre me deu força para continuar. Obrigada ao Rafa por me fazer rir, mesmo quando estava mais cansada.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Melhoria do desempenho de uma secção de maquinaria de motores eléctricos

RESUMO

A presente dissertação, foi desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, na WEGeuro – Indústria Eléctrica S.A., unidade fabril da Maia, que se foca na produção de motores eléctricos. Esta aborda as melhorias efetuadas na secção de Maquinagem através da aplicação de princípios *Lean Thinking*.

Foi realizada uma pesquisa e revisão bibliográfica sobre as temáticas *Lean Production* e ferramentas utilizadas no projeto realizado, de forma que existisse uma base teórica que sustentasse o desenvolvimento do mesmo.

Ao longo do projeto foi aplicada a metodologia Investigação-Ação, uma vez que existe uma intervenção contínua do investigador com o meio em estudo. Na primeira etapa desta metodologia, referente ao diagnóstico da situação atual, realizou-se uma análise crítica do estado da secção, sendo identificados os principais desperdícios. Para tal, foi selecionado um material a estudar com maior pormenor, através de uma análise ABC, que revelou os produtos mais maquinados na secção. Posteriormente, e ainda na mesma etapa, aplicou-se um conjunto de ferramentas, como o *Waste Identification Diagram* e a técnica 5S. Como consequência, foram identificados problemas como o elevado tempo de *setup*, elevadas distâncias percorridas e desorganização dos postos de trabalho.

Com o intuito de combater os problemas referidos, apresentaram-se propostas de melhoria com base na aplicação de SMED, a criação de instruções de trabalho, a implementação de 5S, e a criação de relatórios mensais com os resultados do OEE dos equipamentos, entre outras.

Após implementadas as melhorias propostas, verificou-se que o OEE do centro de trabalho em que se focou o estudo aumentou de 29%, no mês anterior ao início do projeto, para 61%, no mês em que foram analisados os resultados. Estima-se que a implementação das propostas referidas, se traduza numa poupança total de 6 308€/ano.

PALAVRAS-CHAVE

Desperdícios *Lean*, *Lean Production*, Maquinagem, Motores Eléctricos

Performance improvement of an electric motors' machining section

ABSTRACT

This dissertation project was developed within the Integrated Master's Degree in Industrial Engineering and Management at the University of Minho, being carried out in WEGeuro - Indústria Elétrica S.A., the factory in Maia, which focuses on the production of electric motors. The project had the main goal of improving the machining section, through the implementation of Lean Thinking principles.

A research and bibliographic review was carried out regarding Lean Production themes and the tools used in the project, so that there was a theoretical basis that supported all the work performed.

Throughout the project, the Action-Research methodology was applied, since there is a constant intervention of the researcher with the environment under study. In the first stage of this methodology, referring to the current situation's diagnosis, a critical analysis of the state of the section was made, and the main wastes were identified. To do so, a specific material was selected through an ABC analysis, which revealed the most machined products in the section. Then, some diagnostic tools were applied, such as the Waste Identification Diagram and 5S methodology. Consequently, problems such as the high setup time, long distances and disorganization were identified.

To combat the problems mentioned before, improvement proposals were made based on the application of SMED, the creation of work instructions, the implementation of 5S, the creation of monthly reports with the results of the OEE of the equipment, among others.

After implementing the proposed improvements, it was found that the OEE of the studied work centre increased from 29% in the month before the project began, to 61% in the month in which the results were analysed. It is expected that, with the implementation of these proposals, the total savings are 6308€/year.

KEYWORDS

Electric Motors, Lean Production, Lean Wastes, Machining,

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas.....	xv
Índice de Equações.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xviii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura.....	6
2.1 <i>Lean Production</i>	6
2.1.1 Origem do <i>Toyota Production System</i>	6
2.1.2 Pilares do <i>Toyota Production System</i>	7
2.1.3 Princípios do <i>Lean Thinking</i>	8
2.1.4 Tipos de desperdícios.....	9
2.2 Algumas ferramentas <i>Lean</i> e outras ferramentas.....	11
2.2.1 <i>Standard Work</i>	11
2.2.2 Técnica 5S.....	12
2.2.3 <i>Single Minute Exchange of Die</i>	13
2.2.4 Melhoria Contínua (<i>Kaizen</i>).....	15
2.2.5 Análise ABC.....	16
2.2.6 Diagrama de <i>spaghetti</i>	16

2.2.7	<i>Waste Identification Diagram</i>	17
2.3	Métricas e indicadores de desempenho.....	20
2.3.1	<i>Takt Time</i>	21
2.3.2	Tempo de Ciclo	21
2.3.3	<i>Work-in-Process</i>	21
2.3.4	Tempo de Atravessamento.....	21
2.3.5	Tempo de <i>setup</i>	22
2.3.6	Esforço de Transporte.....	22
2.3.7	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	22
2.4	Forças que suportam e forças que resistem ao <i>Lean Production</i>	25
3.	Apresentação da Empresa.....	26
3.1	Identificação e localização da empresa.....	26
3.2	WEGeuro em Portugal.....	27
3.3	Estrutura organizacional.....	28
3.4	<i>Layout</i> fabril da Maia	29
3.4.1	Principais produtos.....	30
3.4.2	Composição de um motor.....	31
3.4.3	Descrição geral do fluxo produtivo.....	31
4.	Descrição e análise crítica da situação atual	33
4.1	Descrição da secção	33
4.2	Atividades realizadas na Maquinagem	35
4.3	Produtos maquinados	36
4.4	<i>Shop Floor Management</i>	37
4.5	Seleção do produto para análise e respetivo processo produtivo	38
4.5.1	Torneamento em desbaste	42
4.5.2	Furações inclinadas e na vertical.....	46
4.5.3	Ensaio de Pressão	47
4.5.4	Torneamento em acabamento	47
4.5.5	Verificação da Qualidade.....	47

4.6	Análise crítica e identificação de problemas.....	47
4.6.1	Análise de desperdícios com o WID.....	48
4.6.2	Falta de instruções de trabalho	50
4.6.3	Falta de normalização do registo de eventos no WSFM.....	51
4.6.4	Falta de conhecimento dos resultados do OEE	52
4.6.5	Desorganização do centro de trabalho Hwacheon.....	52
4.6.6	Paletes desadequadas	54
4.6.7	Excesso de <i>stock</i>	55
4.6.8	Falta de comunicação entre turnos	57
4.6.9	Elevada espera pela chefia e programador	58
4.7	Síntese dos problemas identificados.....	58
5.	Apresentação de Propostas de Melhoria	60
5.1	Aplicação da metodologia SMED no Hwacheon	62
5.1.1	Estágio preliminar: atividades internas e externas não diferenciadas	62
5.1.2	Estágio 1: separação entre atividades internas e externas.....	64
5.1.3	Estágio 2: conversão de atividades internas em externas.....	64
5.1.4	Estágio 3: racionalização das atividades internas e externas	65
5.2	Criação de instruções de trabalho	69
5.3	Criação de normas de registo de eventos no WSFM.....	70
5.4	Criação de um relatório mensal do OEE	71
5.5	Implementação da técnica 5S.....	72
5.5.1	Separar	72
5.5.2	Organizar.....	75
5.5.3	Limpar	77
5.5.4	Normalizar.....	77
5.5.5	Manter	79
5.6	Adoção de paletes de plástico	80
5.7	Definição da localização para entrada e saída de materiais no VTR	81
5.8	Criação da folha de registo de informação para troca de turno.....	83

5.9	Aquisição de um sistema de comunicação	84
6.	Análise e Discussão de Resultados	86
6.1	Redução do tempo de <i>setup</i>	86
6.2	Normalização das operações.....	87
6.3	Normalização do registo de eventos no WSFM.....	87
6.4	Apresentação dos resultados do OEE aos colaboradores.....	88
6.5	Organização do centro de trabalho	88
6.6	Normalização das paletes utilizadas	90
6.7	Redução do <i>buffer</i> do VTR.....	91
6.8	Melhoria da comunicação entre turnos e chefia	91
6.9	Síntese de resultados	92
7.	Conclusão.....	93
7.1	Considerações finais	93
7.2	Limitações	94
7.3	Trabalho futuro	95
	Referências Bibliográficas	96
	Apêndice 1 – Esquema simplificado do processo produtivo de um motor elétrico	100
	Apêndice 2 – Análise ABC	102
	Apêndice 3 – Tampas maquinadas em 2021	103
	Apêndice 4 – Waste Identification Diagram	105
	Apêndice 5 – Auditoria 5S inicial.....	110
	Apêndice 6 – Estágio Preliminar do SMED	111
	Apêndice 7 – Estágio 1 do SMED.....	112
	Apêndice 8 – Estágio 2 do SMED.....	113
	Apêndice 9 – Comparação entre ferramentas	114

Apêndice 10 – Estágio 3 do SMED.....	115
Apêndice 11 – <i>One Point Lesson</i>	116
Apêndice 12 – Posições na bucha do Hwacheon	117
Apêndice 13 – Norma do registo de eventos no WSFM.....	118
Apêndice 14 – Relatório dos resultados mensais do OEE	120
Apêndice 15 – Lista de ferramentas no centro de trabalho Hwacheon	121
Apêndice 16 – Segunda auditoria 5S	122
Apêndice 17 – Folha de identificação dos instrumentos de medição do Hwacheon.....	123
Apêndice 18 – Folha de identificação dos instrumentos no painel do Hwacheon.....	124
Apêndice 19 – Regras para atribuição das paletes	125
Apêndice 20 – Folha de registo de informação para troca de turno.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da metodologia Investigação-Ação	4
Figura 2 - Casa do TPS	7
Figura 3 - Princípios do Lean Production	8
Figura 4 - Estágios e técnicas da metodologia SMED	14
Figura 5 - Bloco representativo de um processo no WID	18
Figura 6 - Seta representativa de um transporte no WID	19
Figura 7 - Gráfico de ocupação dos colaboradores representado no WID.....	20
Figura 8 - “Seis Grandes Perdas”	23
Figura 9 - Forças que suportam e que resistem ao <i>Lean Production</i>	25
Figura 10 - Áreas de negócio da WEG	27
Figura 11 - Unidade da Maia (esquerda) e de Santo Tirso (direita)	27
Figura 12 - Estrutura organizacional da empresa.....	29
Figura 13 - <i>Layout</i> da unidade fabril da Maia.....	29
Figura 14 - Gamas de motores fabricados na Maia.....	30
Figura 15 - Composição de um motor	31
Figura 16 - <i>Layout</i> da secção de Maquinagem.....	33
Figura 17 - Processo produtivo na Maquinagem	35
Figura 18 - Painel de eventos do WSFM	37
Figura 19 - Exemplo da <i>dashboard</i> do WSFM	38
Figura 20 - Gráfico da análise ABC das peças maquinadas.....	39
Figura 21 - Diagrama de processo para a tampa traseira 355	42
Figura 22 - Centro de trabalho do torno vertical Hwacheon.....	43
Figura 23 - Exemplo do sequenciamento das peças	43
Figura 24 - Grampos e calços na bucha da máquina	44
Figura 25 - Furação antes (esquerda) e depois (direita) de ser roscada.....	45
Figura 26 - Furação antes (esquerda) e depois (direita) de ser escareada	45
Figura 27 - Tampa em bruto (esquerda) e pré-maquinada (direita).....	45
Figura 28 - Centro de trabalho da furadora Radial	46
Figura 29 - Furação na vertical (esquerda) e inclinada (direita)	46
Figura 30 - WID do processo produtivo da tampa traseira 355.....	49

Figura 31 - Resultado das observações do WID	50
Figura 32 - Tabela com as posições dos grampos	51
Figura 33 - Ferramentas sem identificação: termómetro infravermelho (esquerda) e roquete (direita) .	52
Figura 34 - Falta de identificação dos olhais	52
Figura 35 - Olhal M30 não homologado	53
Figura 36 - Marcações no <i>shop floor</i> em falta (esquerda) e desatualizadas (direita).....	54
Figura 37 - Exemplo de paletes estragadas	55
Figura 38 - <i>Buffer</i> do torno vertical VTR.....	56
Figura 39 - Exemplo de recado deixado entre turnos	57
Figura 40 - Metodologia adotada para a implementação de SMED.....	62
Figura 41 - Esquema geral do processo de <i>setup</i>	62
Figura 42 - Diagrama de <i>spaghetti</i> do processo de <i>setup</i> das tampas.....	63
Figura 43 - Local de arrumação da ponte rolante	66
Figura 44 - Nova localização da mesa de apoio	66
Figura 45 - Exemplo de furos na bucha do torno vertical	67
Figura 46 - Perno roscado, retirado de Fabory (s.d.)	67
Figura 47 - Adaptador 1/4" hexagonal para 1/2", retirado de Conrad (2021).....	68
Figura 48 - Chave de impacto pneumática, retirado de Vito (s.d.)	69
Figura 49 – Martelo de <i>nylon</i> em mau estado	73
Figura 50 - Aparafusadora elétrica em mau estado.....	73
Figura 51 - Etiqueta 5S para identificação dos materiais na área de descarte	74
Figura 52 - Área de descarte 5S.....	74
Figura 53 - Tabuleiros de secretária	74
Figura 54 - Fêmea do olhal e perno roscado (esquerda) e olhal M30 (direita)	75
Figura 55 - Análise dos micrómetros utilizados entre janeiro e abril de 2022	76
Figura 56 - Nova disposição do painel de ferramentas.....	76
Figura 57 - Gaveta com micrómetros	77
Figura 58 - Marcações desatualizadas antes (esquerda) e depois (direita).....	77
Figura 59 - Exemplos de identificação das gavetas (esquerda) e dos olhais (direita)	78
Figura 60 - Identificação dos olhais	78
Figura 61 - Mesa de apoio não identificada (esquerda) e identificada (direita)	78
Figura 62 - Identificação do local para o carregador da bateria	79

Figura 63 - Paletes de plástico com tampo liso (esquerda) e perfurado (direita), retirado de Rotomshop (s.d.)	80
Figura 64 - Paletes de plástico identificadas	81
Figura 65 - Média diária de paletes no VTR em 2021	82
Figura 66 - Definição dos locais de entrada e saída de materiais	82
Figura 67 - Excerto da folha inicial de registo de informação de troca de turno.....	83
Figura 68 - Excerto da folha final de registo de informação de troca de turno	84
Figura 69 - <i>Walkie-talkie</i> do Hwacheon	85
Figura 70 - Diagrama de <i>spaghetti</i> antes (esquerda) e depois (direita) da melhoria	86
Figura 71 - Esquema simplificado do processo produtivo de um motor elétrico (1/2).....	100
Figura 72 - Esquema simplificado do processo produtivo de um motor elétrico (2/2).....	101
Figura 73 - Formulário de auditoria 5S inicial	110
Figura 74 - Folha do estágio preliminar do SMED	111
Figura 75 - Folha do estágio 1 do SMED	112
Figura 76 - Folha do estágio 2 do SMED	113
Figura 77 - Comparação entre máquinas de apertar grampos	114
Figura 78 - Folha do estágio 3 do SMED	115
Figura 79 - <i>One Point Lesson</i> do <i>setup</i> de tampas no Hwacheon.....	116
Figura 80 - Instrução de trabalho das posições da bucha	117
Figura 81 - Instrução de trabalho do registo de eventos no WSFM (1/2)	118
Figura 82 - Instrução de trabalho do registo de eventos no WSFM (2/2)	119
Figura 83 - Relatório dos resultados mensais do OEE	120
Figura 84 - Lista de materiais do centro de trabalho Hwacheon	121
Figura 85 - Formulário da 2ª auditoria 5S	122
Figura 86 - Folha de identificação dos instrumentos de medição do Hwacheon.....	123
Figura 87 - Folha de identificação dos instrumentos no painel do Hwacheon	124
Figura 88 - Folha de registo de informação para troca de turno	126

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Identificação das secções e respetivas tarefas.....	30
Tabela 2 - Descrição do funcionamento de cada tipo de máquina.....	34
Tabela 3 - Principais produtos maquinados.....	36
Tabela 4 - Produtos da classe A da análise ABC.....	40
Tabela 5 - Tampas mais produzidas.....	41
Tabela 6 - Quantidade máxima de peças produzidas por dia em 2021.....	56
Tabela 7 - Quantidade média de peças produzidas por dia em 2021.....	57
Tabela 8 - Resumo dos problemas identificados.....	59
Tabela 9 - Plano de ação para a implementação das propostas de melhoria.....	61
Tabela 10 - Resumo do estágio preliminar.....	63
Tabela 11 - Resumo dos resultados obtidos no estágio 2.....	64
Tabela 12 - Atividades e respetivas melhorias.....	65
Tabela 13 - Resumo dos resultados obtidos no estágio 3.....	69
Tabela 14 - Resultados da implementação de SMED.....	87
Tabela 15 - Resultados obtidos com a criação de instruções de trabalho.....	87
Tabela 16 - Comparação dos resultados das auditorias 5S.....	89
Tabela 17 - Resultados obtidos com a implementação da técnica 5S.....	89
Tabela 18 - Resultados obtidos com a utilização de paletes de plástico.....	90
Tabela 19 - Resultados da definição da localização de entrada e saída de materiais no VTR.....	91
Tabela 20 - Resultados da implementação da folha de registo de informação para troca de turno.....	91
Tabela 21 - Síntese dos resultados.....	92
Tabela 22 - Lista de famílias de materiais maquinados em 2021.....	102
Tabela 23 - Tampas maquinadas em 2021 (1/2).....	103
Tabela 24 - Tampas maquinadas em 2021 (2/2).....	104
Tabela 25 - Tempos de <i>setup</i>	105
Tabela 26 - Tempos de Ciclo.....	106
Tabela 27 - WIP dos Centros de Trabalho.....	107
Tabela 28 - Cálculo do esforço de transporte entre os centros de trabalho.....	107
Tabela 29 - Ocupação dos operadores do Hwacheon.....	108
Tabela 30 - Ocupação dos operadores da Radial.....	109

Tabela 31 - Registo das observações da ocupação do tempo dos colaboradores	109
Tabela 32 - Percentagem de ocupação do tempo dos colaboradores	109
Tabela 33 - Quantidade máxima de materiais por palete	125

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula para o cálculo do <i>Takt Time</i>	21
Equação 2 - Fórmula do Tempo de Atravessamento	22
Equação 3 - Fórmula referente ao cálculo do Esforço de Transporte	22
Equação 4 - Fórmula para o cálculo do OEE.....	23
Equação 5 - Cálculo da Disponibilidade.....	24
Equação 6 - Cálculo da Velocidade.....	24
Equação 7 - Cálculo da Qualidade.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CNC – Controlo Numérico Computadorizado

ENGI – Engenharia Industrial

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicators*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OPL – *One Point Lesson*

OP – Ordem de Produção

PDCA – Plan, Do, Check, Act

WSFM – *WEG Shop Floor Management*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

WID – *Waste Identification Diagram*

WIP – *Work-in-Process*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação surge no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, no contexto de um estágio curricular realizado na WEGeuro – Indústria Elétrica S.A. Este capítulo dedica-se ao enquadramento geral do projeto, referindo-se os objetivos do mesmo, assim como a metodologia de investigação aplicada. Posteriormente, é apresentada a estrutura da dissertação e feita uma breve descrição dos capítulos que a compõem.

1.1 Enquadramento

Num mundo cada vez mais competitivo, verifica-se um interesse crescente por parte das empresas em compreender a estratégia competitiva que permite melhorar o seu desempenho e superar os seus concorrentes (Hallam et al., 2018). Para além da elevada qualidade, baixo custo e rápido serviço de entrega, o consumidor procura uma grande diversidade de produtos (Ferdousi, 2009). Para se destacarem da concorrência, as organizações devem ser proativas, isto é, capazes de se adaptarem e corresponderem às expectativas dos seus clientes e de responder ao aumento da variabilidade dos produtos, com um preço competitivo.

É perante esta realidade que as empresas sentem a necessidade de adotar filosofias, métodos e ferramentas que aumentem o seu desempenho, sendo uma dessas filosofias o *Lean Production* (Hallam et al., 2018; Womack et al., 1990). Quando bem aplicada, esta permite aumentar a produtividade e diminuir o desperdício, tornando a sua aplicação um fator de diferenciação entre a concorrência (Purushothaman et al., 2020). Hemalatha et al. (2021), referem ainda que as empresas necessitam de tempos de ciclo, custos e *stocks* reduzidos e que, com a aplicação de uma filosofia *Lean*, é possível melhorar a competitividade, aumentando ainda a qualidade do processo.

O conceito de *Lean Production* surgiu associado ao *Toyota Production System* (TPS), tendo sido introduzido no livro “The Machine That Changed The World” de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos (1990), onde o sistema de produção desenvolvido pela Toyota é caracterizado (Ohno, 1988). Analisando o novo modelo organizacional implementado pela Toyota, verificou-se que este era focado no consumidor final e na sua definição de valor, contrastando com as organizações americanas que nessa época se focavam na produção em massa. Assim, a designação de *Lean Production* associa-se à produção de mais com menos recursos (Womack & Jones, 2003), evoluindo até à filosofia atual, o *Lean Thinking*.

O principal objetivo desta filosofia passa pela eliminação de desperdícios, isto é, todas as atividades que não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente (Ohno, 1988; Hines et al., 2002). Para tal, recorre-se a um conjunto de ferramentas e técnicas, entre as quais se destacam os 5S, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e os procedimentos de trabalho normalizados (*Standard Work*) (Melton, 2005). Para além disso, são implementadas em conjunto outras técnicas e filosofias, com o objetivo da eliminação dos desperdícios, como por exemplo o *Total Productive Maintenance* (TPM) e o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

O presente projeto de dissertação foi realizado na WEGeuro - Indústria Elétrica S.A., adiante designada de WEG. A empresa é uma referência a nível global em motores elétricos, apresentando uma ampla linha de produtos, sendo que em Portugal dedica-se maioritariamente à produção e montagem de motores elétricos para o setor das energias renováveis e petrolífero. Na fábrica da Maia, onde se focou o projeto, são produzidos motores personalizados de grande dimensão e, por isso, é produzida uma grande variedade de modelos com um baixo volume de produção, tornando mais desafiante a implementação da filosofia *Lean Production*. Não obstante, foram realizadas algumas dissertações nesta unidade fabril em que se aplicaram os princípios *Lean Thinking*, como o caso de Susin (2018) que obteve um ganho de 20% na capacidade de produção de um torno através da redução do seu tempo de *setup*, o que permitiu uma redução dos turnos extra e aumentou a capacidade da linha produtiva. Também o trabalho realizado por Ribeiro (2013) na empresa permitiu a identificação de oportunidades de melhoria e conseguiu um ganho anual de 22 256€, associado à criação de um supermercado.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação consiste no estudo e análise do estado atual da secção de Maquinagem numa empresa do ramo de motores elétricos de grande dimensão e, através da aplicação de princípios *Lean Production*, a redução de desperdícios, com vista a aumentar o desempenho. De forma a atingir o objetivo principal, estabeleceram-se as seguintes etapas:

- Caracterizar o estado atual do sistema e identificar as etapas críticas do processo;
- Identificar os principais desperdícios existentes;
- Atuar sobre os postos críticos e elaborar propostas de melhoria, através do uso de ferramentas e metodologias *Lean*;
- Implementar propostas de melhoria validadas pela empresa;

- Analisar os resultados obtidos após implementação das propostas de melhoria.

Como resultados deste projeto de investigação, era expectável verificarem-se melhorias nas medidas de desempenho devido à redução de desperdícios. Desta forma, os resultados que se esperavam alcançar passam por:

- Redução do tempo de *setup*;
- Melhoria das condições de trabalho dos colaboradores e da organização e limpeza;
- Redução de desperdícios e custos associados.

1.3 Metodologia de investigação

Depois de definido o tópico de investigação, o projeto iniciou-se pela realização de uma revisão da literatura, recorrendo-se a fontes primárias, secundárias e terciárias na fase de revisão bibliográfica, nomeadamente livros, artigos científicos e dissertações. Assim, foi possível sintetizar as informações pertinentes ao estudo, de modo a adquirir um conhecimento profundo dos diferentes conceitos necessários para a sua elaboração e verificar o que já foi feito no mesmo âmbito por outros investigadores. Os dados utilizados são tanto primários, ou seja, recolhidos diretamente durante a realização do projeto, como secundários, isto é, dados já existentes.

A metodologia de investigação adotada nesta dissertação foi a Investigação-Ação (*Action-Research*), caracterizada por ser uma pesquisa participativa, onde existe uma interação do investigador com todos os participantes envolvidos, tendo em consideração as suas perspetivas (Farooq & O'Brien, 2015). Esta metodologia foi introduzida em 1946 por Kurt Lewin, que defende que seja realizada uma pesquisa da literatura de suporte à investigação e, em simultâneo, que os envolvidos no projeto participem na análise do estado atual. A Investigação-Ação é conhecida pela expressão *learning by doing* ou, em português, aprender enquanto se faz, sendo que, face a um problema, é feita uma tentativa de o resolver, seguindo-se uma análise do seu sucesso. No caso de esta não ser satisfatória, tenta-se novamente apresentar uma solução para o problema identificado (O'Brien, 1998).

Esta estratégia é implementada de forma cíclica, até que sejam obtidos resultados satisfatórios (Saunders et al., 2016). As cinco fases que compõe a metodologia e que servem de elaboração para o plano de investigação, são o diagnóstico da situação atual, o planeamento das ações, a implementação das ações propostas, a avaliação dos resultados obtidos e, por último, a especificação da aprendizagem, tal como se pode observar na Figura 1 (O'Brien, 1998).

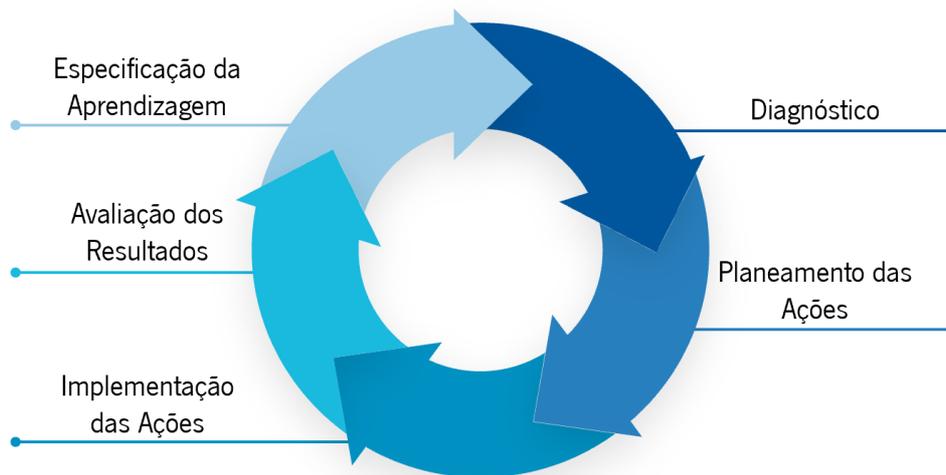


Figura 1 - Fases da metodologia Investigação-Ação
(adaptado de O'Brien (1998))

Deste modo, a primeira etapa passou pelo diagnóstico e análise crítica da situação atual da empresa, com vista a identificar oportunidades de melhoria. Desta forma, esta fase implica entender e caracterizar o atual sistema produtivo. Para tal, foram analisados documentos fornecidos pela empresa e recolhidos outros dados e informações relevantes, identificada a área da fábrica em estudo, os seus processos de produção e fluxos produtivos. Foram ainda identificados desperdícios e medido o desempenho atual do sistema através de vários indicadores como o Tempo de Ciclo, *Takt Time* e o *Work-in-Process*.

Na segunda fase, referente ao planeamento das ações, procedeu-se à realização de propostas de melhoria de acordo com os problemas identificados anteriormente. Assim, tendo por base a análise do estado atual, foram aplicadas ferramentas *Lean*, como o SMED, os 5S e as instruções de trabalho normalizadas.

De seguida, na fase de implementação das ações, foram validadas pela empresa e implementadas as ações de melhoria desenvolvidas na etapa anterior.

Posteriormente, na quarta fase, foram analisados e discutidos os resultados conseguidos através das propostas de melhoria implementadas. Para isto, foi efetuada uma comparação entre o estado inicial do sistema e o estado atual, de forma a verificar as vantagens conseguidas com as alterações resultantes das propostas.

Esta metodologia termina com a identificação das conclusões provenientes do trabalho realizado e apresentação de propostas de trabalho futuro para dar continuidade ao projeto, com vista à melhoria contínua da empresa.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, onde cada um trata um tema específico.

O presente capítulo tem o propósito de fazer um enquadramento do projeto, com vista a mostrar a sua relevância, apresentando-se, de seguida, os objetivos a atingir e a metodologia de investigação que foi utilizada.

O segundo capítulo destina-se à revisão bibliográfica dos conteúdos teóricos que foram fundamentais para a execução do projeto, onde são abordados vários temas relacionados com o *Lean Production*, nomeadamente a sua origem e evolução, os seus princípios e algumas ferramentas.

No terceiro capítulo é feita uma apresentação da empresa onde o projeto foi desenvolvido, referindo-se a sua história, localização em Portugal, missão, áreas de negócio, principais produtos fabricados e descrição geral do processo produtivo.

O quarto capítulo dedica-se à descrição e análise crítica do estado atual da secção da empresa em estudo e identificação dos principais problemas encontrados. Para tal, foram feitas contínuas observações ao chão de fábrica e recolhidas informações a partir de documentação existente, e utilizadas ferramentas como a análise ABC e o *Waste Identification Diagram*.

No quinto capítulo são expostas as propostas de melhoria, construídas tendo por base os problemas identificados na etapa anterior.

No capítulo seguinte são discutidos os resultados obtidos com as propostas de melhoria implementadas na secção em estudo.

Por fim, no sétimo capítulo apresentam-se as considerações finais do projeto, onde se referem as conclusões sobre os resultados alcançados, algumas limitações verificadas e sugestões de trabalho futuro.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é elaborada uma revisão da bibliografia dos principais temas abordados ao longo do projeto. Desta forma, inicia-se com a definição do *Lean Production*, a sua origem e os pilares do *Toyota Production System*, descrevendo-se ainda os cinco princípios do *Lean Thinking* e os sete tipos de desperdícios. Posteriormente, são apresentadas algumas das principais ferramentas e técnicas associadas ao *Lean* e indicadores de desempenho utilizados no decorrer do projeto.

2.1 *Lean Production*

O termo *Lean* (cuja tradução para português é “magro”) surgiu associado ao TPS como forma de o caracterizar, visto que este promove quantidades de inventário baixas e aproveitamento dos recursos disponíveis. É possível encontrar várias definições de *Lean* por diferentes autores. Womack, Jones e Roos definem *Lean Production* como um sistema de produção magra, que utiliza menos recursos quando comparada com a produção em massa, isto é, necessita de menos esforço humano, espaço, materiais, investimento em ferramentas e tempo para planeamento (Womack et al., 1990). Assim, requer menos *stocks*, resultando em menos defeitos, e é capaz de produzir uma grande variedade de produtos. Os autores referem também que a produção *Lean* procura criar uma filosofia de melhoria contínua, reduzindo os seus custos, defeitos e *stocks*, procurando sempre eliminar desperdícios. Kajdan (2008) defende, ainda, que a produção *Lean* procura produzir mais, no momento certo e nas quantidades pedidas pelo cliente, necessitando de menos recursos.

Melton (2005) refere potenciais vantagens que advêm de *Lean Production*, nomeadamente a nível financeiro, permitindo uma diminuição dos custos de operação e a nível da relação com os clientes, pois proporciona uma melhor perceção das suas necessidades. Menciona também que, ao promover o desenvolvimento de processos mais robustos, os erros diminuem e, conseqüentemente, a qualidade aumenta.

2.1.1 Origem do *Toyota Production System*

Com a II Guerra Mundial, a indústria automóvel japonesa encontrava-se num período difícil, visto que a procura por automóveis era variada e em quantidades reduzidas, o que contrastava com a produção em massa popularizada por Ford, que permitia a produção de automóveis a um baixo custo (Liker, 2004; Womack et al., 1990). Desta forma, a Toyota, também afetada por estas circunstâncias, verificou a

necessidade de melhorar a sua forma de produção, visto terem surgido problemas financeiros e um excesso de *stock* de produtos finais (Dennis, 2007).

Taiichi Ohno, que fazia parte da empresa, estudou o processo produtivo americano para a produção em massa e detetou duas falhas principais: os lotes de grandes quantidades, que resultavam em *stock* elevado e ocupavam muito espaço, e a incapacidade de customizar os produtos, resultando na insatisfação dos clientes (Liker, 2004). Posto isto, o objetivo de Taiichi Ohno passou por projetar um modelo mais adequado para o mercado japonês, dado que este não necessitava de quantidades tão elevadas quanto o americano, mas requeria maior variedade de produtos. Para tal, criou um sistema orientado à melhoria contínua, capaz de eliminar desperdícios, conseguindo, desta forma, diminuir os seus custos, surgindo assim o *Toyota Production System* (Monden, 2012).

2.1.2 Pilares do *Toyota Production System*

Na análise do TPS, Ohno (1988) constatou que a base do sistema consiste na eliminação total de desperdícios, sendo este suportado por dois grandes pilares: o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka*. Liker (2004), menciona que Ohno representa o TPS como uma casa (Figura 2) devido à semelhança entre estes, isto é, ambos são um sistema estruturado, só sendo fortes se o telhado, pilares e bases também forem.

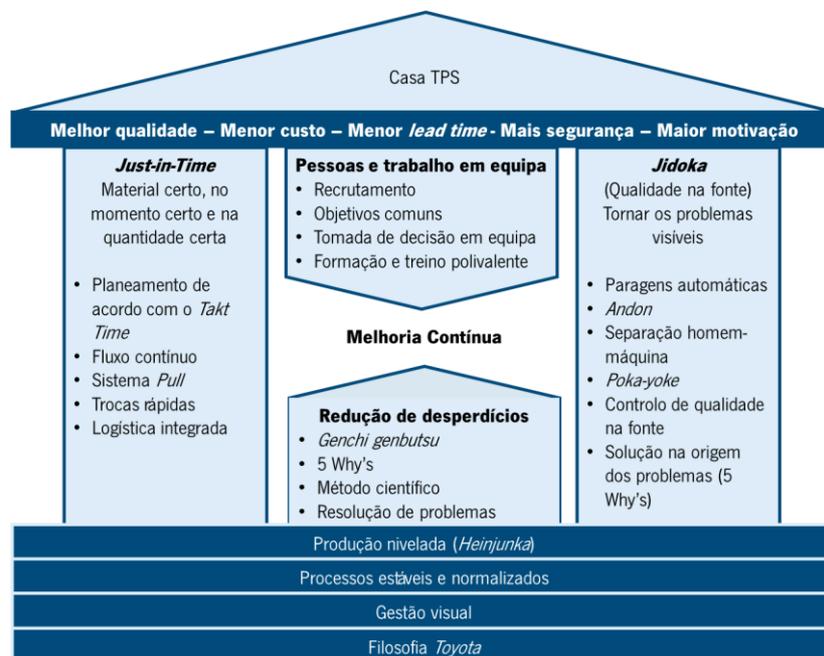


Figura 2 - Casa do TPS
(adaptado de Liker (2004))

O conceito de JIT é o mais conhecido na casa do TPS e significa produzir a quantidade necessária quando é necessário (Liker & Morgan, 2006). Relativamente ao pilar *Jidoka*, em inglês *Autonomation*, este está relacionado com os mecanismos de controlo de defeitos, apoiando o JIT pelo facto de não permitir que

produtos com defeito continuem para os processos seguintes (Monden, 2012). Para tal, o equipamento ou operação deve parar sempre que é detetada uma condição anormal ou defeituosa (Sugimori et al., 1977; Liker & Morgan, 2006).

Existem vários outros elementos representados para além destes dois pilares, a título de exemplo, os processos normalizados, a produção nivelada (*heijunka*) e a gestão visual. O centro de todo o sistema foca-se nas pessoas, equipas e redução dos desperdícios (Liker, 2004).

Cada elemento representado na casa é importante, dando força uns a outros. A construção da casa deve ser feita de forma sequencial, começando-se pelas bases e pilares, só depois atingindo o telhado. Desta forma, é necessário estabilizar os processos e nivelar a produção, sendo posteriormente possível obter os dois pilares principais. Com o JIT, é possível remover o excesso de *stock*, sendo possível detetar problemas mais rapidamente, reforçando o conceito de *Jidoka*, cujo objetivo é prevenir os erros (Liker & Morgan, 2006). Para tal, é necessário dar formação aos trabalhadores para que possam detetar e resolver problemas, promovendo assim a melhoria contínua. Assim, torna-se possível obter uma melhor qualidade, a um custo reduzido, num menor tempo de entrega, envolvendo todos os colaboradores (Liker, 2004).

2.1.3 Princípios do *Lean Thinking*

Para a implementação de *Lean Production*, Womack & Jones (2003) sugerem uma metodologia designada *Lean Thinking* constituída por cinco princípios que, quando aplicados corretamente, permitem combater os *muda* (desperdícios). Os princípios definidos pelos autores encontram-se representados na Figura 3 e são explicados com maior pormenor de seguida.

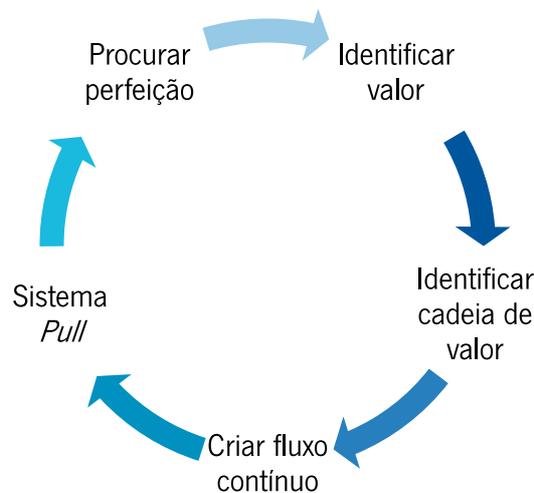


Figura 3 - Princípios do *Lean Production*

- Valor: É o primeiro passo na filosofia *Lean Thinking* (Liker, 2004). O valor é definido pelo cliente e representa tudo o que ele está disposto a pagar, isto é, tudo o que o cliente desvaloriza deve ser eliminado ou minimizado porque é considerado desperdício.
- Cadeia de valor: É o conjunto de atividades necessárias para criar o produto e podem ser classificadas em três tipos: as que acrescentam valor, as que não acrescentam valor, mas são necessárias, e as que não acrescentam valor e não são necessárias (Womack & Jones, 2003). As últimas devem ser eliminadas dado que são desperdício.
- Fluxo Contínuo: Após eliminar os desperdícios referidos previamente, torna-se necessário criar um fluxo contínuo. Para tal, é necessário eliminar esperas, *stocks*, interrupções e outros desperdícios, para que seja possível o produto percorrer o sistema produtivo de forma contínua (Liker, 2004).
- Produção Puxada (*Pull*): A produção *pull*, ou puxada, consiste em dar início ao processo produtivo apenas quando o cliente faz uma encomenda (Liker, 2004). Desta forma, é produzida a quantidade necessária no momento certo, o que apoia a filosofia JIT, eliminando desperdícios associados aos *stocks* excessivos (Monden, 2012).
- Perfeição: Depois de atingidos os princípios anteriores, torna-se necessário a busca pela perfeição. Esta é caracterizada pela melhoria contínua (*Kaizen*) e constante procura pela melhoria dos processos, promovendo a contínua diminuição de desperdícios e criação de valor (Womack & Jones, 2003).

2.1.4 Tipos de desperdícios

Os desperdícios, em japonês *muda*, são todas as atividades que consomem recursos, mas não acrescentam valor na perspetiva dos requisitos e necessidades do cliente (Womack & Jones, 2003; Liker, 2004), ou seja, é tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar. Como referido anteriormente, torna-se importante definir as atividades que acrescentam valor das que não acrescentam, de forma a identificar os desperdícios para posteriormente reduzir ou eliminá-los. Os sete principais tipos de desperdícios foram apresentados por Ohno (1988) quando desenvolveu o TPS, sendo estes:

- Sobreprodução: A produção excessiva é considerada um dos desperdícios mais graves (Sugimori et al., 1977) e comuns por vários autores, pois condiciona o bom fluxo dos produtos ou serviços e leva a um aumento dos níveis de inventário, bem como o tempo em que não é acrescentado valor (Hines & Rich, 1997; Ortiz, 2006). Consequentemente, a deteção dos defeitos é feita mais tarde e os produtos podem deteriorar.

- Esperas: Corresponde ao período em que há inatividade de informação, bens ou pessoas (Hines et al., 2002). Em ambiente fabril, este desperdício ocorre quando os produtos não estão a ser transportados nem trabalhados, afetando tanto os trabalhadores como os produtos, que passam parte do seu tempo em espera. Podem dever-se a elevados tempos de *setup*, avarias do equipamento, falta de comunicação, falta de componentes, entre outros (Ortiz, 2006).
- Transportes: O transporte relaciona-se com as movimentações desnecessárias de materiais, que resultam num aumento dos tempos e, conseqüentemente, dos custos associados ao produto. Este desperdício deve ser reduzido através da melhoria do *layout* e devem-se transformar os meios de transporte mais racionais (Shingo, 1989).
- Excesso de processamento: Semelhante à sobreprodução, relaciona-se com a utilização desnecessária de recursos em processos que não acrescentam valor ao produto constituindo, desta forma, um desperdício (Liker, 2004).
- Inventário: O excesso de inventário tende a aumentar o *lead time* que, tal como acontece com a sobreprodução, impede que os problemas sejam detetados rapidamente. Adicionalmente, é necessário um maior espaço para armazenar estes produtos, resultando num custo maior (Ortiz, 2006).
- Movimentação: Corresponde às atividades em que existe movimentação desnecessária, isto é, não é acrescentado valor ao produto. A título de exemplo, a procura por materiais, ferramentas e equipamentos fazem parte deste tipo de desperdício, podendo ser consequência de *layouts* pouco adequados ou falta de organização nos postos de trabalho (Ortiz, 2006).
- Defeitos: É o fabrico de produtos não conformes e verificam-se quando ocorre um processamento inadequado dos mesmos. As reparações e retrabalho levam à necessidade de despender mais tempo e esforço dos recursos (Liker, 2004), levando ao aumento dos custos com atividades que não acrescentam valor. Para além de poderem levar a atrasos na produção, podem ainda afetar as relações com os clientes (Ortiz, 2006).

Vários autores consideram, ainda, um oitavo desperdício relacionado com o não aproveitamento da capacidade humana, isto é, a não utilização das competências e criatividade dos colaboradores (Liker, 2004; Ortiz, 2006). Para Liker (2004), este desperdício consiste nas ideias, capacidades, propostas de melhoria e oportunidades de aprendizagem que não se aproveitam quando não se envolvem nem se ouvem os colaboradores. Alves et al. (2012), adiciona ainda que, com o *Lean Production*, os operários

não devem apenas executar a tarefa que lhes é atribuída, como também ser pró-ativos e ter um pensamento criativo.

2.2 Algumas ferramentas *Lean* e outras ferramentas

Nesta secção são apresentadas algumas das ferramentas que surgem no âmbito da metodologia *Lean*, particularmente as mais relevantes para o desenvolvimento deste projeto.

2.2.1 *Standard Work*

O *Standard Work*, ou Trabalho Normalizado, consiste no estabelecimento de um conjunto de operações padronizadas que descrevem a melhor sequência e os métodos mais eficazes para desempenhar determinada tarefa. Tem como objetivo a redução da variabilidade na produção e a eliminação de defeitos, promovendo a melhoria contínua (Markovitz, 2011; Liker, 2004)

Segundo Monden (2012), existem três elementos fundamentais que constituem o *Standard Work*, sendo estes:

- Tempo de Ciclo normalizado: tempo necessário para a produção de uma peça, de forma a satisfazer a procura.
- Sequência de operações normalizada: indica a ordem com que as operações devem ser executadas pelo operador.
- WIP normalizado: deve ser mantida apenas a quantidade mínima de produto intermédio, de forma a não existirem quebras na produção.

O trabalho normalizado indica a forma mais segura de realizar as tarefas, associando-se, por isso, com um menor número de lesões, erros e variabilidade do processo. Para tal, são criadas instruções de trabalho onde se encontra descrito de forma clara o conjunto de operações a serem executadas e a melhor prática para a realização das mesmas. A *One Point Lesson* (OPL) é um exemplo de ferramenta visual que é utilizada frequentemente com essa finalidade, onde se apresenta de forma concisa e simples, recorrendo a pontos chave, imagens e esquemas, o tema a ser apresentado, de forma a educar os operadores (Navalgund & Kulkarni, 2020).

Esta ferramenta deve ser implementada envolvendo os trabalhadores, de forma a facilitar que estes aceitem e sigam os procedimentos estabelecidos e os documentos criados devem ser disponibilizados aos colaboradores e colocados em locais que sejam de fácil consulta para estes (Dennis, 2007).

2.2.2 Técnica 5S

A técnica 5S tem como principal objetivo a organização sistemática dos postos de trabalho, com vista a reduzir as atividades que não acrescentam valor aos produtos e, desta forma, aumentar a produtividade e eficiência da organização (Hirano, 1995).

O nome desta técnica deriva dos termos japoneses referentes às suas cinco etapas de implementação, todas iniciadas pela letra “S”, sendo estas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estas fases consistem em (Hirano, 1995; Freivalds & Niebel, 2012; Monden, 2012):

- *Seiri* – Separar: distinguir os artigos que são necessários e desnecessários e, posteriormente, descartar tudo o que não é necessário no posto de trabalho, devendo apenas manter-se o essencial. São normalmente utilizadas etiquetas vermelhas, conhecidas por *red tags*, de forma a identificar todo o material que é desnecessário. Estes materiais podem depois ser alocados a outro posto ou ser descartados.
- *Seiton* – Organizar: organizar os artigos que restaram, depois de aplicado o primeiro S, em locais apropriados, de forma que sejam fáceis de localizar quando forem necessários. É importante que cada material tenha o seu local definido e que este esteja identificado. Uma das estratégias de organização visual frequentemente utilizada nesta fase é o *signboard strategy*, que consiste na marcação de linhas em torno dos materiais, de forma a distinguir facilmente os locais destinados a cada um.
- *Seiso* – Limpar: a terceira etapa refere-se à limpeza do local de trabalho, o que inclui a remoção de poeiras, limalhas, óleos e outros tipos de resíduos. Desta forma, é possível, por exemplo, reduzir paragens de máquinas e prevenir acidentes de trabalho.
- *Seiketsu* – Normalizar: depois de ser feita a organização e limpeza do espaço de trabalho, é necessário que as ações sejam mantidas, assegurando o cumprimento dos três S anteriormente referidos. Para tal, é fundamental estabelecer regras de limpeza e de organização, promovendo a melhoria contínua.
- *Shitsuke* – Manter: após os quatro S estarem bem definidos e aplicados, torna-se essencial promover a autodisciplina e o hábito de envolver os 5S no dia-a-dia por todos os colaboradores da organização, para manter os ganhos até então alcançados. Para assegurar a sustentabilidade desta ferramenta, por norma, são realizadas auditorias periódicas.

Através de uma correta implementação da técnica 5S, obtêm-se ganhos a vários níveis. Com um ambiente de trabalho limpo e organizado, aumenta-se a segurança e higiene no trabalho e, uma vez que é mais fácil identificar defeitos, promove-se o aumento da qualidade dos produtos. Por norma, os processos tornam-se mais fluidos e os tempos de preparação menos demorados, devido à redução do tempo de procura de ferramentas ou outros materiais. Assim, é esperado um aumento da produtividade e do lucro de uma organização (Monden, 2012).

2.2.3 *Single Minute Exchange of Die*

O tempo de *setup* corresponde ao período necessário para efetuar as operações de troca e ajuste de ferramentas e/ou equipamentos entre os processos de produção de dois produtos diferentes (McIntosh et al., 2007). Por outras palavras, o tempo de preparação ocorre no intervalo de tempo que decorre entre a produção do último artigo bom do lote atual e a produção do primeiro artigo bom do lote seguinte. Dado que o tempo despendido nestas operações não acrescentam valor ao produto, é necessário reduzir ou eliminá-lo.

A abordagem tradicional para melhorar os tempos das operações de *setup* tem como objetivo diminuir a frequência com que os mesmos são efetuados, através do aumento do tamanho dos lotes e agregando produtos que partilhem o mesmo tipo de *setup*. No entanto, existem várias desvantagens face à adoção desta estratégia, como os *lead times* serem mais longos, o risco de deterioração e obsolescência dos produtos, os elevados tempos de percurso, a maior necessidade de recursos para que os transportes sejam realizados, a deteção tardia de produtos não conformes, entre outros (Shingo, 1985). Perante a atualidade, em que predomina a customização em massa, a abordagem tradicional referida deixa de ser viável. Posto isto, as organizações procuram adaptar-se a esta nova realidade, devendo diminuir o tempo de *setup* para que a produção seja mais rentável (McIntosh et al., 2007).

A ferramenta *Single Minute Exchange of Die*, desenvolvida por Shingo (1985), surgiu em 1950 com o intuito de reduzir os tempos de *setup* entre operações para valores inferiores ou iguais a nove minutos (daí *Single Minute*, um dígito apenas). O autor distingue dois tipos de operações de *setup*:

- Operações internas: conjunto de operações que apenas podem ser efetuadas com a máquina parada, como o caso da troca de ferramentas.
- Operações externas: conjunto de operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, a título de exemplo, o transporte e armazenamento das ferramentas.

Shingo (1985) refere algumas técnicas e ferramentas que podem ser aplicadas nas várias fases da metodologia, que se encontram representadas na Figura 4.

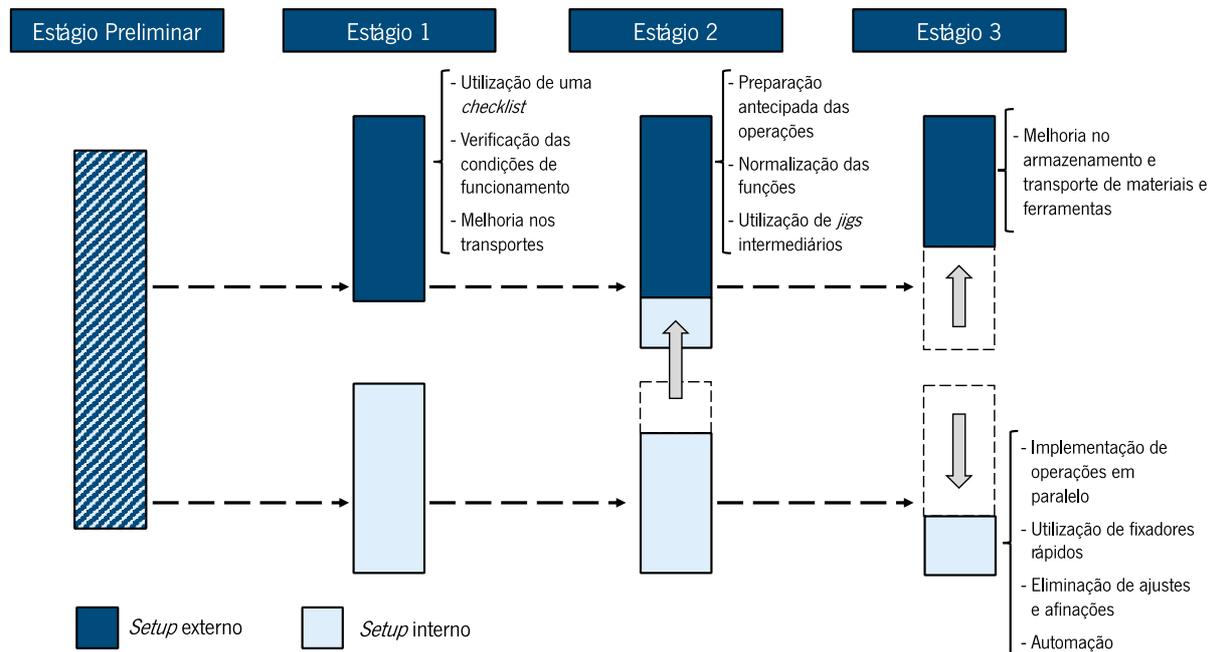


Figura 4 - Estágios e técnicas da metodologia SMED (adaptado de Shingo (1985))

- Estágio Preliminar – Setup externo e interno não diferenciados: nesta fase não existe distinção entre *setup* interno e externo. Inicia-se por estudar o estado atual, observando-se o processo de *setup* e são utilizadas técnicas como a cronometragem dos tempos, entrevistas aos colaboradores, e/ou a recolha de vídeos das operações que constituem o *setup*.
- Estágio 1 – Separação de operações internas e operações externas: é considerada uma das tarefas mais importantes na implementação do SMED, onde é feita a categorização, organização e separação das operações como sendo internas ou externas. Shingo (1985) refere que o tempo de preparação pode diminuir cerca de 30% a 50% caso seja realizado o esforço para que o maior número de operações sejam externas, ou seja, realizadas com a máquina em funcionamento. Para a realização desta etapa, podem ser utilizadas três técnicas: as listas de verificação dos elementos fundamentais das operações, a verificação das condições de funcionamento, e a melhoria dos processos de transporte dos materiais e ferramentas
- Estágio 2 – Conversão de operações internas em operações externas: esta tarefa envolve a reavaliação da classificação efetuada anteriormente, para confirmar que nenhuma operação foi erradamente categorizada como interna, e a procura por formas de converter operações internas

em externas. As técnicas aplicáveis nesta fase consistem na antecipação de operações, a normalização de funções e a utilização de auxílios de montagem e ajustes (*jigs*).

- Estágio 3 – Racionalização de operações internas e operações externas: com esta etapa pretende-se simplificar as operações, através de uma melhoria sistemática das mesmas. Para tal, é necessário fazer uma análise detalhada de cada operação elementar, com vista a encontrar soluções que permitam simplificar e racionalizá-las. Nas operações externas são utilizadas técnicas de racionalização do armazenamento e transporte dos materiais e das ferramentas. Nas operações internas, podem ser implementadas operações paralelas, utilizados fixadores rápidos e eliminadas afinações finais. É de referir que as fases 2 e 3 não precisam de ser executadas sequencialmente, podendo acontecer simultaneamente (Shingo, 1985).

A aplicação desta metodologia traz diversas vantagens para as empresas para além da diminuição dos tempos de preparação, como o aumento da qualidade, diminuição de custos, aumento da segurança, dado que as tarefas são mais simples, diminuição dos tempos de espera e o aumento da facilidade da empresa em se moldar às necessidades do mercado, ou seja, é mais versátil (Shingo, 1985).

2.2.4 Melhoria Contínua (*Kaizen*)

O conceito japonês de *Kaizen* significa melhoria contínua em português e teve origem em duas palavras: *Kai*, que significa mudança, e *Zen*, significando para melhor. Este termo foi introduzido por Masaaki Imai no livro “Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success” em 1996 e, de acordo com o autor, esta metodologia permite originar grandes resultados na performance de uma empresa, através do envolvimento dos seus colaboradores, desde operários até à gestão de topo, sem a necessidade de recorrer a grandes investimentos (Imai, 2005).

Segundo Ortiz (2006), esta filosofia pretende estar envolvida nas atividades diárias com foco na eliminação de desperdício, criação de *standards* e na limpeza e organização do espaço de trabalho. As melhorias obtidas pelo *Kaizen* podem ser subtis e de pequenas, mas os resultados a longo prazo são de grande dimensão e duradouros.

De acordo com Imai (2005), a adoção desta filosofia torna-se uma estratégia importante nas empresas, dado que estas necessitam de uma melhoria contínua, de forma a reduzir defeitos, para que continuem competitivas no mercado. Uma das técnicas que suporta esta metodologia é o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) introduzido por Shewhart & Deming (1939). Esta ferramenta é constituída por quatro fases, sendo estas:

- Plan: é estudada o estado atual, identificados os problemas e, com estes, definem-se as metas que se pretende alcançar;
- Do: são colocados em prática o plano desenvolvido na fase anterior;
- Check: analisam-se os resultados obtidos, com vista a verificar se os objetivos definidos foram alcançados;
- Act: é realizada uma normalização das alterações efetuadas e iniciado um novo ciclo PDCA.

2.2.5 Análise ABC

A análise de Pareto, ou ABC, consiste essencialmente em classificar um conjunto de artigos em três classes (A, B ou C), tendo por base a procura e/ou valor monetário associado a cada um dos produtos considerados. Esta baseia-se no princípio de Pareto, enunciado pelo economista Vilfredo Pareto, que verificou que 80% dos efeitos têm por base 20% das causas (Lysons & Farrington, 2006).

As três categorias definem-se por:

- Classe A: cerca de 20% dos artigos, que se traduzem em 80% do valor total (por exemplo da quantidade vendida ou da faturação total);
- Classe B: cerca de 30% dos artigos, que se refletem em 15% do valor total;
- Classe C: restantes 50% dos artigos, que contribuem apenas para 5% do valor total.

Assim, torna-se possível distinguir os artigos mais relevantes, dos menos relevantes, e focar o estudo na classe com os artigos mais importantes.

2.2.6 Diagrama de *spaghetti*

O diagrama de *spaghetti* é uma ferramenta que pretende representar visualmente o fluxo de informação, produto ou pessoas no espaço de trabalho (Hines et al., 2002). Desta forma, a construção do diagrama é realizada pela observação do trajeto em estudo, resultando numa linha ou conjunto de linhas contínuas que o representam.

Feld (2001) refere que esta ferramenta é útil no sentido em que, de uma forma simples, se consegue identificar o trajeto percorrido do processo analisado, bem como as respetivas distâncias. Assim, é frequentemente utilizada para identificar movimentações desnecessárias e perceber o quão complexo o fluxo é, de forma a atuar sobre os mesmos através de melhorias no processo ou no *layout* do espaço

tratado. Pode, também, auxiliar na identificação de *bottlenecks*, tornando o processo mais fluido (Hines et al., 2002).

2.2.7 *Waste Identification Diagram*

Com a adoção do *Lean Production*, as organizações têm como objetivo a melhoria contínua, onde se torna crucial a identificação dos desperdícios, para que a sua eliminação ou redução possa ocorrer. Tradicionalmente, recorre-se à ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) para que seja possível identificar os desperdícios numa análise da cadeia de valor de um determinado produto ou família de produtos. No entanto, vários autores identificaram limitações impostas por esta ferramenta:

- O transporte, apesar de ser representado no mapa traçado com o VSM, não é quantificado (Lovellette, 2001);
- Dificuldade de aplicação nas indústrias que se caracterizam por produzirem em grande variedade e pequenas quantidades (Braglia et al., 2006);
- Não é uma ferramenta fácil de interpretar, particularmente para pessoas que não estejam familiarizadas com o modo de funcionamento e simbologia utilizada no VSM (Gahagan, 2010);
- Dificuldade em representar sistemas de produção com uma grande variedade de produtos e diferentes rotas do fluxo produtivo (Irani & Zhou, 1999).

Assim, foi desenvolvida uma nova ferramenta, o *Waste Identification Diagram* (WID), por parte do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho. Esta ferramenta tem como o principal objetivo a identificação de desperdícios associados ao fluxo de material no sistema produtivo, de forma visualmente apelativa e fácil de interpretar, podendo ser utilizada como uma ferramenta de melhoria contínua (Sá et al., 2011). O WID pretende superar as limitações impostas pelo VSM (Dinis-Carvalho et al., 2015). Desta forma, apresenta-se como uma alternativa vantajosa face ao VSM, particularmente em relação à forma como representa a unidade de produção e os desperdícios.

Recentemente foi efetuada uma análise comparativa entre as duas ferramentas, onde se verificou que o WID é mais eficaz do que o VSM. Neste estudo verificou-se que os resultados da interpretação das ferramentas pelos inquiridos foram mais satisfatórios quando analisado o WID, isto é, verificaram-se mais respostas corretas ao questionário no mesmo período de tempo, para esta ferramenta (Dinis-Carvalho et al., 2019).

Através da aplicação do WID, é possível lidar com (Dinis-Carvalho et al., 2015):

- Família de produtos com rotas diferentes;
- Quantificação do desperdício associado ao transporte;
- Processos com produção em paralelo;
- Indústrias com baixo volume e elevada variedade de produtos;
- Comunicação visual.

É ainda de referir que a utilização desta ferramenta pode refletir o *layout* da unidade produtiva, dependendo da intenção do analista que a implementa, e consegue representar desperdícios de diferentes naturezas. As limitações que se podem impor à aplicação do WID passam pela quantidade de informação que deve ser recolhida e a dificuldade de construção do diagrama (Dinis-Carvalho et al., 2015).

A ferramenta baseia-se num diagrama composto por três tipos de figuras principais: blocos, setas e gráficos circulares, cujas dimensões são dependentes de determinados parâmetros, com vista a fornecer informação importante de fácil interpretação (Dinis-Carvalho et al., 2015). Cada bloco (Figura 5) representa um processo ou um conjunto de processos (posto de trabalho, máquina, célula de produção ou uma outra unidade de produção) e o seu tamanho depende das quatro variáveis consideradas: o *Takt Time* (TT), o Tempo de Ciclo (TC), o *Work-in-Process* (WIP) e o Tempo de *setup* (Sá et al., 2011).

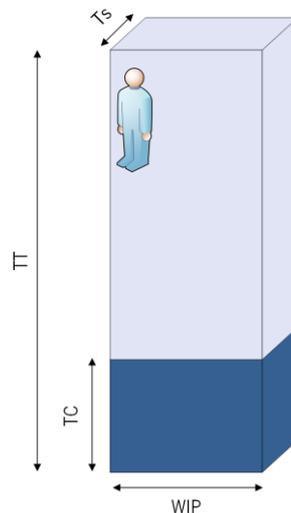


Figura 5 - Bloco representativo de um processo no WID
(adaptado de Sá et al. (2011))

Considerando este tipo de representação, pode-se concluir que a largura do bloco corresponde à quantidade de WIP, enquanto a altura total retrata o valor do TT dessa estação. A altura do bloco inferior representa o valor do TC, ou seja, a soma de todos os tempos das operações que ocorrem nessa estação

de trabalho para um produto. O bloco superior corresponde à diferença entre o TT e o TC e demonstra a capacidade por usar do processo em questão.

A profundidade do bloco indica o Tempo de *setup*, ou *Changeover* (C/O) da estação de trabalho, isto é, o tempo total do conjunto de operações necessárias para preparar o processo para que seja produzido um produto diferente do anterior. Por norma, quando um processo necessita de um Tempo de *setup* elevado, os níveis de WIP são superiores. Desta forma, é de esperar que blocos com uma maior profundidade apresentem, também, uma largura superior.

Com esta ferramenta, é ainda possível observar o tempo de atravessamento, representado pela área frontal do bloco. Desta forma, quando se verifica uma área frontal grande, o tempo de atravessamento é também elevado (Sá et al., 2011).

Com o WID torna-se, ainda, possível representar o transporte de material entre diferentes estações através de setas (Figura 6). Apesar do comprimento das setas ser constante, a sua largura representa o esforço necessário para que o transporte do material entre o fornecedor e o cliente seja feito. Desta forma, setas com largura maior indicam esforço de transporte superior. O valor do esforço pode ser medido em partes por metro, quilogramas movimentados a cada metro por dia ($\text{kg}^*\text{m}/\text{dia}$), ou uma outra unidade, de acordo com o processo em estudo.



Figura 6 - Seta representativa de um transporte no WID
(adaptado de Sá et al. (2011))

Associado à mão-de-obra, têm-se os desperdícios que ocorrem com esperas, transportes, movimentações, retrabalho e o processamento em excesso ou incorreto (Dinis-Carvalho & Sousa, 2021). Para que estes sejam identificados, utiliza-se uma terceira figura relacionada com o tempo que os trabalhadores passam no seu posto de trabalho. Os valores são obtidos recorrendo a métodos de amostragem e representa-se em gráficos circulares, semelhante ao apresentado na Figura 7, onde os valores podem estar em percentagem ou custo resultante de cada atividade (Dinis-Carvalho et al., 2015). Este gráfico é importante na medida em que concede informação sobre como os colaboradores dispõem o seu tempo de trabalho.

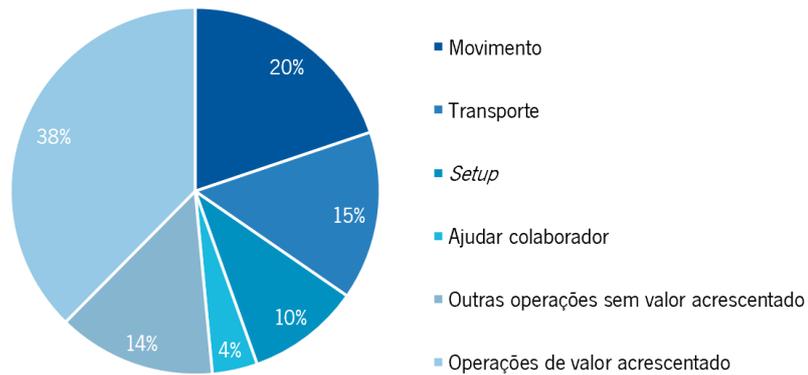


Figura 7 - Gráfico de ocupação dos colaboradores representado no WID (adaptado de Dinis-Carvalho et al. (2015))

Para que seja realizado o planeamento da amostragem, é necessário definir (Dinis-Carvalho & Sousa, 2021):

- O percurso a percorrer para poderem ser feitas as observações;
- Os pontos de observação ao longo do percurso definido;
- O número de ciclos de amostragem, com validade estatística;
- Os instantes de cada ciclo de amostragem;
- Os dias para cada conjunto de ciclos de amostragem.

Assim, torna-se possível calcular as percentagens ou custos associados a cada tarefa, e construir o gráfico circular. Depois de realizada a representação, tem-se por objetivo reduzir ou eliminar as operações que não acrescentam valor ao produto, com vista a melhorar o desempenho da unidade produtiva.

2.3 Métricas e indicadores de desempenho

Os *Key Performance Indicators* (KPI) são indicadores que se focam nos aspetos do desempenho da organização que são mais críticos para o sucesso atual e futuro da mesma (Parmenter, 2020). Desta forma, são utilizados com o intuito de informar a gestão sobre o desempenho da organização que, ao tomar ações tendo em consideração os KPI, conseguem aumentar o seu desempenho e atingir objetivos estratégicos definidos pela empresa (Parmenter, 2020).

De seguida encontram-se evidenciados os indicadores de desempenho abordados no âmbito deste projeto.

2.3.1 *Takt Time*

O *Takt Time* (TT) corresponde ao ritmo que a produção deverá ter para satisfazer a procura, isto é, indica de quanto em quanto tempo o mercado pede uma unidade do produto em questão (Lander & Liker, 2007). Desta forma, este valor é determinado pelo mercado, uma vez que é necessário ter em consideração a procura do cliente.

Este indicador pode ser calculado através da Equação 1 (Chen & Christy, 1998) e é obtido em unidades de tempo.

$$Takt\ Time\ (TT) = \frac{\text{Tempo disponível líquido}}{\text{Procura}}$$

Equação 1 - Fórmula para o cálculo do *Takt Time*

É de referir que esta métrica não é necessariamente calculada para um dia, podendo ser aplicada, por exemplo, a um turno ou semana, desde que os valores considerados sejam para o mesmo período. Adicionalmente, o tempo disponível líquido não inclui paragens que sejam programadas.

2.3.2 Tempo de Ciclo

Ao contrário do TT, o Tempo de Ciclo (TC) é definido pelo sistema produtivo e indica o tempo necessário para que um artigo seja produzido, ou seja, de quanto em quanto tempo o posto de trabalho consegue produzir uma unidade do produto. O Tempo de Ciclo deverá ser inferior ou igual ao TT, caso contrário, não é possível satisfazer a procura imposta pelo cliente (Lander & Liker, 2007). Esta medida de desempenho consiste no inverso da taxa de produção e expressa-se frequentemente em unidades de tempo.

2.3.3 *Work-in-Process*

Work-in-Process (WIP), também referido como *Work-in-Progress*, representa a quantidade de artigos que se encontram em curso de fabrico, ou seja, são os produtos que deram entrada no sistema produtivo, mas ainda não concluíram todas as operações. É frequente que este valor seja elevado, refletindo-se na existência de produtos entre postos de trabalho, devido ao desequilíbrio entre os TC, avarias ou faltas de material.

2.3.4 Tempo de Atravessamento

O Tempo de Atravessamento, ou *Throughput Time*, indica o tempo decorrido entre o momento em que um artigo está disponível para ser utilizado num posto de trabalho, até ao momento em que fica pronto

para o posto de trabalho seguinte. Desta forma, este tempo inclui tanto os tempos de processamento em cada posto de trabalho, como o tempo em que o artigo se encontra em espera.

De acordo com a Lei de Little, o valor pode ser obtido através da seguinte Equação 2 (Little, 1961):

$$\text{Tempo de Atravessamento} = \text{WIP} \times \text{TC}$$

Equação 2 - Fórmula do Tempo de Atravessamento

2.3.5 Tempo de *setup*

Esta métrica indica o tempo necessário para preparar uma máquina sempre que se muda de artigo (Freivalds & Niebel, 2012) e é medido no intervalo de tempo entre a produção do último artigo bom e o primeiro artigo bom do novo produto.

2.3.6 Esforço de Transporte

O esforço de transporte mede a quantidade de produtos que é transportada entre dois postos de trabalho, multiplicado pela distância percorrida para que este transporte seja efetuado, com vista a avaliar e identificar os desperdícios com transportes. É obtido através da Equação 3 (Dinis-Carvalho et al., 2015):

$$ET_{i,j} = Qr_{i,j} \times D_{i,j}$$

Equação 3 - Fórmula referente ao cálculo do Esforço de Transporte

Onde:

- $ET_{i,j}$: Esforço de transporte entre o fornecedor i e o cliente j ;
- $Qr_{i,j}$: Quantidade a transportar entre o fornecedor i e o cliente j ;
- $D_{i,j}$: Distância percorrida entre o fornecedor i e o cliente j .

2.3.7 *Overall Equipment Effectiveness*

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), em português designado por Eficácia Global dos Equipamentos, é um indicador de desempenho utilizado com o intuito de medir a utilização de equipamentos. Surgiu associado ao TPM, tendo sido desenvolvido por Nakajima (1988).

Este indicador é frequentemente aplicado em projetos *Lean*, uma vez que permite identificar perdas num equipamento. Entende-se por perda todos os fatores que influenciem o funcionamento das máquinas, podendo ser divididos em três grupos:

- Perdas de disponibilidade: estão associadas a paragens não planeadas dos equipamentos, como é o caso de avarias e mudanças de produção;

- Perdas de velocidade: correspondem à diferença entre o ritmo de produção real, quando comparado com o ritmo esperado de produção, e acontecem quando a máquina está a produzir a uma velocidade inferior ao esperado ou pequenas paragens que aconteçam com duração inferior a cinco minutos;
- Perdas de qualidade: estão relacionadas com a produção de produtos não conformes, podendo acontecer durante o arranque da máquina, quando são feitas afinações ou rejeições durante a produção.

Um dos principais objetivos com a medição do OEE passa pela redução ou, se possível, eliminação das “Seis Grandes Perdas” identificadas por Nakajima (1988). Estas encontram-se agrupadas em três categorias distintas: Disponibilidade, Velocidade e Qualidade, destacando-se de que forma estas influenciam o processo produtivo, como se pode observar na Figura 8.

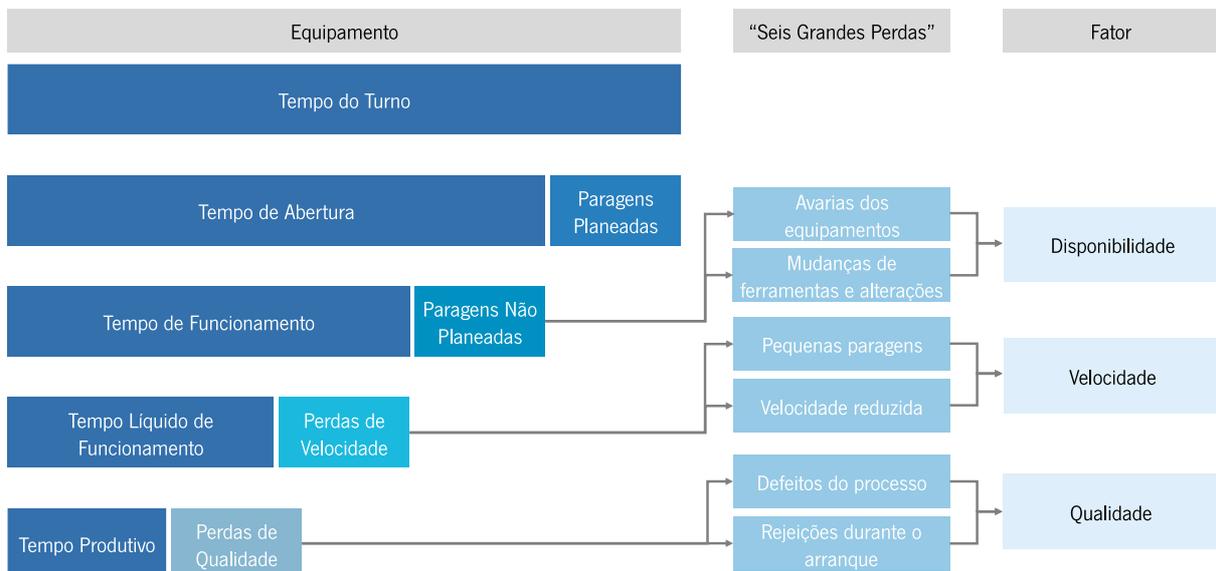


Figura 8 - “Seis Grandes Perdas”
(adaptado de Nakajima (1988))

O OEE abrange vários aspetos a nível da produção, não se restringindo apenas à disponibilidade e performance dos equipamentos, mas também às perdas relacionadas com a eficiência, resultantes do retrabalho e da produção de produtos não conformes. Esta medida de desempenho relaciona três fatores: a disponibilidade, velocidade e qualidade (Muchiri & Pintelon, 2008), sendo expresso de forma percentual, como apresentado na Equação 4:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade (D)} \times \text{Velocidade (V)} \times \text{Qualidade (Q)}$$

Equação 4 - Fórmula para o cálculo do OEE

O índice de disponibilidade é o quociente entre o Tempo de Funcionamento, isto é, a subtração das Paragens Não Planeadas ao Tempo de Abertura, e o Tempo de Abertura, ou seja, o tempo total disponível

no turno menos as Paragens Planeadas. Consideraram-se como Paragens Planeadas todas as pausas para refeição, lanche, reuniões, manutenções planeadas e períodos sem nada para produzir. Este fator pode ser calculado pela Equação 5:

$$D = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Tempo de Abertura}} \times 100$$

Equação 5 - Cálculo da Disponibilidade

Relativamente ao índice de velocidade, este corresponde ao rácio entre o tempo teórico para a produção das peças, e o Tempo de Funcionamento. Desta forma, considera as perdas de velocidade, ou seja, pequenas paragens e redução da velocidade, podendo ser obtido através da Equação 6:

$$V = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico} \times \text{Quantidade Produzida}}{\text{Tempo de Funcionamento}} \times 100$$

Equação 6 - Cálculo da Velocidade

Por último, tem-se o índice de qualidade, que considera as perdas relacionadas com a falta de qualidade, isto é, a produção de produtos não conformes. Assim, pode ser obtido pelo quociente entre a quantidade conforme produzida e a quantidade total de peças produzidas, tal como se verifica na Equação 7:

$$Q = \frac{\text{Quantidade Produzida} - \text{Quantidade de Defeitos}}{\text{Quantidade Produzida}} \times 100$$

Equação 7 - Cálculo da Qualidade

O valor considerado para o tempo de funcionamento corresponde ao tempo de turno subtraindo-se as paragens planeadas e não planeadas, e o tempo de abertura é o tempo de turno menos as paragens planeadas, como representado na Figura 8.

Nakajima (1988) definiu que organizações de classe mundial deverão ter, para cada componente do indicador, os seguintes valores:

- Índice de disponibilidade superior a 90%;
- Índice de velocidade superior a 95%;
- Índice de qualidade superior a 99%.

Com estes resultados, o valor de OEE é de aproximadamente 85%. Assim, um equipamento que atinja ou supere cada um dos valores referidos, é considerado como sendo um equipamento com desempenho de classe mundial.

2.4 Forças que suportam e forças que resistem ao *Lean Production*

A implementação de *Lean* nas empresas traz diversos benefícios porque, quando bem implementado, torna-se possível aumentar a produtividade e eficiência dos processos e, simultaneamente, reduzir ou eliminar desperdícios identificados e os custos associados a estes. Não obstante, existem algumas limitações que dificultam a sua implementação, pois é necessário que sejam feitas mudanças nas organizações. Melton (2005) refere que, apesar de frequentemente se considerar a implementação do *Lean* fácil e de existirem vários casos que comprovem os seus benefícios, a maior força que resiste nas indústrias, e que necessita de ser ultrapassada, é a resistência à mudança.

Melton (2005) analisou as várias forças que suportam e que resistem ao *Lean Production*, e concluiu que as primeiras superam as últimas. A análise feita pelo autor pode ser verificada na Figura 9.

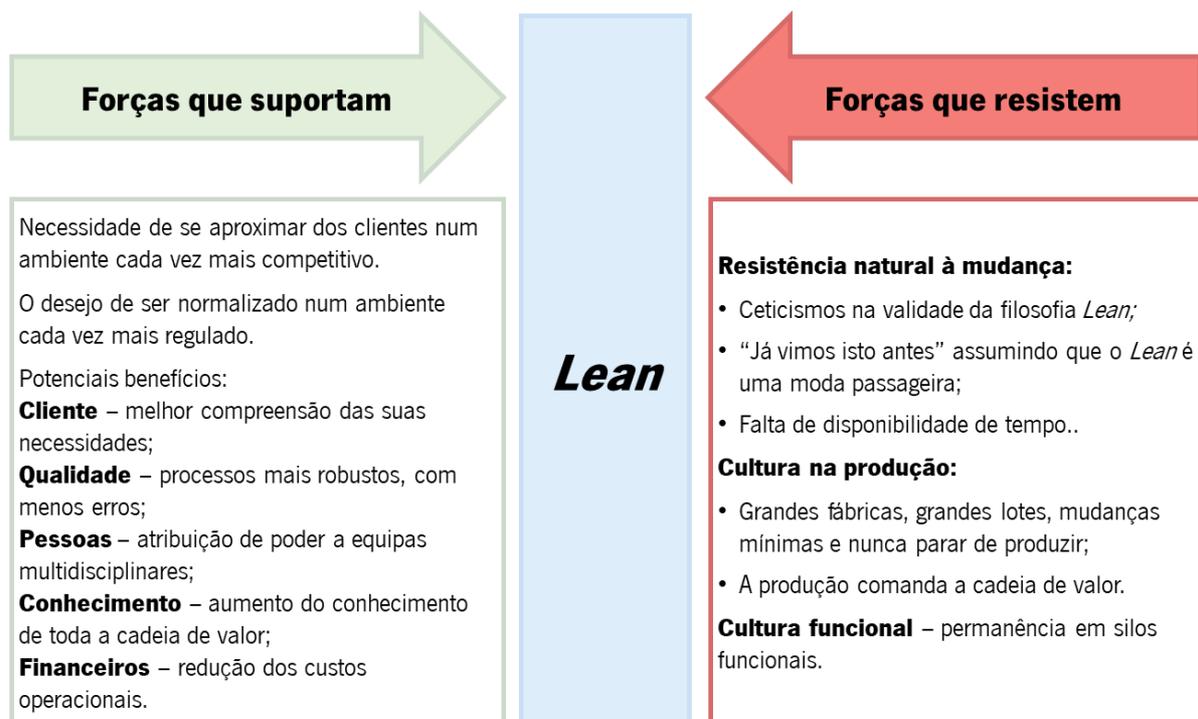


Figura 9 - Forças que suportam e que resistem ao *Lean Production*
(adaptado de Melton (2005))

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

No presente capítulo é apresentada a empresa onde decorreu o projeto de dissertação, a WEGeuro – Indústria Elétrica S.A., uma das maiores empresas fabricantes de motores elétricos do mundo. Assim, numa fase inicial é feita uma descrição da empresa, retratando brevemente a sua história, as áreas de negócio em que se insere, as unidades fabris localizadas em Portugal e os produtos fabricados nas mesmas. Posteriormente, é apresentado o *layout* geral da fábrica da Maia, onde foi realizado o estudo, sendo referidas as secções de produção e de apoio à mesma. Por último, são apresentados os componentes que constituem um motor elétrico e as etapas necessárias para o seu fabrico.

3.1 Identificação e localização da empresa

A WEG foi fundada em 1961 em Jaraguá do Sul, no Brasil, por Werner Ricardo Voigt, Eggon João da Silva e Geraldo Werninghaus, iniciando a sua atividade com a produção de motores elétricos. Cerca de dez anos mais tarde, começou a exportar os seus produtos para alguns países da América Latina e, posteriormente, a atingir novos mercados. Simultaneamente, foi ampliando as suas atividades com a produção de componentes eletroeletrónicos, transformadores de força e distribuição, produtos para automação industrial, vernizes eletroisolantes e tintas líquidas e em pó. Atualmente, a empresa distribui para mais de 90 países, com 45 fábricas em 12 destes, e conta com mais de 33 mil colaboradores.

A organização tem como missão continuar a crescer de forma rápida e sustentável, mantendo a simplicidade, isto é, continuando com uma estrutura simples de negócios, assegurando a flexibilidade. Da mesma forma, pretende ser uma empresa de referência a nível global em máquinas elétricas, através do fornecimento de soluções eficientes e completas, assim como pela forte relação com os seus clientes. A empresa destaca-se dos seus concorrentes através da sua constante inovação, indo de encontro às tendências do mercado atual, voltadas para a eficiência energética, energias renováveis e indústria 4.0.

De uma forma geral, a WEG possui cinco áreas de negócio distintas, nomeadamente, a nível de motores elétricos e redutores, tecnologia de automação, transmissão e distribuição, geração de energia e ainda tintas e vernizes, explicadas na Figura 10.

	<p>Motores Elétricos e Redutores</p> <p>É considerada uma das maiores fabricantes de motores elétricos do mundo. Conta com uma linha completa de motores elétricos e redutores para diferentes tipos de aplicação (comerciais, residenciais e industriais), sempre com foco na necessidade do cliente.</p>
	<p>Tecnologia de Automação</p> <p>Foca-se nas soluções de automação para atender à procura de diversos segmentos industriais e prediais, contando com uma gama completa de produtos e sistemas elétricos e eletrônicos de baixa e média tensão que aumentam a produtividade.</p>
	<p>Transmissão e Distribuição</p> <p>Focada na geração, transmissão e distribuição de energia, a empresa fornece transformadores de potência e distribuição, e soluções de acordo com as necessidades dos clientes.</p>
	<p>Geração de Energia</p> <p>Oferece as mais avançadas tecnologias para geração, transmissão e distribuição de energia solar, eólica, de biomassa e hidrelétricas, ao fabricar grandes máquinas, como geradores, alternadores, turbinas a vapor, entre outros.</p>
	<p>Tintas e Vernizes</p> <p>A empresa criou uma ampla linha de produtos, abrangendo tintas industriais líquidas e em pó para aplicações industriais, marítimas, anticorrosivas e automóveis, garantindo assim a proteção da superfície a longo prazo em ambientes agressivos.</p>

Figura 10 - Áreas de negócio da WEG

3.2 WEGeuro em Portugal

A WEG estabeleceu a primeira fábrica europeia em Portugal por várias razões estratégicas. Para além da sua proximidade geográfica aos clientes permitir oferecer prazos de entrega mais curtos, permite também uma maior flexibilidade, que torna os seus produtos mais atrativos. Desta forma, são capazes de estabelecer novas parcerias e aconselhar e apoiar ativamente os seus clientes. Adicionalmente, a língua falada no país é a mesma que a da empresa mãe, facilitando a comunicação entre estas.

O início da sua atividade produtiva em Portugal deveu-se à aquisição da unidade da Efacec Motors, na Maia, em 2002 e, em 2017, foi construída uma unidade industrial em Santo Tirso, permitindo um aumento de 156 colaboradores para mais de 750 no decorrer de 20 anos. Ambas as fábricas estão representadas na Figura 11.



Figura 11 - Unidade da Maia (esquerda) e de Santo Tirso (direita)

A unidade fabril da Maia é responsável pela produção de motores personalizados de grande dimensão, isto é, com altura de eixo entre 315 e 900 milímetros, podendo ser de média e alta tensão (até 13 800V). Conta ainda com a área de Soluções de Automação e Quadros Elétricos (SAQE) e com a área de assistência técnica, designada por *High Voltage Service* (HVService). Já na unidade de Santo Tirso, são produzidos motores elétricos de menor dimensão, ou seja, aqueles com uma altura de eixo inferior a 355 milímetros e de baixa tensão (até 1 140V). Devido às suas características, na primeira fábrica referida são produzidos, em média, 11 motores elétricos semanalmente, enquanto na segunda a quantidade é superior, contabilizando cerca de 250 motores por semana.

Aliada à crescente procura e à dificuldade em responder à mesma com as instalações atuais, a empresa irá contruir uma nova unidade fabril de maiores dimensões, também em Santo Tirso, que irá substituir a fábrica atual da Maia. Desta forma, será facilitado o fluxo entre as duas unidades, uma vez que existe uma constante troca de materiais e informação entre ambas, levando à diminuição de custos de transportes e dos tempos de entrega. Espera-se, ainda, que este aumento da capacidade produtiva permita dar resposta às encomendas dos clientes num menor tempo do que aquele exercido atualmente. A nova fábrica permitirá, ainda, aumentar o portefólio de produtos da empresa, uma vez que, ao dispor de novos equipamentos e uma maior capacidade, será possível produzir motores com altura de eixo superior a 900 milímetros.

Os produtos fabricados pela WEG destacam-se pela sua qualidade, elevado desempenho e capacidade de serem personalizados. Tal refere-se tanto ao tipo de material das peças, cor, como outras especificações requeridas pelo cliente, apostando sempre na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos. Desta forma, é capaz de personalizar projetos de motores para os seus milhares de clientes, de acordo com as suas exigências. Adicionalmente, em Portugal, a empresa é detentora de certificações de ISO 9001, ISO 12944 e ISO 14001, demonstrando que o compromisso com a melhoria contínua, qualidade, segurança e meio ambiente são fulcrais.

3.3 Estrutura organizacional

No que diz respeito à estrutura organizacional, a WEG encontra-se dividida em vários departamentos, cada um chefiado por um gerente. De acordo com o tipo de departamento, os gerentes podem ou não responder ao Diretor Industrial. Acima deste, existe ainda um Diretor Geral que é responsável por todas as áreas, sejam estas produtivas ou não. Na Figura 12 encontra-se um esquema representativo da estrutura.



Figura 12 - Estrutura organizacional da empresa

3.4 *Layout* fabril da Maia

A unidade produtiva da Maia, onde o projeto de dissertação foi desenvolvido, conta com um edifício com uma área total de 19 590m². De forma geral, a área de produção divide-se nos setores de Chaparia, Estatores, Veios e Rotores, Maquinagem, Bobinagem de alta e média tensão e Montagem. Estes são apoiados pelas secções do Laboratório, Ferramentaria, Armazéns e área de Expedição, como é possível verificar na Figura 13.



Figura 13 - *Layout* da unidade fabril da Maia

Para além destas secções, e como foi referido anteriormente, existem ainda áreas destinadas ao HVService, ao SAQE e a escritórios, que não estão associados à área de produção dos motores.

Na Tabela 1 é feita uma breve descrição das tarefas executadas em cada uma das secções identificadas.

Tabela 1 - Identificação das secções e respetivas tarefas

Secção	Descrição das tarefas
Armazém	Armazenagem da matéria-prima.
Controlo da Qualidade	Verificação da qualidade.
Maquinagem	Torneamento, fresagem e furação dos materiais.
Chaparia, Estatores, Veios e Rotores	Corte e realização de ranhuras nas chapas magnéticas; Prensagem das chapas; Torneamento dos veios; Introdução do veio na massa rotórica; Torneamento dos rotores; Equilibragem dos rotores.
Ferramentaria	Produção de ferramentas necessárias para as várias secções produtivas.
Laboratório	Ensaio elétrico; Ensaio mecânico.
Bobinagem	Enrolamento, prensagem, conformação e isolamento das bobines; Bobinagem do estator; Teste elétrico; Ligação das fases.
Montagem	Pré-montagem; Montagem elétrica; Montagem final; Pintura.
Expedição	Embalagem do motor.

3.4.1 Principais produtos

Na unidade da Maia são produzidos motores industriais de diferentes gamas que podem ser considerados de uso geral ou linhas dedicadas, como é possível observar na Figura 14.

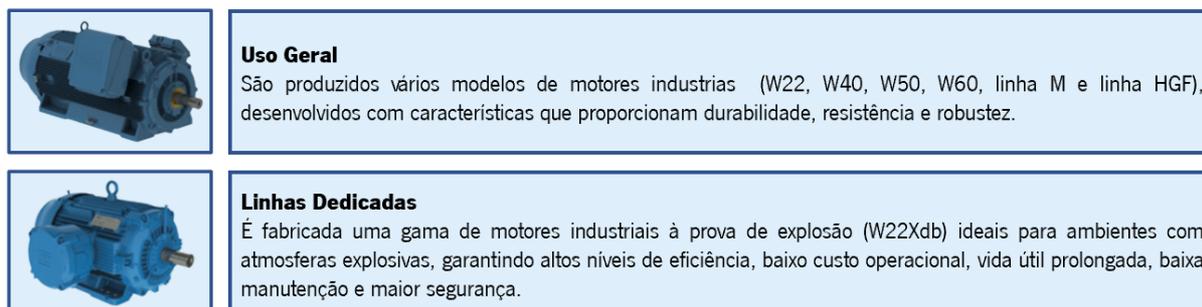


Figura 14 - Gamas de motores fabricados na Maia

Tal como referido anteriormente, os motores desta unidade fabril são de média ou alta tensão, e a altura do eixo, isto é, a distância entre a base ao centro do veio, está entre 315 e 900 milímetros.

3.4.2 Composição de um motor

Com vista a entender melhor o principal produto fabricado na WEG, é descrito de seguida a composição de um motor. De forma geral, um motor elétrico é composto por três partes principais: o estator, o rotor (veio e massa rotórica) e a carcaça. A estes elementos são acopladas as tampas (traseira e dianteira), o ventilador, a caixa de ligação, e vários outros componentes de menores dimensões. Na Figura 15 encontra-se representado um exemplo de um motor trifásico, em corte, para melhor percepção destas diferentes partes.

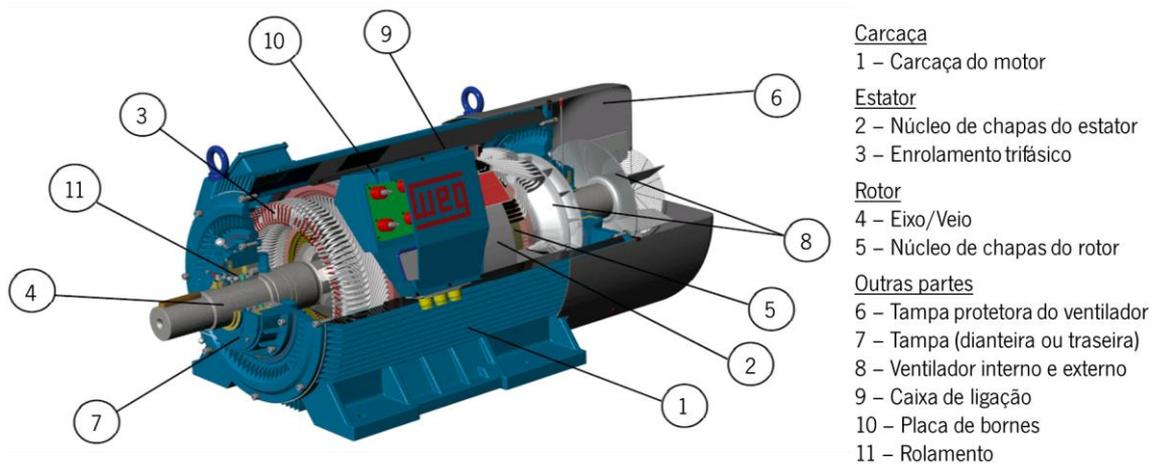


Figura 15 - Composição de um motor

3.4.3 Descrição geral do fluxo produtivo

A unidade fabril em estudo recebe a matéria-prima da fábrica mãe no Brasil e de vários outros fornecedores, e é colocada no armazém de matéria-prima, servindo de suporte às diferentes secções da produção. Na secção de Chaparia, Estatores, Veios e Rotores, a chapa magnética é cortada e ranhurada que, através da prensagem, dá origem à massa rotórica e ao estator não bobinado. Também nesta secção, são cortadas e maquinadas barras de aço, formando os veios que, depois, são introduzidos na massa rotórica, originando o rotor. Para tal, este conjunto deve ser aquecido, com vista a dilatar a massa e a facilitar a introdução do veio e, depois, recorre-se a uma prensa para a sua introdução. Finalizado este processo, o rotor é colocado a arrefecer à temperatura ambiente para poder ser torneado, de forma a reduzir o seu diâmetro às medidas pretendidas. Posteriormente, é efetuado o choque térmico, recorrendo a um forno, e a equilibragem, com o objetivo de garantir o posicionamento do centro de massa quando este está em rotação.

A secção da Bobinagem é responsável por enrolar, prensar, conformar e isolar as bobines, para, posteriormente, as enrolar no estator. Depois, é feita a ligação das fases, são amarradas as testas e feitos os acabamentos elétricos que, posteriormente, são submetidos a um ensaio elétrico. O estator

bobinado passa por uma fase de impregnação, ou seja, é mergulhado em resina para que lhe seja conferida uma maior rigidez mecânica do estator e aumentar o isolamento elétrico do motor.

Em paralelo, são trabalhados vários componentes dos motores na secção de Maquinagem como tampas, caixas de ligação e carcaças. Nesta efetuam-se operações de torneamento, fresagem e furações, de forma a atribuir as dimensões, forma e acabamento pretendido aos materiais.

Quando a carcaça já se encontra maquinada e o estator já contém as bobinas, existe uma fase de montagem, onde é utilizado um forno que faz expandir a carcaça, de forma a poder inserir o estator dentro desta. Depois, este conjunto, que passa a ser denominado de motor, passa novamente pela secção de Maquinagem para corrigir pequenas deformações causadas pelo calor, que possam ter ocorrido durante este processo. Após todas as peças estarem produzidas, são feitas as ligações elétricas e a montagem do motor completo, que passa pelo Laboratório para que possam ser feitos testes elétricos e mecânicos, consoante as especificações do cliente final. Por último, é feita a pintura, o embalamento do produto final, que depois aguarda o transporte na área de Expedição.

É de referir que, ao longo de todo o processo, é feito um autocontrolo por parte dos operários, que visualmente inspecionam as peças. Adicionalmente, é feita uma avaliação dos componentes mais detalhada, na secção de Controlo da Qualidade, dependendo do tipo de material e o propósito do produto final. A título de exemplo, os motores antideflagrantes têm um maior controlo de qualidade, com requisitos dimensionais específicos, para que seja garantida essa propriedade.

No Apêndice 1, Figura 71 e Figura 72, pode ser consultado um esquema simplificado do processo produtivo descrito.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo destina-se à apresentação detalhada da secção de Maquinagem, uma vez que foi esta a área em que a empresa sugeriu realizar o estudo, devido à necessidade de melhoria do desempenho da mesma. A fase inicial do projeto consistiu na aprendizagem e observação das atividades na secção referida, no levantamento de informação de documentos da empresa e dados recolhidos no local de trabalho. Desta forma, é feita a descrição da situação atual, identificando-se as principais operações e fluxos de materiais que ocorrem e, posteriormente, uma análise crítica da mesma. Para isso, foi estudado um produto que se revelou ser o mais relevante através de uma análise ABC. Por fim, sintetizaram-se os problemas identificados, para os quais foram elaboradas propostas de melhoria, apresentadas no capítulo seguinte.

4.1 Descrição da secção

A secção de Maquinagem, tal como o nome indica, tem a função de maquinar peças que constituem o motor. Desta forma, são necessários vários tipos de máquinas e, na Maia, estas são de grande porte, uma vez que transformam peças com peso e dimensões elevados, podendo estas chegar a pesar 30 toneladas e ter mais de dois metros de altura.

Para a maquinagem dos materiais são feitas diversas operações, sendo que cada material que passa nesta secção pode fazer uma ou várias operações. Esta secção é constituída por diferentes tipos de máquinas, nomeadamente centros de maquinagem, tornos (horizontais e verticais) e uma furadora. Cada uma destas máquinas conta com um operário por turno. Na Figura 16 é possível observar com mais detalhe esta secção e as máquinas que nela se encontram.

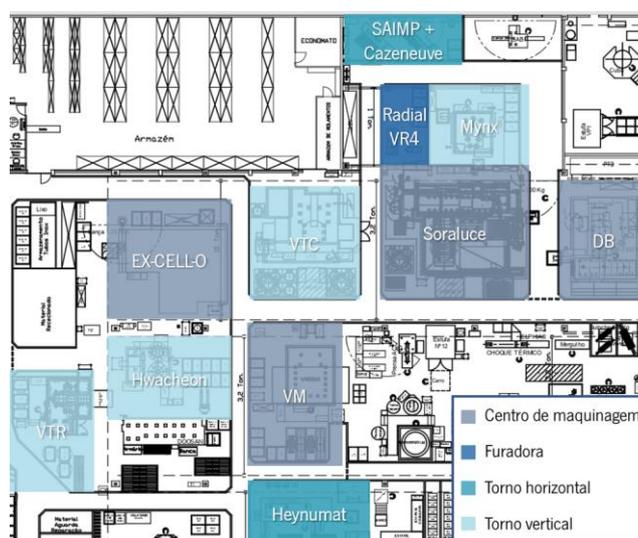


Figura 16 - Layout da secção de Maquinagem

Os principais processos de maquinagem realizados na secção são executados por ferramentas específicas que, por ação mecânica, alteram a geometria dos produtos, ao retirar material dos mesmos e ao realizar furações e roscas necessárias. Para além do tipo de maquinagem a ser realizada, as máquinas a utilizar para cada peça têm em consideração as dimensões da mesma. Desta forma, dentro de cada tipo de máquina, existem vários modelos que maquinam peças com tamanhos diferentes. Esta distinção é descrita na Tabela 2, sendo também apresentadas as doze máquinas existentes na secção.

Tabela 2 - Descrição do funcionamento de cada tipo de máquina

Tipo de máquina		Máquina			Descrição do funcionamento	
Furadora		 <p>Radial VR4</p>			Faz furos, normalmente cilíndricos, utilizando uma ferramenta de multicorte, e é feito o rosqueamento para obtenção de filetes uniformes na peça.	
Centro de maquinagem		 <p>Soraluce</p>	 <p>Ex-Cell-O</p>	 <p>Mynx</p>	Realiza operações de mandrilhar, fresar, furar e roscar com a peça estática e a ferramenta em movimento.	
		 <p>DB</p>	 <p>VM</p>			
Torno	<p>A ferramenta de corte avança para a posição indicada e é o movimento da peça a girar em torno do seu próprio eixo que leva à remoção de material.</p>	Horizontal	 <p>Cazeneuve</p>	 <p>SAIMP</p>	 <p>Heynumat</p>	O eixo árvore é paralelo à mesa e é utilizado para maquinar peças de pequena dimensão.
		Vertical	 <p>Hwacheon</p>	 <p>VTR</p>	 <p>VTC</p>	O eixo árvore é perpendicular à mesa e é utilizado para maquinagem pesada de peças médias e grandes.

Algumas das máquinas mencionadas são Controlo Numérico Computadorizado (CNC), ou seja, operam de forma automática e recebem as suas instruções de trabalho através de um código. Este programa é criado pelo grupo de programadores da secção de Processos Industriais e Melhoria Contínua (ENGI) do departamento de Engenharia Industrial.

As restantes máquinas são convencionais, funcionando de forma manual e, portanto, é necessária a experiência e sabedoria do operador para que seja realizado o torneamento das peças.

4.2 Atividades realizadas na Maquinagem

De forma geral, para que se obtenha o componente final, são necessários dois tipos de maquinagem, o desbaste e o acabamento, para além das tarefas de furar e roscar que possam ser necessárias. Na Figura 17 encontra-se representado um esquema referente ao processo de maquinação.

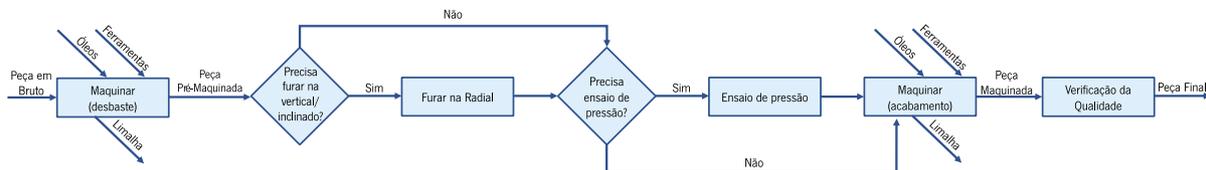


Figura 17 - Processo produtivo na Maquinagem

A primeira operação é de desbaste e remove a maior quantidade de material, não atendendo à rugosidade final pretendida. De seguida, caso sejam requeridas furações inclinadas ou na vertical, é necessário seguir para uma máquina de furar, capaz de realizar tal operação. Posteriormente, quando é feito o acabamento, confere-se às superfícies da peça menor rugosidade e retificam-se dimensões, dentro das tolerâncias definidas. Entre estas operações, pode ser necessário fazer um ensaio de pressão, normalmente aplicado às peças antideflagrantes, para garantir a qualidade e segurança do motor final. Durante o processo de maquinar é produzida limalha que é encaminhada para contentores para mais tarde ser vendida. O óleo utilizado nas máquinas, que é expelido juntamente com a limalha, é reaproveitado pela própria máquina. Durante todo o processo, é feito um controlo visual por parte dos operadores, sendo que para determinadas peças devem ainda preencher um relatório de autocontrolo, garantindo que as dimensões estão dentro dos valores admissíveis. No final, a peça passa pela secção do Controlo da Qualidade, onde se verifica se existem não conformidades.

Nesta secção existe uma elevada quantidade e variedade de ferramentas, de destacar as brocas, fresas e os machos, assim como aparelhos de medição e calibração das peças. Para além disso, são utilizados grampos e pratos centradores para fixar as peças nas mesas das máquinas, para que as mesmas estejam centradas e de forma a evitar que se movimentem durante o seu funcionamento.

Relativamente às zonas de armazenamento, existe perto de cada máquina um local destinado para as peças, podendo ou não fazer distinção entre entradas e saídas. É importante referir que as peças que têm de ser maquinadas aguardam perto da máquina, mesmo que a operação não seja efetuada no próprio turno, podendo muitas vezes ficar vários dias no mesmo local. Uma vez que o peso das peças é muito elevado, recorre-se frequentemente a uma grua de transporte, também designada de ponte rolante, para movimentar e posicionar os produtos.

Antes de se iniciar a maquinação de uma peça, é necessário executar várias operações de preparação da máquina, também designado por *setup*. Esta tarefa envolve várias operações, como é o caso do ajuste dos programas nas máquinas, o posicionamento e fixação da peça à mesa da máquina e a troca de ferramentas e materiais. No que concerne ao tempo de *setup*, este varia devido a vários fatores, como:

- A quantidade de ferramentas de fixação necessárias para realizar as operações;
- A máquina onde vai ser realizada a operação;
- As dimensões e o peso da peça a ser maquinada;
- Disponibilidade da ponte rolante;
- As tolerâncias associadas a cada peça, visto que algumas obrigam a ter um maior cuidado, levando a um maior tempo de preparação;
- O operador que efetua o *setup* pois, em norma, um operador mais experiente tem uma maior facilidade em fazer a troca de ferramentas e material;
- Disponibilidade das ferramentas partilhadas entre centros de trabalho.

Esta secção conta com um total de 30 colaboradores e labora 5 dias por semana em um, dois ou três turnos de oito horas cada, dependendo do centro de trabalho, sendo que o primeiro turno funciona das 8h às 16h, o segundo das 16h às 00h e o último das 00h às 8h. Durante cada turno, os operadores contam com 45 minutos de pausa para refeição e 20 minutos para intervalos. Ocasionalmente, existe a necessidade de trabalhar aos sábados.

4.3 Produtos maquinados

Como referido na secção 3.4.2, são vários os produtos que constituem o motor, sendo que uma grande parte destes componentes necessitam de ser maquinados. Na Tabela 3 são apresentados os produtos que, de forma geral, são mais representativos na secção de Maquinagem.

Tabela 3 - Principais produtos maquinados

Produtos maquinados		
Carcaças	Caixas de ligação	Tampas dianteiras
Placas de fecho/Anéis de fixação	Bases das caixas de ligação	Tampas traseiras
Motores (estator + carcaça)	Tampas das caixas de ligação	Tampas flange
Ventiladores	Barras do rotor	Chapas extremas

4.4 Shop Floor Management

Sendo a WEG uma multinacional virada para a vertente tecnológica, é dada grande importância ao conceito de indústria 4.0 e à digitalização da produção. Como tal, a empresa adotou um sistema MES (*Manufacturing Execution System*) intitulado de WEG SFM (*Shop Floor Management*), adiante designado de WSFM. Esta ferramenta permite recolher dados da situação atual da produção, de forma digital e em tempo real, e, através do tratamento e análise dos mesmos, torna-se possível conhecer os motivos e duração das paragens, a performance do sistema, e várias outras informações pertinentes, promovendo uma melhoria contínua. Assim, com esta ferramenta, os chefes, operadores e outros colaboradores podem saber o estado atual das Ordens de Produção e das várias máquinas em que o WSFM já foi instalado, e que ações devem ser tomadas para combater as ineficiências.

Existem três estados principais da máquina registados pelo sistema, sendo estes:

- A Trabalhar: quando a máquina está a trabalhar são enviados sinais eletrónicos automaticamente para o WSFM, que definem o evento “Operando”;
- Em Paragem Injustificada: sempre que a máquina não estiver a trabalhar, os sinais eletrónicos desligam e o sistema regista o evento “Parada Não Justificada” de forma automática;
- Em Paragem Justificada: verifica-se quando a máquina está parada, mas o operador insere o motivo dessa paragem. Inclui paragens planeadas, como “Refeição” e “Lanche”, assim como paragens não planeadas, como “Carga e Descarga de Materiais”, “Troca de Turno/Limpeza” e “Aguardado Ponte Rolante”.

Através dos sinais da máquina, da informação inserida pelo colaborador e informações dos roteiros das Ordens de Produção, o sistema é capaz de apresentar o OEE e os seus três índices, Índice de Disponibilidade (ID), Índice de Eficiência (IE) e Índice de Qualidade (IQ). A Figura 18 demonstra alguns dos eventos disponíveis para o operário, que devem ser selecionados através do monitor do WSFM afixado à máquina.



Figura 18 - Painel de eventos do WSFM

Para além de apresentar o estado das máquinas em tempo real, é possível consultar outros dados na *intranet* da empresa, sendo estes apresentados de diversas formas. A título de exemplo, pode-se observar na Figura 19 uma *dashboard* que indica, para uma determinada máquina, num período definido, os principais motivos de paragens, o indicador OEE e os seus índices e a sua evolução histórica.

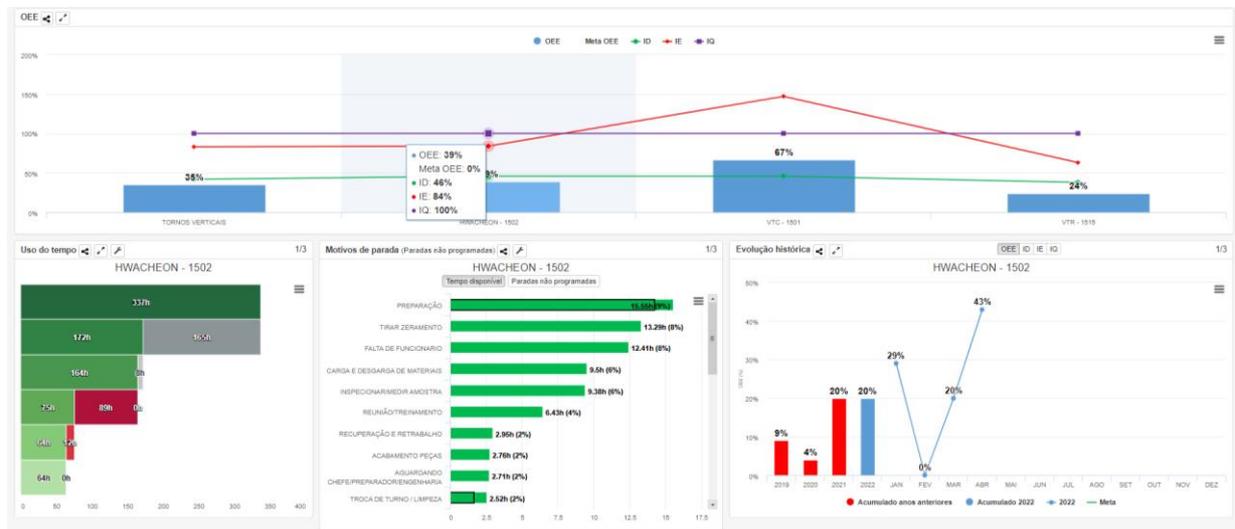


Figura 19 - Exemplo da *dashboard* do WSFM

A introdução desta ferramenta na fábrica foi efetuada recentemente, há cerca de dois anos, tendo vindo a ser implementada em cada vez mais máquinas. Com os resultados obtidos, seja dos indicadores de desempenho, como dos motivos das paragens, os colaboradores de Engenharia Industrial têm a oportunidade de analisar a informação e identificarem oportunidades de melhoria. Com isto, são depois definidas estratégias para implementação das propostas de melhoria, tendo sempre como objetivo a melhoria do desempenho dos equipamentos.

4.5 Seleção do produto para análise e respetivo processo produtivo

Como referido anteriormente, na WEG era produzida uma vasta variedade de produtos, o que se verificava também na secção de Maquinagem. Como tal, foi necessário fazer uma análise ABC para escolher um material que fosse relevante para este estudo. Desta forma, no início do projeto foi feito um levantamento e tratamento de dados, com vista a analisar os produtos mais maquinados. A recolha desta informação foi possível através da utilização do ERP utilizado na empresa, de onde se recolheu uma lista de todos os artigos que passaram pela secção de Maquinagem entre janeiro de 2021 e dezembro do mesmo ano. Obtiveram-se 2 240 referências de produtos diferentes, que foram depois agrupadas por famílias de produto.

Realizou-se, posteriormente, uma análise ABC por quantidade para os 82 tipos de produtos diferentes identificados, como se pode observar na Figura 20. Os dados utilizados para esta análise podem ser consultados no Apêndice 2, Tabela 22.

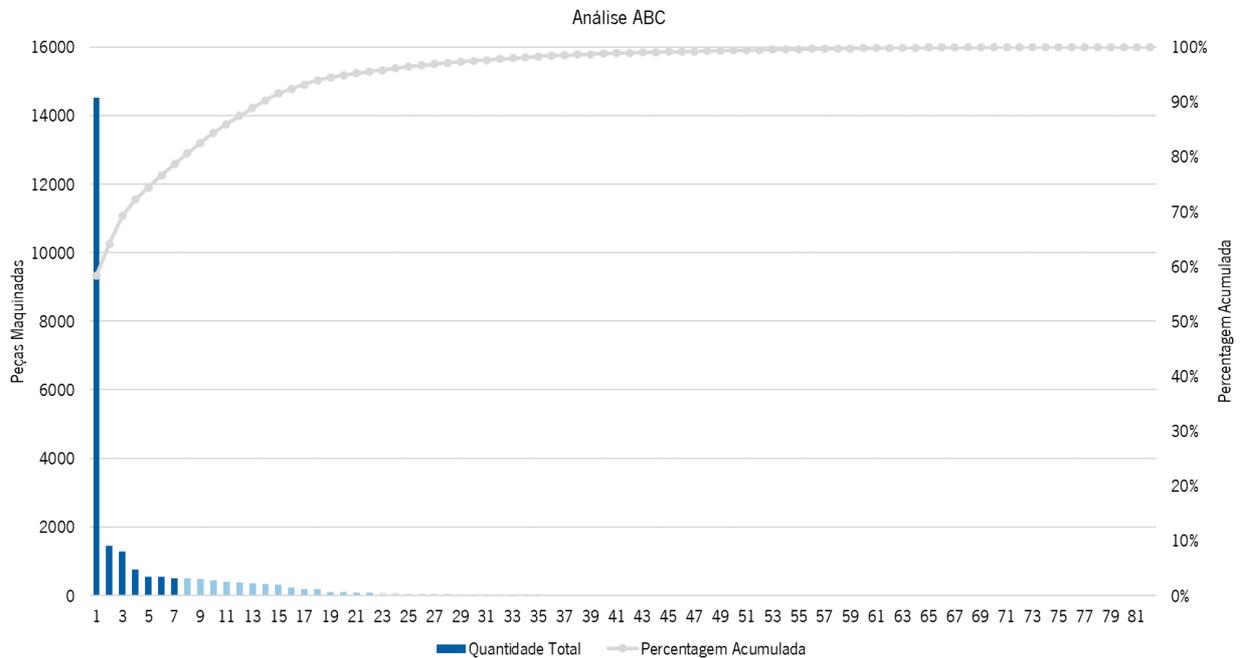


Figura 20 - Gráfico da análise ABC das peças maquinadas

Através da análise da tabela obtida, dividiram-se os produtos por classes. Na classe A, encontram-se os 7 produtos mais maquinados, representados a azul-escuro, que corresponderam a cerca de 80% da totalidade de peças maquinadas. Na classe B, incluem-se 15 produtos que, somados aos anteriormente referidos, são responsáveis por aproximadamente 95% da quantidade total de peças maquinadas. Na classe C, encontram-se todos os outros artigos, que correspondem a 5% do total de peças maquinadas durante 2021.

Como se pode observar na Tabela 4, onde se encontram os materiais pertencentes à classe A, o produto que se destaca, e que representa 58% da quantidade total, é o material 1. Esta peça apresenta uma quantidade bastante superior quando comparada aos restantes materiais, porque são maquinadas dezenas de unidades de cada vez, sendo apenas efetuada uma vez o *setup* para as várias peças. Por estes motivos, este componente não é de interesse para o estudo.

Tabela 4 - Produtos da classe A da análise ABC

Produto	Total produzido (un)	Percentagem relativa	Percentagem acumulada	Categoria
1	14 513	58%	58%	A
2	1 444	6%	64%	
3	1 272	5%	69%	
4	749	3%	72%	
5	552	2%	74%	
6	550	2%	77%	
7	506	2%	79%	

Perante as restantes peças pertencentes à classe A, e por decisão da empresa, o estudo foi focado no material 3, referente a tampas, que corresponde a 5% das peças maquinadas em 2021. O produto 2, apesar de apresentar uma quantia total superior, não será analisado, uma vez que já existem projetos de melhoria nas operações de maquinagem do mesmo, realizado por uma equipa da empresa, no ano da realização do presente projeto.

Apesar de os produtos terem sido agrupados consoante as suas semelhanças no que diz respeito às características e função que desempenham, dentro de cada grupo existem diversas peças com características diferentes, como o tamanho ou a quantidade e posição dos furos que devem ser feitos. Este facto leva a que os tempos de operação sejam também distintos entre si visto que, por exemplo, quanto maior o tamanho de uma tampa de motor, mais material tem de ser removido, aumentando o tempo da maquinação. Desta forma, tornou-se necessário, posteriormente, seleccionar uma referência de tampas para estudar. Para tal, analisaram-se todos os produtos deste grupo, maquinados em 2021, que se encontram no Apêndice 3, Tabela 23 e Tabela 24. Na Tabela 5 encontra-se um excerto das tampas maquinadas e respetivas quantidades.

Tabela 5 - Tampas mais produzidas

Produto	Designação	Total produzido
1	Tampa 1	67
2	Tampa 2	57
3	Tampa 3	57
4	Tampa 4	56
5	Tampa 5	47
6	Tampa 6	41
7	Tampa 7	41
8	Tampa 8	36
9	Tampa 9	34
10	Tampa 10	33
11	Tampa 11	33
12	Tampa 12	30

O produto que apresenta uma maior quantidade, a tampa 1, é uma tampa traseira de altura de eixo 355 milímetros que já se encontra pré-maquinada. No entanto, parte destas peças têm como origem uma tampa em bruto, neste caso, a tampa 12. A razão pela qual apenas 30 das 67 tampas traseiras desta dimensão apresentam como origem a tampa 12 prende-se com o facto de ser necessário fazer ensaio de pressão. O ensaio é somente feito para as peças pertencentes a motores que serão submetidos a temperaturas inferiores a -20°C .

As 30 peças que têm origem em pré-maquinado passam a denominar-se de maquinadas depois de ser feito o ensaio de pressão. Por sugestão da empresa, o presente estudo seguirá o fluxo das tampas que têm origem em pré-maquinado. A razão pela qual existe uma maior quantidade de tampas traseiras do que dianteiras prende-se com o facto de alguns motores serem constituídos por uma tampa flange, ao invés de dianteira.

É ainda de referir que o produto escolhido, as tampas traseiras 355, apresentam um potencial de ganho que, através da implementação de ferramentas de melhoria contínua, pode ser replicado para outros artigos, como é o caso de todos os tipos de tampas.

Para analisar o processo produtivo da tampa em estudo com mais detalhe, elaborou-se um diagrama de processo, representado na Figura 21, onde se indicam as etapas necessárias para o seu fabrico, incluindo distâncias percorridas e tempos de processamento.

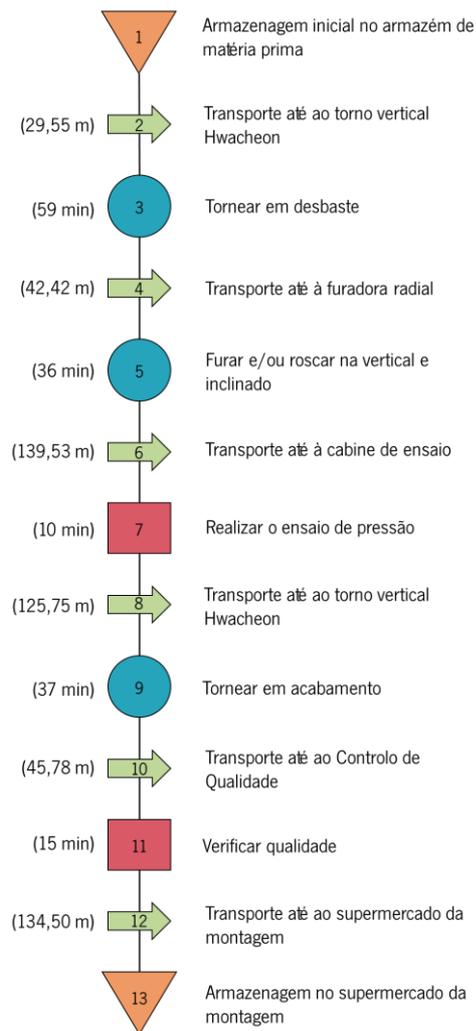


Figura 21 - Diagrama de processo para a tampa traseira 355

Como se pode verificar, as tampas traseiras percorrem uma distância total de 517,53 metros desde que são recolhidas do armazém até serem colocadas no supermercado da Montagem. Os tempos apresentados correspondem ao tempo médio necessário para efetuar cada uma das operações indicadas.

De seguida, descreve-se com maior detalhe as operações de tornear (3 e 9) e furar (5) que são realizadas na secção de Maquinagem, referindo-se também a realização do ensaio de pressão (7) e a verificação da qualidade (11).

4.5.1 Torneamento em desbaste

A primeira operação iniciava-se no torno vertical CNC Hwacheon (Figura 22) onde, por norma, eram maquinadas as tampas traseiras e dianteiras de menores dimensões (315, 355 e 400). Neste centro de trabalho estava definido um *buffer* com seis paletes, onde se colocavam as peças que iam entrar na máquina, e uma área definida para as saídas, onde se encontravam duas paletes.

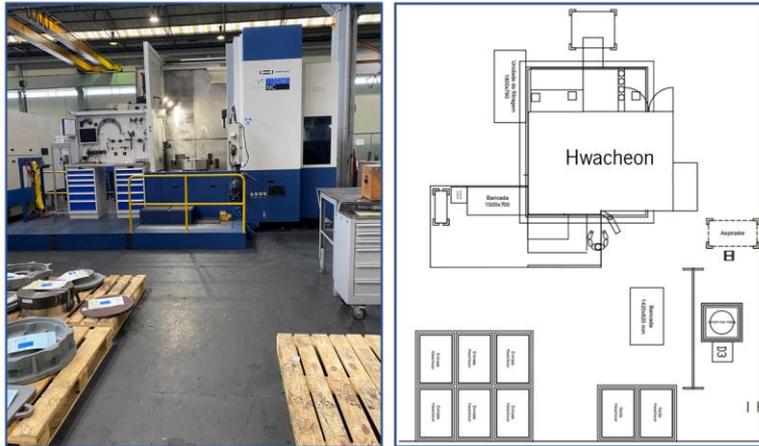


Figura 22 - Centro de trabalho do torno vertical Hwacheon

O chefe da secção era responsável por determinar a prioridade de cada material diariamente, e definir a ordem com que as peças deviam ser maquinadas. Posteriormente, colocava um cartão com um número em cima de cada peça, como se pode verificar na Figura 23, para que o operador tivesse conhecimento da sequência que devia seguir. Adicionalmente, era colocada uma folha na mesa de trabalho do CT, que indicava essa mesma sequência.



Figura 23 - Exemplo do sequenciamento das peças

Como é possível observar na Figura 23, todas as peças eram acompanhadas por uma folha que indicava um conjunto de informações importantes, incluindo a Ordem de Produção (OP), o código do material, o roteiro que a peça devia seguir, o desenho técnico, entre outros. Antes de se iniciar a maquinação, o operador começava por registar a OP no *software* da empresa e transferia o código CNC do computador para a máquina. No caso de se tratar de um programa que ainda não tinha sido ensaiado, isto é, nunca foi executado anteriormente, o colaborador devia estar atento a qualquer problema que pudesse ocorrer durante toda a execução do código, mantendo-se perto da máquina.

De seguida, era realizado um conjunto de operações de preparação da máquina, designado por *setup*. Esta tarefa variava consoante a peça em questão e do programa de maquinação CNC que seria executado. Para efetuar o *setup*, o trabalhador tinha em consideração:

- A posição em que a peça deve ser montada;
- As ferramentas de corte, as brocas e machos a serem utilizados na maquinação;
- Os sistemas de aperto a serem montados na máquina para fixação da peça, bem como o seu posicionamento;
- As coordenadas de determinados pontos de referência, o que inclui as operações de aferir as ferramentas e fazer o zeramento da peça.

Em cada código CNC eram indicados os grampos e calços que deviam ser montados quando a máquina era preparada e, no caso de ser necessário efetuar um novo *setup*, para a mesma peça, o momento em que este deveria ser efetuado. Para o produto em análise, eram montados os grampos que se encontram na Figura 24, onde eram colocados os calços. A escolha das brocas e machos dependia do diâmetro dos furos que tinham de ser efetuados, variando de tampa para tampa, que podia ser consultado no desenho técnico da OP.

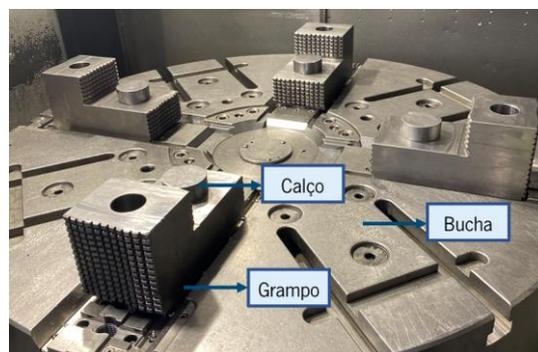


Figura 24 - Grampos e calços na bucha da máquina

No interior da tampa era feito o torneamento em desbaste e todas as operações de furar e roscar que fossem horizontais. Note-se que, considera-se horizontal a posição final da tampa num motor, como demonstrado na Figura 15. Na Figura 25 é possível observar um exemplo de furação antes de ser roscada e depois.

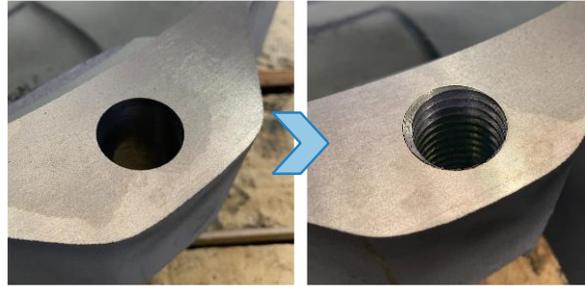


Figura 25 - Furação antes (esquerda) e depois (direita) de ser roscada

Nesta etapa não existia necessidade de virar a peça ao contrário, uma vez que todas as operações de maquinação podiam ser feitas com o mesmo *setup*, sendo possível maquinar o interior da tampa e o alojamento do veio (o diâmetro interno). Era, ainda, torneada uma parte da face inferior da peça através de uma ferramenta específica desenvolvida pela WEG. Terminado o torneamento, o trabalhador colocava a tampa na mesa, onde, recorrendo a um aspirador e à pistola de ar, removia as limalhas e líquido lubrificante acumulado na peça. De seguida, era feito o escareamento das furações, isto é, o furo era alargado e suavizado, criando um chanfro na sua superfície, conforme se pode observar na Figura 26.

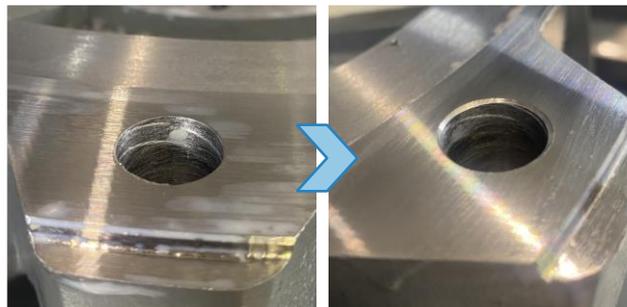


Figura 26 - Furação antes (esquerda) e depois (direita) de ser escareada

Posteriormente, transportava a peça até à paleta e dava por terminada a operação no *software* da empresa.

Na Figura 27 é possível observar uma tampa, antes de ser torneada em desbaste no Hwacheon e depois de torneada.



Figura 27 - Tampa em bruto (esquerda) e pré-maquinada (direita)

4.5.2 Furações inclinadas e na vertical

Para além das furações na horizontal, existiam, ainda, outros furos que deviam ser realizados na vertical e inclinados que, por impossibilidade de serem efetuados no Hwacheon, implicavam que a peça fosse encaminhada para a uma outra máquina, a furadora Radial. Ao contrário da máquina anterior, a furadora funciona de forma manual (Figura 28) e, por isso, não requer qualquer código CNC.



Figura 28 - Centro de trabalho da furadora Radial

Assim, o *setup* a ser efetuado na furadora radial era mais simples, não dependendo de apertos controlados, nem do rigor de centramento do Hwacheon. No caso de furos verticais, a tampa era colocada na mesa da máquina, como é possível observar na Figura 29 à esquerda, e o operador devia efetuar várias marcações nos locais onde seriam feitos os furos, consultando o desenho técnico da peça. Depois, selecionava a broca com diâmetro adequado e fazia as furações. Para as furações que necessitavam de rosqueamento, devia ainda selecionar o macho com diâmetro apropriado e realizar essa operação. As furações inclinadas requeriam que a mesa fosse colocada numa determinada posição, de acordo com o ângulo referido no desenho técnico. Na Figura 29 à direita, pode-se verificar um exemplo deste tipo de furo.



Figura 29 - Furação na vertical (esquerda) e inclinada (direita)

No final, o operador retirava a tampa recorrendo à ponte rolante, e colocava a mesma numa palete.

4.5.3 Ensaio de Pressão

Uma vez que a peça em estudo pertencia a um motor antideflagrante que era submetido a temperaturas inferiores a -20°C , tornava-se necessário realizar o ensaio de pressão. Após efetuado o ensaio, a tampa era transportada até ao centro de trabalho seguinte.

Esta tarefa não será abordada com tanto detalhe neste estudo, uma vez que não fazia parte da secção em análise, a Maquinagem.

4.5.4 Torneamento em acabamento

Depois de garantidas as características mecânicas do material, tornava-se necessário voltar ao torno Hwacheon, para que fosse efetuado o acabamento. Esta operação era realizada não só para conferir a rugosidade pretendida à tampa, como para corrigir qualquer alteração nas dimensões da peça provocada pelo ensaio de pressão.

O *setup* a ser realizado era semelhante ao realizado anteriormente, referido em 4.3.1.1., tanto a nível de ferramentas e auxílios utilizados, como o procedimento relacionado com o *software* da empresa. Uma vez que as tolerâncias eram menores na fase de acabamento, ao longo de todo o torneamento o operador devia efetuar várias medições da tampa.

4.5.5 Verificação da Qualidade

Após ser feito o acabamento, era feita a verificação da qualidade da tampa na secção de Controlo da Qualidade, para que se confirmasse se a mesma estava ou não conforme. Tal como o ensaio de pressão, esta tarefa não era executada na secção de Maquinagem e, por isso, não será foco do estudo.

Posteriormente, o material era transportado até ao supermercado da Montagem, onde aguardava pelo processo de montagem do respetivo motor.

4.6 Análise crítica e identificação de problemas

Neste subcapítulo é apresentada uma análise crítica do estado atual na secção de Maquinagem da empresa, sendo apresentados os principais problemas identificados. Para tal, recorreu-se, numa fase inicial, à observação dos postos de trabalho e das tarefas executadas pelos operadores. Foi, também, estudada alguma documentação fornecida pela empresa, necessária para o estudo efetuado. Para além

disso, foram utilizadas ferramentas como o *Waste Identification Diagram*, o diagrama de *spaghetti* e as auditorias 5S.

O presente estudo focou-se numa das máquinas da Maquinagem, o torno vertical Hwacheon, sendo em seguida referida a justificação pela qual se decidiu analisar esta máquina. Começou-se, então, por verificar o valor do OEE no mês anterior ao início do projeto, isto é, para o mês de janeiro de 2022. Foi escolhido este período uma vez que, desde 31 de janeiro até ao início da análise crítica, a máquina esteve em manutenção corretiva, devido a uma colisão, que afetou negativamente o seu OEE. Desta forma, o valor deste indicador de desempenho para o período em análise foi de 29%, que se revela relativamente baixo. A principal razão pela qual o OEE foi baixo deve-se ao valor do Índice de Disponibilidade, que foi de apenas 34%.

4.6.1 Análise de desperdícios com o WID

Para representar o processo de produção das tampas, desenvolveu-se um WID, que apresenta as cinco operações diferentes em quatro centros de trabalho, denominados de Hwacheon (CT1), onde é realizado o torneamento em desbaste e em acabamento, Radial (CT2), em que são feitas as furações inclinadas e na vertical, Ensaio de Pressão (CT3) e Controlo da Qualidade (CT4). Esta ferramenta era, até então, desconhecida na empresa, apesar de ser capaz de apresentar a informação de forma visual, intuitiva e de fácil interpretação.

Neste diagrama são representadas as estações de trabalho onde a peça passa durante o seu processo de maquinagem. Para a construção dos blocos, foi necessário calcular o TT, e determinar o TC de cada operação, o tempo de *setup* e as quantidades de WIP. Assim, recorreu-se aos dados fornecidos pela equipa de Tempos e Métodos da empresa e, para o caso de não existirem todos os valores necessários, foram cronometrados os tempos das atividades. Além disso, apurou-se o esforço de trabalho entre os CT, representado pelas setas, assim como a taxa de ocupação dos colaboradores que acrescentam ou não valor ao produto. No Apêndice 4 podem ser consultados os procedimentos seguidos para a determinação dos valores necessários para a construção do WID. O diagrama resultante encontra-se ilustrado na Figura 30.

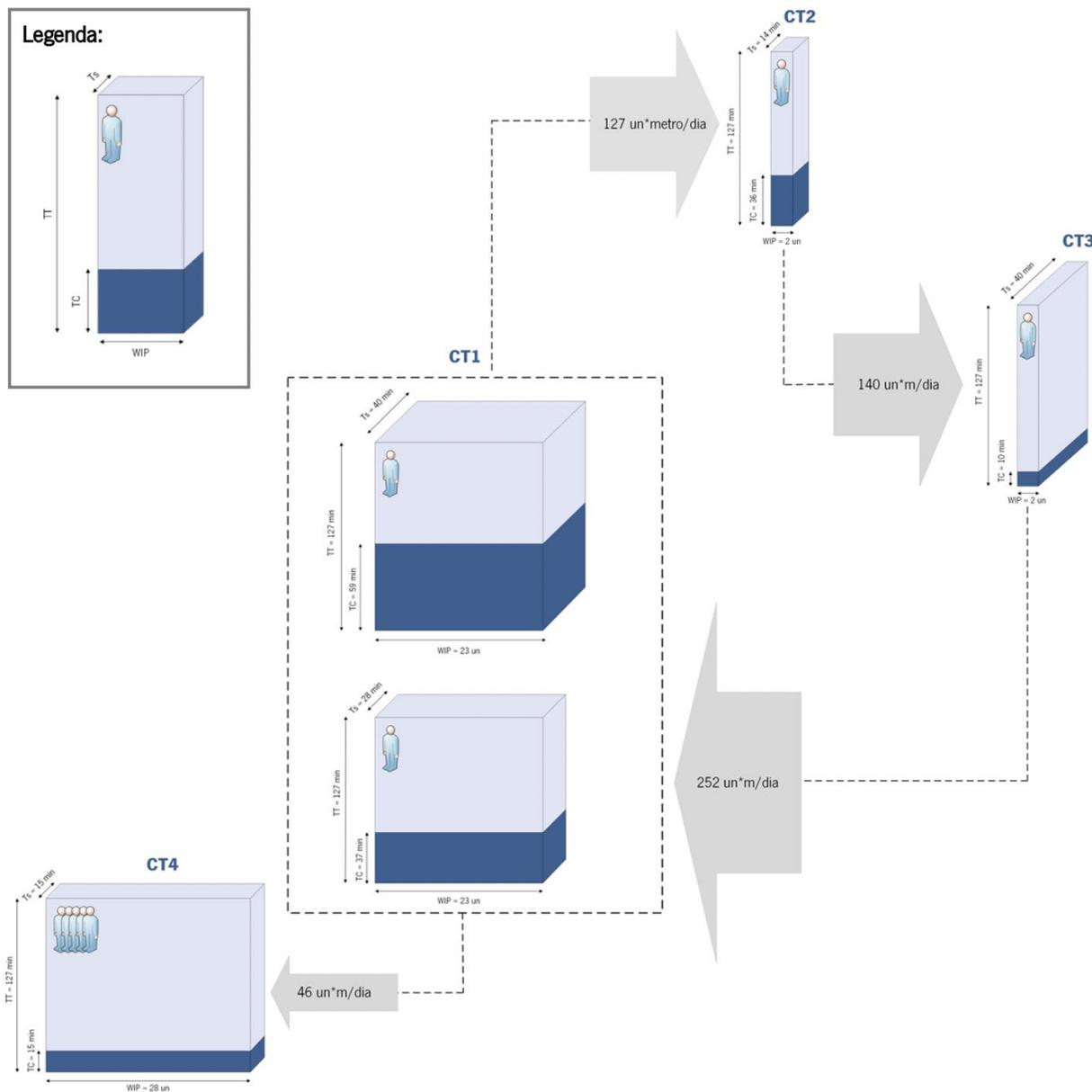


Figura 30 - WID do processo produtivo da tampa traseira 355

Através da análise da figura, pode-se constatar que o processo com maior tempo de *setup*, aproximadamente 40 minutos, é referente ao torneamento em desbaste, a primeira operação efetuada. Apesar do processo ser semelhante ao de torneamento em acabamento, a diferença no tempo de preparação entre estes deve-se à necessidade de marcar o furo na peça, para realizar o zero da furação, e à troca das brocas e machos na máquina, uma vez que são feitos furos e rosqueamentos. Verifica-se, ainda, que o maior esforço de transporte acontece entre o CT3 e CT1, dado que são separados por 125,74 metros. Apesar de a distância entre o CT2 e o CT3 ser ligeiramente superior (139,53 metros), a quantidade transportada diariamente é inferior e, por isso, o seu esforço de transporte é menor. O CT4, referente ao Controlo da Qualidade, é o posto mais crítico no que diz respeito ao WIP, visto que registou o valor mais alto no período de observação (28 unidades). Em parte, este valor explica-se pela elevada

quantidade de materiais, provenientes das várias secções, que devem ser submetidas ao processo de verificação da qualidade.

Foram ainda realizadas observações diretas aos colaboradores, durante cinco dias, e anotadas as tarefas executadas em quatro instantes diferentes durante cada dia, podendo os resultados ser consultados na Figura 31. É de notar que as observações foram feitas apenas aos centros de trabalho da Maquinagem, isto é, CT1 e CT2, uma vez que é nesta secção em que se foca o estudo.

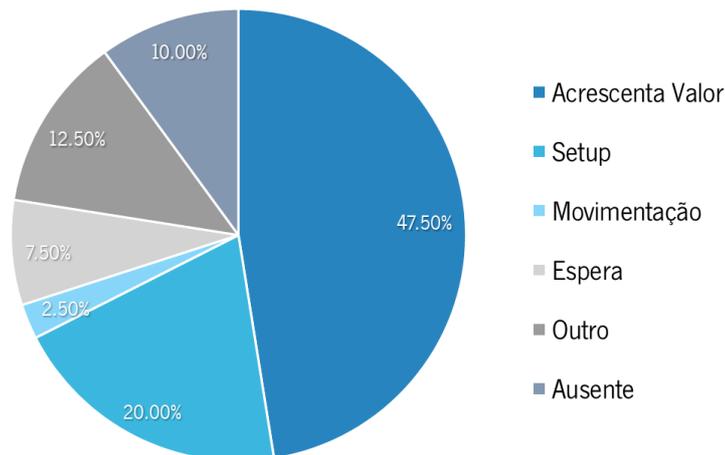


Figura 31 - Resultado das observações do WID

De uma forma geral, a maior ocupação do tempo dos trabalhadores está relacionada com atividades que acrescentam valor ao produto e, das atividades que não acrescentam valor, a maioria deveu-se à realização de preparação da máquina. Com um valor associado de 20% da totalidade das observações, verificou-se que os operadores realizavam o *setup* para que a próxima peça pudesse ser maquinada.

4.6.2 Falta de instruções de trabalho

Através das visitas ao chão de fábrica, foi possível verificar que em cada programa CNC eram indicados os grampos e calços que deviam ser utilizados. Existia, ainda, um espaço onde era referida a posição em que os grampos deviam ser montados na bucha. No entanto, em códigos que estavam a ser executados pela primeira vez, que acontecia frequentemente, este espaço não estava preenchido, devendo ser completado pelo colaborador no final de maquinar a peça.

Deste modo, para saber a posição indicada de acordo com o tamanho do material a maquinar, existia no computador do centro de trabalho, uma tabela que indicava as distâncias entre os grampos nas várias posições da bucha, como é possível observar na Figura 32.

	A	B	C	D	E	F
1	Posição	Ajuste manual		Ajuste manual		
2		Ø1 max	Ø1 min	Ø2 max	Ø2min	
3	1	800	495	330	230	ok
4	2	675	570	410	305	ok
5	3	750	650	485	380	ok
6	4	825	725	560	460	ok
7	5	900	800	640	535	ok

Figura 32 - Tabela com as posições dos grampos

No entanto, para além de ser de difícil leitura, devido às cores escolhidas, apenas os colaboradores com mais experiência conseguiam interpretar a tabela, uma vez que tinham já sido instruídos acerca da lógica da mesma. Isto constitui um problema, dado que, sempre que precisavam de a consultar, tinham de aceder ao ficheiro do computador. Desta forma, era necessário passar esta informação sempre que existia um novo operador na máquina. Adicionalmente, o colaborador da máquina referiu que os valores não estavam corretos e que, por isso, muitas vezes as dimensões que procurava não correspondiam à posição indicada na tabela.

4.6.3 Falta de normalização do registo de eventos no WSFM

De forma semelhante, a falta de normalização era, também, um problema no que diz respeito ao registo de eventos no WSFM. Por um lado, existiam eventos como “Aguardando Ponte Rolante” e “Falha Talha/Ponte Rolante”, que eram registados pelos mesmos motivos, isto é, sempre que o operador aguardava que a ponte rolante estivesse disponível. Isto constituía um problema quando era feita a análise dos eventos mais recorrentes, uma vez que poderia estar apenas contemplado um destes eventos, quando, na verdade, ambos se referem à mesma paragem não planeada. Por outro lado, como não existia nenhum documento que indicasse em que situações devia ser selecionado cada evento e, por isso, operadores diferentes selecionavam eventos diferentes, mesmo que se referissem à mesma operação. A título de exemplo, os eventos “Troca de Ferramentas (Fim de Vida Útil)” e “Quebra/Troca de Ferramenta(s)” tinham significados diferentes, sendo que o primeiro se referia a ferramentas como as pastilhas, que devem ser mudadas quando se encontram desgastadas, e o segundo à troca de ferramentas como brocas, que podem ter que se trocadas quando é efetuado o *setup*. No entanto, estes dois eventos estavam a ser utilizados sem se fazer qualquer distinção entre si, o que, mais uma vez, dificultava a análise dos dados do WSFM.

4.6.4 Falta de conhecimento dos resultados do OEE

Ao longo do turno de trabalho, os colaboradores conseguem consultar o valor do OEE, ID, IE e IQ no monitor do WSFM afixado à sua máquina. Conseguem, ainda, verificar todos os eventos registados ao longo do seu turno. No entanto, não tinham conhecimento da evolução deste indicador da sua máquina nem das metas definidas pela gerência para o valor do OEE. Este facto levava a uma menor motivação por parte do colaborador para melhorar a sua performance e otimizar as suas tarefas, de forma a alcançar os objetivos definidos.

4.6.5 Desorganização do centro de trabalho Hwacheon

No torno vertical por onde passavam as tampas estudadas, identificaram-se algumas oportunidades de melhoria no que diz respeito à organização e gestão visual. Assim, verificou-se que algumas ferramentas no painel não se encontravam identificadas, como é o caso do termómetro infravermelho e o roquete, apresentados na Figura 33.

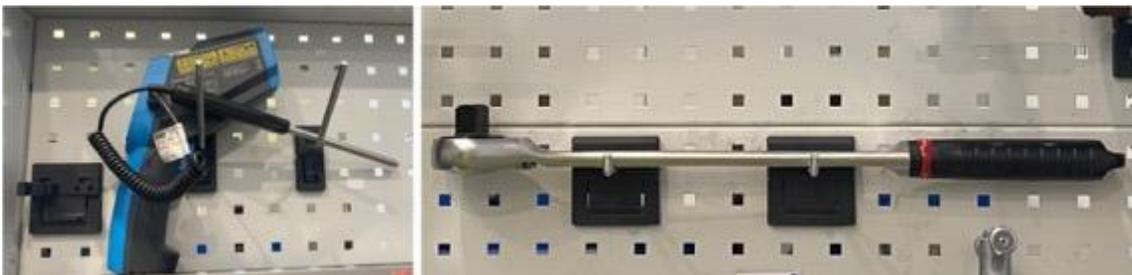


Figura 33 - Ferramentas sem identificação: termómetro infravermelho (esquerda) e roquete (direita)

Também os olhais, dispostos num suporte à parte, não se encontravam identificados (Figura 34), ou seja, havia uma falta de gestão visual. Estes olhais são utilizados para efetuar o transporte das peças através da ponte rolante, sendo necessário, no máximo, dois olhais de cada tamanho em cada peça. No entanto, verificou-se que, para alguns dos tamanhos, existiam mais do que dois olhais.



Figura 34 - Falta de identificação dos olhais

Para além disso, nem todas as gavetas estavam identificadas, pelo que algumas se encontravam desarrumadas. Adicionalmente, através do diálogo com os operadores, verificou-se que nem todo o material que se encontrava armazenado era utilizado, como os tabuleiros de secretária.

Verificou-se, ainda, a existência de ferramentas em mau estado, que necessitavam de ser substituídas. Um exemplo observado foi o martelo *nylon* que, por vezes, quando estava a ser utilizado, uma parte se descolava devido ao seu desgaste, pelo que dificultava as tarefas a realizar.

Outro problema identificado consistia na falta de determinadas ferramentas, uma vez que eram partilhadas com outros postos e não voltavam a ser colocadas nos respetivos locais. Este problema era muito frequente para a aparafusadora, tendo-se verificado que, apesar de cada posto estar equipado com a sua própria ferramenta, em alguns casos esta se encontrava perdida ou estragada. Como tal, surgia a necessidade de outros centros de trabalho utilizarem a aparafusadora do Hwacheon. Consequentemente, se esta não fosse devolvida após a sua utilização, o operador tinha que se deslocar a outros postos.

Adicionalmente, o colaborador deste centro de trabalho referiu a falta de olhais M30, necessários para tampas de maior dimensão, pelo que tinha que utilizar os olhais de outro centro de trabalho, o VTR, levando a deslocações de 43,65 metros por parte do colaborador, sempre que necessitava deste material. É, ainda, de referir que os olhais previamente utilizados não eram homologados, uma vez que a fêmea do olhal era M20 e o perno M30, tal como se pode observar na Figura 35. Assim, não havia compatibilidade entre os dois materiais, no que diz respeito à rosca, sendo um M20 e o outro M30. Esta incompatibilidade pode levar a que o olhal fêmea tenha sido adaptado à rosca do perno. Para além deste facto, as cotas do olhal fêmea não permitiam que o perno fosse roscado na totalidade. Este facto punha em risco de queda da carga a ser movimentada.



Figura 35 - Olhal M30 não homologado

Verificou-se ainda a falta de algumas marcações no *shop floor*, como é o caso da mesa de apoio e armário móvel com gavetas e a desatualização de outras marcações, nomeadamente o antigo local onde se encontravam os materiais de limpeza e o suporte para as cintas e olhais, como se pode confirmar na Figura 36.



Figura 36 - Marcações no *shop floor* em falta (esquerda) e desatualizadas (direita)

Não obstante, é de mencionar que a metodologia 5S foi parcialmente implementada neste centro de trabalho no passado, com o objetivo de melhorar a organização e limpeza do mesmo. Nesse período, foi definido que, no final de cada turno, o colaborador deveria efetuar a limpeza e arrumação do posto. Para tal, tinha sido criada uma *checklist* referente à manutenção e limpeza de 1º nível, que devia ser preenchida no final do turno, de forma a garantir que o posto de trabalho se mantinha limpo e organizado. Aliada a esta, existia ainda uma instrução de trabalho que indicava ao operador as fontes de contaminação, de forma a conhecer o que deveria limpar e com que frequência. No entanto, a *checklist* nem sempre era preenchida e o posto nem sempre se encontrava organizado, devido à inexistência de auditorias 5S periódicas.

Considerando as informações obtidas, decidiu-se preencher a folha de auditoria 5S inicial, com vista a efetuar o diagnóstico do centro de trabalho em causa. Esta folha encontra-se no Apêndice 5, Figura 73, onde é possível verificar que o desempenho global era de 64%, indicando que a técnica 5S estava parcialmente implementada e, por isso, existiam oportunidades de melhoria.

4.6.6 Paletes desadequadas

Outro problema que se verificou no chão de fábrica, comum às várias secções, relacionava-se com as paletes de madeira utilizadas. Para além de que não existia nenhuma normalização dos tamanhos de paletes utilizados, visto que os produtos podiam ter pesos muito elevados, era frequente encontrar paletes partidas, que, conseqüentemente, danificavam as peças, riscavam o chão e se tornavam num problema de segurança, dado que era comum os trabalhadores subirem para as mesmas (Figura 37).



Figura 37 - Exemplo de paletes estragadas

Ademais, as paletes de madeira continham pregos expostos que, frequentemente, danificavam as peças já acabadas, não só riscando as mesmas como, no caso de já estarem pintadas, removendo parte da tinta, resultando em retrabalho.

Por norma, a empresa adquiria paletes seminovas ou usadas, por apresentarem um custo inferior às novas. No entanto, verificava-se uma escassez deste tipo de paletes e o conseqüente aumento do seu preço, devido à pandemia e à falta de matéria-prima (pinho). Pelos vários motivos enumerados, tornava-se necessário encontrar uma solução para substituir a utilização deste produto.

4.6.7 Excesso de *stock*

Pela observação dos postos de trabalho na secção de Maquinagem, verificou-se que existia um excesso de WIP, especialmente perto da máquina VTR. As peças maquinadas neste torno sofriam operações que demoravam, normalmente, várias horas e, por vezes, mais do que um turno até estarem completas. No entanto, o local delimitado para o armazenamento das peças encontrava-se, muitas vezes, totalmente ocupado. Para além disso, não era feita nenhuma distinção entre os locais de armazenamento das peças que iam alimentar a máquina, daquelas que já se encontravam maquinadas e prontas para seguir para o próximo centro de trabalho.

Na Figura 38 pode-se observar o *buffer* (de entrada e saída) da máquina, onde se encontravam mais do que 30 artigos, todos ainda por maquinar, distribuídos por 15 paletes diferentes.



Figura 38 - Buffer do torno vertical VTR

Por este motivo, recolheu-se informação acerca do número de peças fabricadas no torno vertical VTR, por dia, em 2021, para saber se a quantidade existente era a adequada ou se era excessiva. Os valores máximos de peças maquinadas diariamente, no período de tempo em estudo, encontram-se demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade máxima de peças produzidas por dia em 2021

Mês	Máximo diário
Janeiro	8
Fevereiro	6
Março	8
Abril	8
Mai	9
Junho	3
Julho	7
Agosto	7
Setembro	11
Outubro	7
Novembro	5
Dezembro	9

Como é possível verificar, a quantidade máxima de produtos maquinados regista-se no mês de setembro, sendo esse máximo de 11 unidades. Pode-se, então, concluir que o *stock* na situação atual era suficiente para aproximadamente três dias de produção.

Na Tabela 7 é, ainda, possível observar que a quantidade média diária de produtos produzidos em cada mês era de três, o que reforça o problema existente relativo ao WIP elevado.

Tabela 7 - Quantidade média de peças produzidas por dia em 2021

Mês	Média diária
Janeiro	4
Fevereiro	3
Março	4
Abril	3
Maio	4
Junho	2
Julho	2
Agosto	4
Setembro	4
Outubro	3
Novembro	3
Dezembro	4
2021	3

Para além dos problemas referidos anteriormente, este excesso de *stock* fazia com que fosse necessário um maior espaço para o seu armazenamento, levando a aumentos no tempo de procura das peças que tinham de ser maquinadas. Por sua vez, o manuseamento das mesmas tornava-se mais difícil, visto que o operário da máquina necessitava de se colocar perto do produto para o fixar à ponte rolante e, para isso, tinha a necessidade de se colocar em cima de outras paletes para alcançar o material que pretendia transportar. Para além do tempo de carga e descarga dos materiais nestas condições se tornar elevado, constituía, também, um risco para a segurança do operador.

4.6.8 Falta de comunicação entre turnos

Outro problema que se verificou nos vários centros de trabalho relacionava-se com a falta de comunicação entre os diferentes turnos. Por norma, não existia sobreposição de turnos, logo, os trabalhadores não conseguiam comunicar diretamente sobre o material que estavam a maquinar e o que devia ser feito de seguida. Desta forma, recorriam muitas vezes à escrita da informação que queriam passar para o turno seguinte, deixando-a num papel em cima da mesa de trabalho para que o turno seguinte pudesse ler. Na Figura 39 pode-se verificar um exemplo de recado deixado entre os turnos.

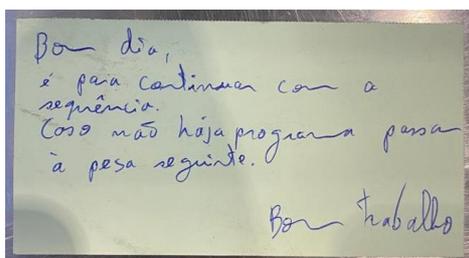


Figura 39 - Exemplo de recado deixado entre turnos

Outras vezes, nenhuma informação era passada e o colaborador devia consultar o chefe para saber que peça devia maquinar de seguida, resultando em esperas.

4.6.9 Elevada espera pela chefia e programador

Uma vez que o Hwacheon se trata de uma máquina CNC, esta trabalhava de acordo com o programa que nela era inserido. No entanto, por vezes, os operadores desta máquina detetavam erros no código a executar ou tinham alguma dúvida acerca do mesmo e, por isso, necessitavam de entrar em contacto com o programador CNC ou com o responsável pelo suporte técnico da Maquinagem.

Adicionalmente, e aliado ao problema referido na secção 4.6.8, em várias situações os colaboradores tinham a necessidade de consultar a chefia para, a título de exemplo, confirmar qual a peça que devia ser maquinada de seguida.

Em ambas as situações referidas, ocorriam desperdícios, uma vez que o operador tinha que procurar pelo seu chefe, ora para o consultar diretamente, ora para pedir que este informasse o programador que necessitava do seu auxílio. Nestes casos, o operador registava no WSFM o evento “Aguardando Chefe/Preparador/Engenharia”. Consultando os registos deste evento durante janeiro de 2022, verificou-se que, em média, este evento era responsável por 35 minutos das paragens não planeadas.

4.7 Síntese dos problemas identificados

Após a identificação e descrição dos problemas, foi elaborada a Tabela 8 com vista a sintetizar esta informação. Nesta encontram-se identificadas as respetivas consequências e a identificação dos tipos de desperdícios gerados.

Tabela 8 - Resumo dos problemas identificados

Problema	Consequências	Tipos de desperdícios
Elevado tempo de <i>setup</i> no Hwacheon	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de tempo a encontrar ferramentas; – Deslocações desnecessárias efetuadas pelo operador; – Tempo improdutivo elevado. 	Movimentações; Esperas.
Falta de instruções de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> – Ineficiente uso da mão-de-obra; – Perdas de tempo; – Processo não normalizado; – Dificuldade em formar novos colaboradores. 	Defeitos; Movimentações; Transportes.
Falta de normalização do registo de eventos no WSFM	<ul style="list-style-type: none"> – Registo de eventos no WSFM não padronizado; – Dificuldade em analisar os dados do WSFM. 	Inventário; Sobreprodução.
Falta de conhecimento dos resultados do OEE	<ul style="list-style-type: none"> – Colaboradores não estão informados; – Menor motivação em melhorar o seu desempenho. 	Inventário; Sobreprodução.
Desorganização do centro de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> – Partilha de ferramentas entre operadores; – Perda de tempo à procura de ferramentas. 	Movimentações; Transportes; Esperas.
Paletes desadequadas	<ul style="list-style-type: none"> – Retrabalho dos produtos estragados pelas paletes; – Falta de segurança. 	Defeitos.
Excesso de <i>stock</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Grande área de armazenamento necessária; – Perda de tempo a encontrar produtos. 	Inventário; Transportes; Movimentações.
Falta de comunicação entre turnos	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de tempo à espera de indicações do chefe; – Deslocações à procura do chefe. 	Esperas; Movimentações.
Elevada espera pela chefia e programador	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de tempo à espera de indicações do programador e chefe; – Deslocações à procura do chefe. 	Esperas; Movimentações.

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria elaboradas para solucionar os problemas referidos anteriormente e sintetizados na Tabela 8. O plano de ação para as sugestões de melhoria encontra-se na Tabela 9, tendo por base a ferramenta 5W2H (*What, Why, Who, When, Where, How e How much*). Com esta ferramenta torna-se possível identificar a proposta de melhoria (*What*), a razão para essa proposta (*Why*), como se pode implementá-la (*How*), o responsável pela execução da mesma (*Who*), quando deve ser efetuada a implementação (*When*), onde (*Where*) e o valor monetário associado (*How much*).

Posteriormente, todas as propostas são explicadas com maior detalhe, com vista à resolução dos problemas e eliminação dos desperdícios identificados.

Tabela 9 - Plano de ação para a implementação das propostas de melhoria

What?	Why?	Who?	When?	Where?	How?	How much?
Redução do tempo de <i>setup</i> das tampas	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de tempo a encontrar ferramentas; – Deslocações desnecessárias efetuadas pelo operador; – Tempo improdutivo elevado. 	Ana Santos, Equipa ENGI e Chefe da Maquinagem	Abril a junho 2022	Hwacheon	Aplicação da metodologia SMED	73€
Normalização das operações	<ul style="list-style-type: none"> – Ineficiente uso da mão-de-obra; – Perdas de tempo; – Processo não normalizado; – Dificuldade em formar novos colaboradores. 	Ana Santos	Junho 2022	Hwacheon	Criação de instruções de trabalho	-
Normalização do registo de eventos no WSFM	<ul style="list-style-type: none"> – Registo de eventos no WSFM não padronizado; – Dificuldade em analisar os dados do WSFM. 	Ana Santos e Leonor Pacheco	Maio 2022	Hwacheon e VTR	Criação de normas de registo de eventos no WSFM	-
Apresentação dos resultados do OEE aos colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> – Colaboradores não estão informados; – Menor motivação em melhorar a performance. 	Ana Santos e Leonor Pacheco	Maio 2022	Máquinas com WSFM	Criação de um relatório mensal do OEE.	-
Organização do centro de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> – Partilha de ferramentas entre operadores; – Perda de tempo à procura de ferramentas. 	Ana Santos e Operadores	Maio a junho 2022	Hwacheon	Implementação da técnica 5S.	278€
Normalização das paletes utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> – Retrabalho dos produtos estragados pelas paletes; – Falta de segurança. 	Ana Santos e Cláudia Campos	Maio a junho	Hwacheon e VTR	Aquisição de paletes mais adequadas para o chão de fábrica	1260€
Redução do <i>buffer</i> do VTR	<ul style="list-style-type: none"> – Grande área de armazenamento necessária; – Perda de tempo a encontrar produtos. 	Cláudia Campos e Ana Santos	Junho 2022	VTR	Definição da localização de entrada e saída de materiais no VTR	-
Melhoria da comunicação entre turnos e chefia	<ul style="list-style-type: none"> – Perda de tempo à espera de indicações do programador e chefia; – Deslocações à procura do chefe. 	Ana Santos, Leonor Pacheco, Equipa ENGI e Chefe da Maquinagem	Maio 2022	Secção de Maquinagem	Criação da folha de registo de informação para troca de turno; Aquisição de <i>walkie-talkies</i> para os centros de trabalho, chefia e programador.	160€

5.1 Aplicação da metodologia SMED no Hwacheon

Como verificado no capítulo anterior, um dos maiores problemas associados ao centro de trabalho do Hwacheon era o elevado tempo despendido no processo de *setup* das tampas. É de mencionar que, apesar do estudo ter sido feito para um tipo de tampas específico, as tampas traseiras 355, este tempo era semelhante para todas as tampas traseiras e dianteiras maquinadas nesta máquina. Assim, decidiu-se recorrer à metodologia *Single Minute Exchange of Die*, com vista a reduzir este tempo.

5.1.1 Estágio preliminar: atividades internas e externas não diferenciadas

Na primeira etapa, referente ao estágio preliminar, adotou-se a metodologia identificada na Figura 40.



Figura 40 - Metodologia adotada para a implementação de SMED

Inicialmente, foram feitas observações do processo de *setup* do Hwacheon para melhor entender que ferramentas eram utilizadas e que deslocamentos eram efetuados pelo operador. De uma forma geral, o *setup* era constituído por sete etapas, nas quais eram necessárias várias ferramentas e materiais (Figura 41), iniciando pelo transporte da peça maquinada até à mesa de apoio, localizada a três metros da máquina. Depois, era feita a limpeza da tampa com o aspirador e os furos eram escareados, sendo posteriormente colocada na palete de saída. De seguida, é realizada a preparação da máquina para a nova peça, sendo necessário limpar a bucha para montar os grampos e ajustar a sua abertura. Posteriormente, posicionava-se a peça na máquina e são trocados, se necessário, as brocas e os machos. Por último, era realizado o centramento, seguindo-se o zero da peça e o zero da furação.

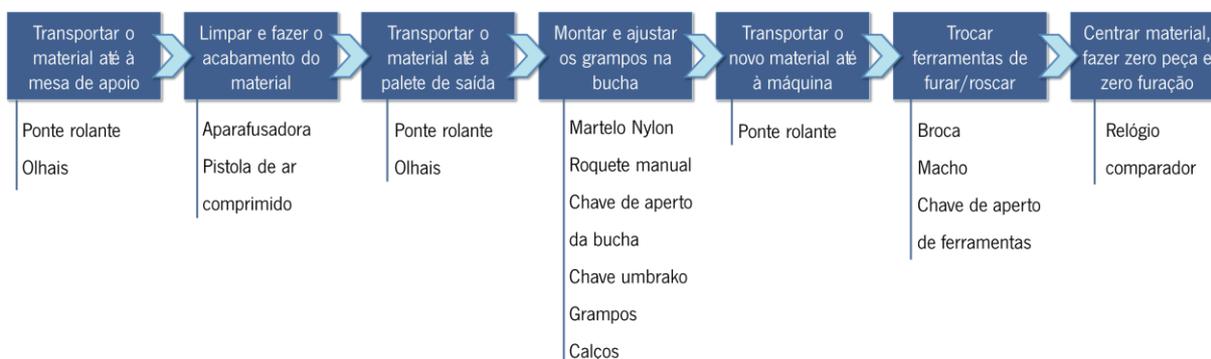


Figura 41 - Esquema geral do processo de *setup*

Dialogou-se então com o colaborador para melhor entender a razão de serem efetuadas certas operações e identificar possíveis problemas no *setup*.

Numa fase seguinte, registou-se em vídeo todo o processo de *setup* das tampas mais representativas que, como referido no capítulo 4.5, eram as tampas traseiras 355. Por definição, o tempo de *setup* é o intervalo de tempo entre a produção do último artigo bom do lote atual e a produção do primeiro artigo conforme do lote seguinte. Porém, esta lógica não podia ser aplicada nesta situação, uma vez que o Hwacheon não trabalhava por lotes e tinha Tempos de Ciclo elevados, podendo demorar cerca de duas horas. Por isso, considerou-se que o tempo de *setup* dizia respeito ao tempo desde que acabava a produção de um material até que se começasse a produção do próximo.

Posteriormente, realizou-se o diagrama de sequência do estado atual, apresentado na Figura 74 do Apêndice 6, onde se incluem as distâncias percorridas pelo operador e o tempo despendido em cada tarefa. Na Tabela 10 encontra-se o resumo dos resultados obtidos neste estágio.

Tabela 10 - Resumo do estágio preliminar

Atividades	Atual
Operação	31
Transporte	14
Controlo	0
Espera	0
Armazenagem	0
Resultados	
Distância (m)	144,80
Tempo (hh:mm:ss)	00:44:17

Procedeu-se, ainda, à realização de um diagrama de *spaghetti* para o processo de *setup* das tampas, representado na Figura 42, com o objetivo de demonstrar as movimentações que o colaborador efetuava durante o processo analisado.

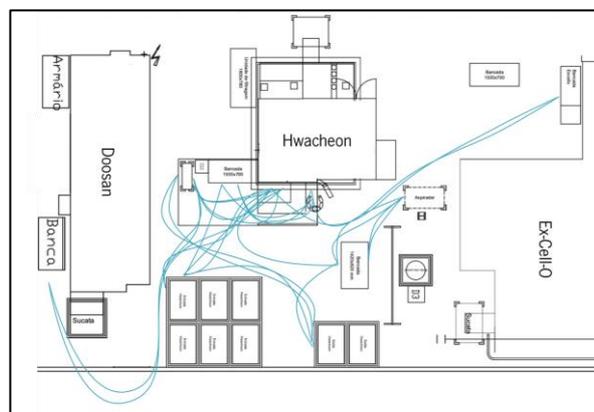


Figura 42 - Diagrama de *spaghetti* do processo de *setup* das tampas

Neste *setup*, o operador do torno percorria uma distância total de 144,80 metros, realizando várias movimentações dentro do seu espaço de trabalho e algumas fora deste. As maiores distâncias

percorridas deviam-se à recolha de ferramentas e da ponte rolante de outros centros de trabalho. Por sua vez, a recolha da chave *umbrako*, também conhecida como chave sextavada interior, ao centro de maquinagem Ex-Cell-O deveu-se ao facto de que estes dois centros partilhavam esta ferramenta, uma vez que a chave da Hwacheon não estava em boas condições.

5.1.2 Estágio 1: separação entre atividades internas e externas

No estágio 1 verificou-se que o operador realizava todas as etapas que constituem o *setup* com a máquina parada sendo, por isso, classificadas como operações internas. Esta classificação pode ser consultada com mais pormenor na Figura 75 do Apêndice 7.

5.1.3 Estágio 2: conversão de atividades internas em externas

Depois de se distinguir o *setup* em interno e externo, fez-se uma nova análise das tarefas registadas, tendo-se constatado que o operador realizava várias tarefas que poderiam ser convertidas em externas, ou seja, realizadas enquanto a máquina estava em funcionamento. Algumas destas operações consistiam em movimentações para recolher material necessário à preparação da máquina. Da mesma forma, as operações de acabamento, como a limpeza da tampa e escareamento dos furos, podiam também ser feitos com a máquina a trabalhar. Esta nova classificação das operações pode ser consultada na Figura 76 do Apêndice 8.

Na Tabela 11 é feita uma comparação entre os resultados obtidos nos estágios 1 e 2.

Tabela 11 - Resumo dos resultados obtidos no estágio 2

	Estágio 1	Estágio 2	Impacto
Total de atividades internas	45	26	- 42,22%
Distância (m)	144,80	48,70	- 66,37%
Tempo (hh:mm:ss)	00:44:17	00:31:08	- 29,70%

De notar que a realização das tarefas acima referidas, com a máquina em funcionamento, levavam a que o colaborador não prestasse tanta atenção à máquina e ao programa que estava a utilizar. Uma vez que a repetibilidade dos projetos se encontra abaixo de 1,6 vezes, sendo muitos desses projetos únicos, e devido ao grande número de programas necessários, podiam ocorrer enganos nos programas. Sempre que o operador detetava um erro, devia comunicar ao programador e aguardar que este se deslocasse até ao seu centro de trabalho para o corrigir. Desta forma, a empresa procedeu à aquisição de um *software* CAM que permitirá testar previamente os códigos, reduzindo a probabilidade de preparações

desnecessárias, retrabalhos de programas já feitos e riscos de colisão devido a problemas na programação, tornando assim o processo de maquinação mais seguro.

5.1.4 Estágio 3: racionalização das atividades internas e externas

No estágio 3 foi feita uma racionalização das atividades, tanto internas, como externas, com o intuito de diminuir, ainda mais, o tempo de *setup* analisado. As primeiras contribuem diretamente para a diminuição do tempo de paragem da máquina, enquanto as segundas, apesar de não afetarem diretamente esta redução, permitem a libertação do colaborador para a realização de outras atividades. Na Tabela 12 é apresentado um resumo das atividades que foram racionalizadas, assim como a duração das mesmas antes e depois da melhoria implementada.

Tabela 12 - Atividades e respetivas melhorias

Classificação	Atividade	Duração antes (hh:mm:ss)	Duração depois (hh:mm:ss)	Melhoria
Externa	Recolher ponte e levar até ao suporte das correntes	00:00:52	00:00:34	Definição de um local onde a ponte é arrumada
	Recolher chave <i>umbrako</i>	00:00:32	-	Aquisição de uma nova chave
Interna	Transporte da tampa até à mesa de apoio	00:01:17	00:00:45	Deslocação da mesa para perto da máquina
	Limpar bucha e retirar grampos	00:03:21	00:02:26	Aquisição de pernos para a bucha e chave pneumática
	Colocar grampos	00:05:00	00:04:20	Aquisição de uma chave de impacto pneumática

Melhorias nas operações externas

Uma vez que a ponte rolante era partilhada por vários centros de trabalho (Hwacheon, VM e Puma), o operário tinha que verificar em qual posto esta se encontrava e deslocar-se até ao mesmo para a recolher. Para diminuir o tempo desta atividade, e respetiva deslocação, propôs-se a definição de uma localização onde a ponte devesse ser arrumada, representada a azul na Figura 43. Assim, os colaboradores saberiam onde a ponte se encontrava e, caso não estivesse nesse local, significava que estava a ser utilizada por outro posto.

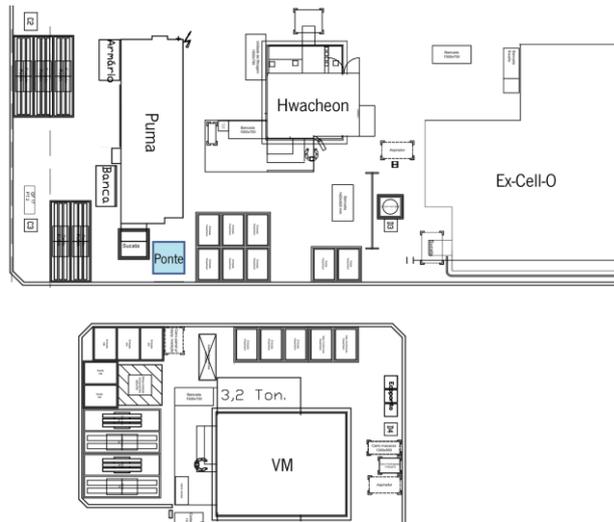


Figura 43 - Local de arrumação da ponte rolante

Com esta localização, a ponte encontra-se a 7 metros do Hwacheon, 7 metros do Puma e 8 metros da VM. Anteriormente, o colaborador do Hwacheon podia ter que se deslocar até ao torno Puma, percorrendo 16 metros, ou até ao centro de maquinagem VM, que implicava uma deslocação de 14 metros.

Quanto à chave *umbrako* que o operador recolhia do centro de trabalho adjacente, levando a uma deslocação de 17,20 metros, foi adquirida a mesma ferramenta para o Hwacheon, com um custo associado de 23,90€. Como tal, esta passou a estar localizada no painel das ferramentas, evitando deslocações desnecessárias por parte do trabalhador.

Melhorias nas operações internas

Relativamente às operações internas, alterou-se a localização da mesa de apoio, passando a ser posicionada perto da máquina. Anteriormente, esta encontrava-se a três metros da máquina, passando depois a estar em frente a esta, como se pode observar na Figura 44.

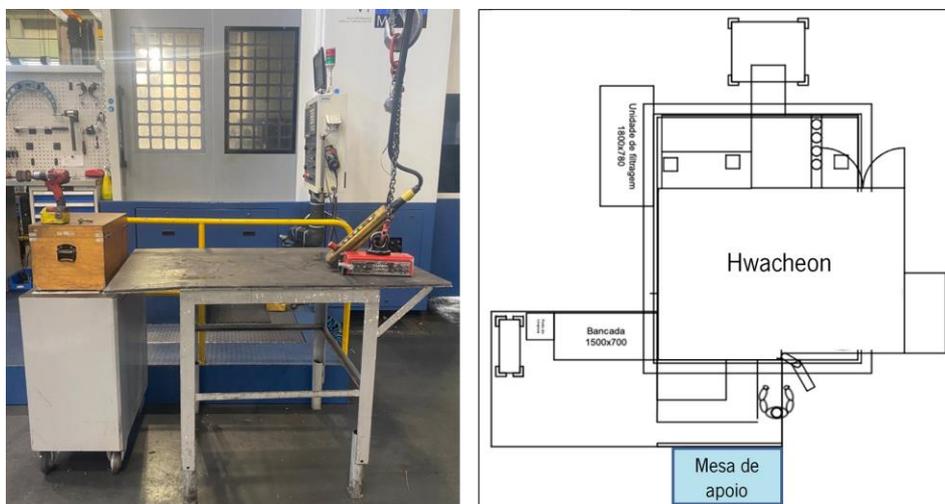


Figura 44 - Nova localização da mesa de apoio

Desta forma, o operador conseguia fazer o acabamento (limpar a peça e escarear os furos) do material anterior a partir da plataforma, isto é, sem ter que se deslocar. É, ainda, de mencionar que a nova localização da mesa de apoio levava a um menor tempo de descarga do material, uma vez que se encontrava mais próxima da máquina.

Foi também possível diminuir o tempo de preparação ao melhorar a limpeza da bucha, que continha 32 furos, onde se montavam os grampos, como se pode verificar na Figura 45.

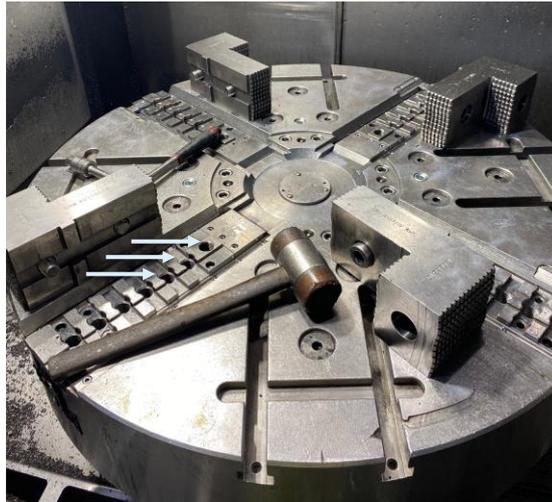


Figura 45 - Exemplo de furos na bucha do torno vertical

Cada um dos quatro grampos encaixava em dois destes espaços, sobrando, portanto, 24 cavidades, que ficavam expostas à limalha e fluido de corte, resultantes da maquinação. Sempre que é feita a limpeza da bucha, o operador devia limpar cada um dos furos com auxílio de uma pistola de ar comprimido. Uma forma de diminuir o tempo de limpeza passava pela introdução de pernos roscados, como o representado na Figura 46, nos orifícios que não se encontravam ocupados. Desta forma, tornava-se desnecessário limpar todos os furos existentes. A aquisição deste material resultou num custo de 9,12€.



Figura 46 - Perno roscado, retirado de Fabory (s.d.)

Para melhorar a operação de retirar e colocar os grampos, que era efetuada manualmente com um roquete, estudou-se a possibilidade de o mesmo ser feito recorrendo a uma aparafusadora, chave de impacto ou um roquete pneumático ou elétrico. Para isso, começou-se por medir a força necessária para apertar e desapertar os parafusos M24 utilizados, recorrendo a uma chave dinamométrica. Assim, verificou-se, então, que o binário necessário era de 50 Nm.

Começou-se por testar a alternativa mais económica, isto é, a aparafusadora já existente. Esta tinha, em teoria, binário suficiente (60Nm), para realizar a operação em questão. Para desapertar estes parafusos, era utilizado um roquete $\frac{1}{2}$ " onde se encaixava uma chave de caixa. No entanto, a bucha da aparafusadora era de $\frac{1}{4}$ ", logo não permitia encaixar diretamente esta chave de caixa. Desta forma utilizou-se um adaptador de $\frac{1}{4}$ " hexagonal para $\frac{1}{2}$ ", semelhante ao da Figura 47.



Figura 47 - Adaptador $\frac{1}{4}$ " hexagonal para $\frac{1}{2}$ ", retirado de Conrad (2021)

Com isto, foi possível testar a hipótese de apertar e desapertar os parafusos da bucha com a aparafusadora elétrica. Apesar de, teoricamente, a força ser suficiente, não foi possível realizar a atividade pretendida, uma vez que o adaptador torcia, impedindo que se desapertasse o parafuso. Tal poderia ser devido ao baixo binário da máquina e ao seu desgaste. Posto isto, estudaram-se as restantes opções.

Apesar de serem tidas em consideração máquinas elétricas, apenas se analisaram aquelas que funcionam com bateria, e não com fio, dado que este se danificaria com facilidade, devido à limalha, e dificultaria as deslocações feitas pelo colaborador. Para estudar as restantes ferramentas, fez-se uma análise comparativa entre as mesmas, apresentada no Apêndice 9, Figura 77. Nesta, consideraram-se cinco parâmetros: o custo, peso, velocidade máxima, torque máximo e garantia do fornecedor. Para cada um destes foi atribuído um peso, de 0 a 100%, consoante a sua relevância. Depois, atendendo aos valores absolutos de cada critério, atribuiu-se um valor, entre 1 e 5, onde 5 indica que aquela era a máquina com melhor desempenho naquele parâmetro. Por fim, obteve-se um valor final associado a cada ferramenta, sendo que um valor mais elevado representava uma melhor opção.

Posto isto, verificou-se que a melhor opção seria a de adquirir uma chave de impacto pneumática, semelhante à da Figura 48. Para além de ser a solução mais económica (39,80€), ter o binário suficiente (310 Nm) e permitir uma elevada velocidade (7 000 rpm), diminuindo o tempo de aparafusar e desaparafusar, as máquinas pneumáticas requerem menos manutenção quando comparadas às elétricas.



Figura 48 - Chave de impacto pneumática, retirado de Vito (s.d.)

Com as melhorias nas operações internas e externas de *setup*, atingiram-se resultados relevantes, que podem ser consultados no Apêndice 10, Figura 78, onde se encontra um resumo dos resultados obtidos para cada um dos três estágios. Na Tabela 13 é feita uma comparação entre os resultados obtidos no estágio 2 e estágio 3 do SMED.

Tabela 13 - Resumo dos resultados obtidos no estágio 3

	Estágio 2	Estágio 3	Impacto
Total de atividades internas	26	26	0%
Distância (m)	52,70	45,50	-13,66%
Tempo (hh:mm:ss)	00:31:08	00:29:01	-6,79%

Entre o estágio 2 e o estágio 3 o tempo total de *setup* interno foi diminuído em 2 minutos e 7 segundos e a distância percorrida pelo operador em 7,20 metros.

5.2 Criação de instruções de trabalho

Com base nas melhorias conseguidas através da aplicação do SMED, foi criada uma OPL, que pode ser consultada no Apêndice 11, Figura 79. Com a OPL pretendia-se apresentar de forma clara e simples, bem como normalizar, o processo de *setup* das tampas no torno vertical Hwacheon.

A OPL foi dividida em três partes, sendo a primeira referente às atividades a realizar com a máquina ligada, enquanto o material anterior ainda estava a ser maquinado, incluindo uma secção com as ferramentas que devem ser recolhidas com antecedência. De seguida, apresentam-se as tarefas a concretizar com a máquina desligada, isto é, quando o material já se encontrava pronto para ser retirado do torno vertical. Por último, encontram-se as atividades que deviam ser realizadas com o novo material na máquina, já a ser torneado e, portanto, eram operações de *setup* externo. Todas estas operações são ilustradas com uma figura que a representa, de forma a facilitar a compreensão da instrução de trabalho.

Adicionalmente, foi criada uma instrução de trabalho relativa às posições dos grampos padrão na bucha do Hwacheon, uma vez que este era o conjunto de grampos mais utilizado. Esta folha pode ser consultada no Apêndice 12, Figura 80. Para além de se terem atualizado os valores das tabelas, que previamente continham valores incorretos, explica-se e ilustra-se a diferença entre o diâmetro de aperto 1, 2 e 3, consoante a superfície do grampo em que se aperta o material. Esta instrução de trabalho foi colocada no painel das ferramentas, para que pudesse ser de fácil consulta.

5.3 Criação de normas de registo de eventos no WSFM

Verificou-se que existiam 35 eventos que podiam ser registados no WSFM do Hwacheon pelo operador, quando justificava algum tipo de paragem. A elevada quantidade de eventos disponível fazia com que o operador demorasse mais tempo à procura daquele que melhor se adequava ao motivo de paragem, uma vez que tinha que verificar todos os existentes. Para além disso, dificultava a análise dos dados obtidos, uma vez que nem todos os eventos disponíveis eram necessários.

Como referido anteriormente, alguns destes eventos eram redundantes pois tinham o mesmo significado, a título de exemplo, os eventos “Falta Talha/Ponte Rolante” e “Aguardando Ponte Rolante” eram registados sempre que o operador esperava que a ponte estivesse disponível, não sendo feita nenhuma distinção entre os mesmos. Por este motivo, a opção “Falta Talha/Ponte Rolante” foi eliminada.

Verificou-se, ainda, para o período entre 1 de janeiro e 20 de maio, quantas vezes cada evento tinha sido registado. Vários destes nunca tinham sido selecionados, pois não se aplicavam ao centro de trabalho em questão, como era o caso dos eventos:

- Aguardando Próximas Operações;
- Atualização/Outro Motivo;
- Falha de Comunicação;
- Falta de Matéria-prima;
- Ginástica.

Desta forma, foram removidos os eventos referidos do WSFM do Hwacheon e, por isso, ficaram disponíveis os restantes 29.

Para além disso, verificou-se que o evento “Reunião/Treinamento” era registado em duas situações: no Diálogo Diário de Segurança (DDS) e nas ações de formação dadas aos colaboradores. Uma vez que as reuniões para o DDS aconteciam, tal como o nome indica, diariamente, e tinham uma duração prevista

de 10 minutos, enquanto as formações demoravam várias horas, considerou-se que seria pertinente dividir estas duas atividades em eventos distintos. Assim, seria possível conhecer com mais detalhe o motivo da paragem e analisar se o tempo efetivo do DDS corresponde ao previsto, ou se o excede, diminuindo o tempo disponível para o produzir. Desta forma, foi adicionado o evento “DDS”, resultando num total de 30 eventos disponíveis no WSFM da máquina.

Posteriormente, de forma a instruir os operadores sobre os eventos disponíveis no WSFM e em que situações estes devem ser registados, foi criada uma norma, disponível no Apêndice 13, Figura 81 e Figura 82. Nesta, os colaboradores podem consultar uma tabela com os vários eventos e em que situação cada um deve ser aplicado, bem como um exemplo de aplicação referente ao *setup* e operação da máquina.

5.4 Criação de um relatório mensal do OEE

Apesar de os colaboradores trabalharem com o WSFM, não lhes eram comunicados os resultados do OEE, tendo apenas acesso aos resultados do seu turno, naquele momento. Assim, de forma a motivar o operador para a melhoria do desempenho do equipamento e a alertar para a necessidade de justificar o registo do evento “Paragem Não Justificada”, foi criado um relatório mensal do OEE, demonstrado no Apêndice 14, Figura 83.

Neste documento são apresentados vários tipos de dados. Primeiro, apresenta-se o valor do OEE acumulado anual, isto é, desde o início do ano até ao momento em que é feito o relatório, e é feita uma comparação entre o mês em avaliação e o mês anterior, relativamente aos valores do OEE e os índices que o constituem, fazendo-se ainda distinção entre os diferentes turnos. No exemplo demonstrado, apesar de não existir terceiro turno, este encontra-se representado porque, por vezes, o operador registava eventos fora do horário definido para o seu turno, pelo que eram contabilizados no turno seguinte. É, também, apresentado e comparado o OEE mensal com a meta definida pela gerência. No caso de os valores referidos terem melhorado e, por isso, a percentagem ser superior, são exibidos a verde. Caso contrário, apresentam-se a vermelho, de forma a alertar para a diminuição.

Na segunda parte, apresentam-se os gráficos referentes aos principais motivos das paragens face ao tempo total planeado para a produção, para os dois meses em análise. Com este, o colaborador pode verificar a duração e a percentagem correspondente para cada evento registado. Por último, são apresentados, para cada turno, os três eventos que mais impactaram nas paragens não planeadas, de forma a dar conhecimento e alertar os colaboradores para a necessidade de diminuição do mesmo.

Com o intuito de motivar os colaboradores a melhorar o desempenho do seu centro de trabalho, decidiu-se ainda destacar as três máquinas com melhor OEE cada mês. Para isso, conforme ilustrado na Figura 83 do Apêndice 14, é inserido no canto superior direito da folha um pequeno símbolo, que indica em que posição este equipamento ficou.

Os relatórios eram realizados para todos os equipamentos em que o WSFM se encontra instalado, totalizando onze máquinas. Estes eram afixados, no início de cada mês, perto da respetiva máquina, sendo também disponibilizados na pasta pública da empresa, à qual os colaboradores tinham acesso.

5.5 Implementação da técnica 5S

Um espaço de trabalho limpo e organizado permite diminuir o cansaço dos operadores e facilita na realização das suas tarefas afetando, desta forma, o trabalho dos colaboradores. Assim, surge a técnica 5S que, quando corretamente aplicada, leva a que todo o espaço de trabalho se torne limpo e organizado, ao criar normas de utilização do mesmo. Como tal, recorreu-se à aplicação desta técnica no posto de trabalho do torno vertical Hwacheon, seguindo as cinco etapas que a constituem, descritas de seguida.

5.5.1 Separar

Nesta primeira etapa é feita a separação dos itens que são, ou não, necessários no centro de trabalho. Assim, foi feita uma lista de todos os instrumentos, equipamentos e ferramentas existentes, que pode ser consultada no Apêndice 15, Figura 84.

Com a ajuda do colaborador do posto, classificou-se cada um dos materiais de acordo com a frequência de utilização e o estado em que se encontrava, tendo por base as seguintes opções:

- Manter no centro de trabalho, no caso dos materiais que se encontravam em bom estado e eram frequentemente utilizados;
- Manter no centro de trabalho, mas substituir, caso fossem equipamentos em mau estado que eram utilizados frequentemente;
- Encaminhar para a área de descarte 5S os materiais que não eram utilizados no centro de trabalho, mas que ainda se encontravam em bom estado;
- Descartar todos os materiais em mau estado que não eram utilizados.

Um dos materiais que era necessário, mas não estava em condições de utilização era o martelo de *nylon* (Figura 49). Desta forma, foi adquirido um novo martelo para o centro de trabalho do Hwacheon, para substituir o anterior, que resultou num custo de aproximadamente 42,00€.



Figura 49 – Martelo de *nylon* em mau estado

Também a aparafusadora elétrica estava em mau estado (Figura 50). Não só a bateria desta não encaixava facilmente na mesma, sendo necessário utilizar fita cola para prender à máquina, como a bucha da mesma que, devido ao desgaste, já não tinha força para apertar os encaixes. Desta forma, foi comprada uma nova, com um custo associado de 160,00€.



Figura 50 - Aparafusadora elétrica em mau estado

Ademais, certos materiais foram retirados do centro de trabalho e descartados, como Ordens de Produção antigas, que se encontravam guardadas nas gavetas.

Relativamente aos materiais que não eram úteis no centro de trabalho, mas que se encontravam em bom estado, atribuiu-se uma etiqueta (Figura 51), de forma semelhante à estratégia *red tag*.

consultar o departamento de Higiene e Segurança no Trabalho, foi necessário efetuar a compra de dois componentes: a fêmea do olhal M30 e o perno roscado M30 com 80 milímetros, como se pode observar na Figura 54 à esquerda. Posteriormente, o perno foi roscado na fêmea e utilizou-se uma cola específica para metais, de forma que o perno nunca desenroscasse da fêmea. Com este conjunto, originou-se um olhal M30 homologado, como se pode ver na Figura 54 à direita.



Figura 54 - Fêmea do olhal e perno roscado (esquerda) e olhal M30 (direita)

O custo associado à aquisição dos pernos foi de 51,98€ e dos olhais fêmea de 24,20€, resultando num total de 76,18€.

5.5.2 Organizar

Na fase de organização tem-se como objetivo criar um espaço para colocar todos os materiais separados na etapa anterior. Existiam, essencialmente, três locais onde podiam ser expostos ou guardados os vários itens, nomeadamente, o painel de ferramentas, as gavetas da mesa de trabalho e um armário móvel com gavetas.

Os materiais mais utilizados, como relógios comparadores, roquete, chave *umbrako*, brocas e machos, encontravam-se expostos no painel de ferramentas para que fossem de fácil acesso. Estavam, também, em exposição os três micrómetros de exteriores de menor diâmetro e o de maior dimensão (300 a 400 milímetros). Existiam, ainda, cinco outros micrómetros, que se armazenavam numa caixa que era colocada em cima da mesa de apoio.

Em diálogo com o colaborador, e ao observar o processo de medição de várias peças, percebeu-se que os micrómetros expostos nem sempre correspondiam aos mais utilizados. Consequentemente, o colaborador necessitava de descer da plataforma e procurar o mesmo na caixa onde estes eram armazenados. Posto isto, decidiu-se estudar quais são necessários mais frequentemente. Para isto, recolheu-se a lista de todos os materiais maquinados na máquina durante quatro meses, desde janeiro 2022 até abril do mesmo ano, e, para cada peça, verificou-se qual ou quais os micrómetros necessários

para fazer as medições. A definição deste período deve-se a ser o momento mais próximo do momento em que foi feita a análise e que, por isso, refletia melhor a realidade dos materiais produzidos. Os resultados obtidos encontram-se apresentados no gráfico da Figura 55.

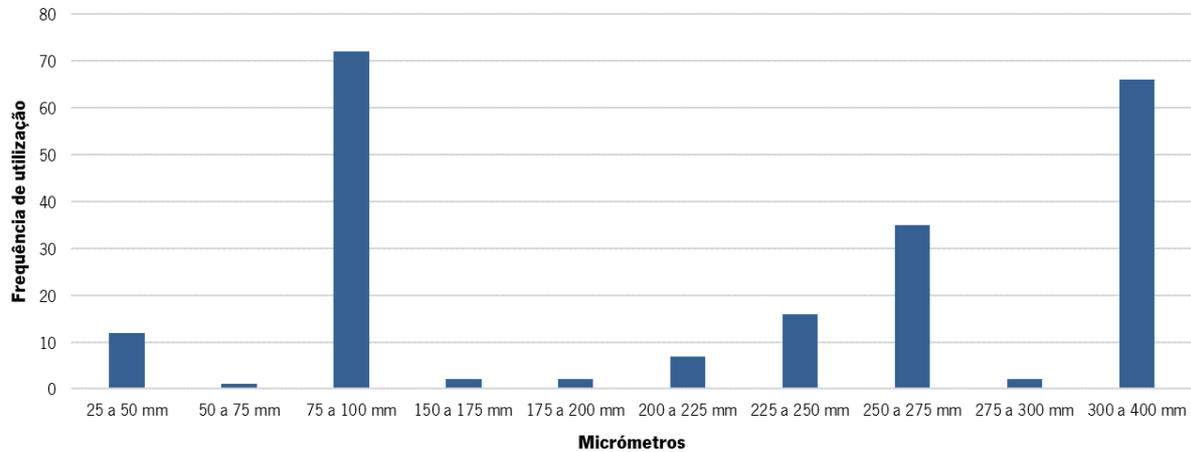


Figura 55 - Análise dos micrómetros utilizados entre janeiro e abril de 2022

Apesar de exposto, verificou-se que o micrómetro de 50 a 75 milímetros foi poucas vezes necessário. Desta forma, concluiu-se que estes instrumentos de medição, que até então se encontravam no painel, não se justificavam estar expostos, uma vez que existiam outros micrómetros que eram necessários mais frequentemente, como o caso dos micrómetros com medidas 225 a 250 milímetros e 250 a 275 milímetros. Na Figura 56 pode-se observar a disposição de ferramentas no painel, após as alterações.

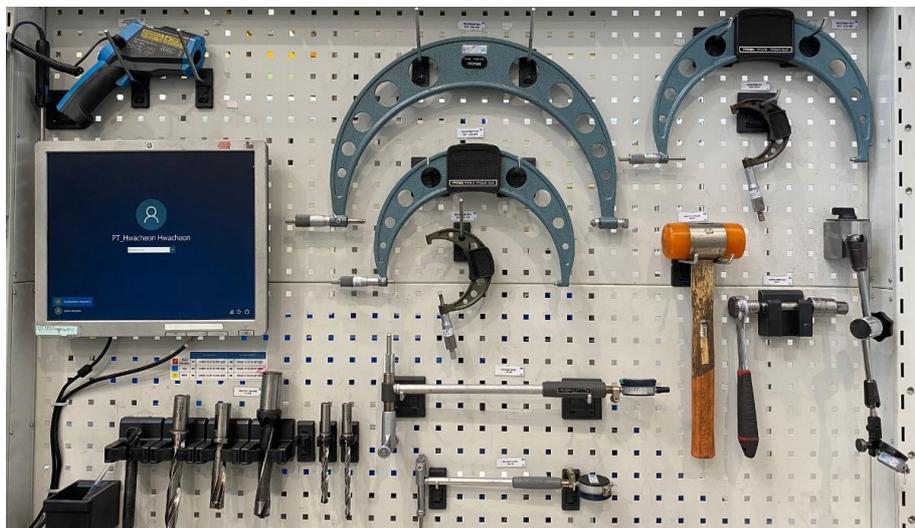


Figura 56 - Nova disposição do painel de ferramentas

Os restantes micrómetros, que são menos utilizados, foram armazenados em duas gavetas no posto de trabalho. Estas gavetas encontravam-se livres depois de ter sido implementado o 1ºS da ferramenta, uma vez que foi retirado material não utilizado das mesmas. Para evitar que os instrumentos se danificassem, colocou-se um tapete de neoprene, cortado à medida de cada gaveta. Este tapete foi

reaproveitado de desperdícios da secção de Manutenção Industrial. Para além disso, identificaram-se os locais de cada micrómetro com uma etiqueta e marcaram-se as posições com um marcador branco, para que o operador identificasse rapidamente que instrumentos estão em falta na gaveta e em que local os deve arrumar.



Figura 57 - Gaveta com micrómetros

5.5.3 Limpar

Na terceira etapa efetuou-se a limpeza de todos os espaços de trabalho, com ajuda dos colaboradores, o que incluiu a mesa de trabalho e de apoio, e as gavetas onde era armazenado o material.

Adicionalmente, removeram-se as marcações do chão que estavam em desuso, uma vez que eram referentes à antiga localização do carrinho de limpeza e suporte das correntes, tal como se pode observar na Figura 58.



Figura 58 - Marcações desatualizadas antes (esquerda) e depois (direita)

5.5.4 Normalizar

Depois de implementar os três primeiros sensores, a etapa seguinte passa pela normalização das práticas. Para isto, identificaram-se todos os materiais dispostos no painel de ferramentas, suporte de olhais,

assim como as gavetas. Para isso, foram coladas etiquetas em cada um destes locais com o nome do utensílio de trabalho que nele é colocado. Na Figura 59 pode-se ver um exemplo da identificação feita.



Figura 59 - Exemplos de identificação das gavetas (esquerda) e dos olhais (direita)

Ainda em relação aos olhais, optou-se por identificar cada um destes individualmente, indicando o centro de trabalho. Para isto, recorreu-se aos desperdícios produzidos nas ranhuradoras, que se assemelham a moedas feitas de chapa metálica, na qual foi escrito com uma caneta pneumática a sigla “HWA”, de forma a identificar o posto da Hwacheon. Na Figura 60 encontra-se um exemplo desta identificação. Desta forma, evita-se que os olhais não sejam devolvidos ao centro de trabalho no final de serem utilizados, visto que qualquer colaborador consegue identificar facilmente a que posto estes pertencem.

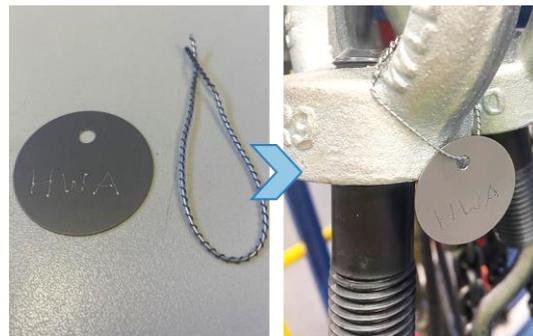


Figura 60 - Identificação dos olhais

Foi, ainda, identificada no chão a localização da mesa de apoio, como se pode observar na Figura 61, que teve um custo de 4,00€.



Figura 61 - Mesa de apoio não identificada (esquerda) e identificada (direita)

No que diz respeito ao carregador da bateria da aparafusadora, que se encontra na mesa de trabalho, foi também identificada a sua localização, pela delimitação da mesma com fita amarela, tal como se pode verificar na Figura 62.



Figura 62 - Identificação do local para o carregador da bateria

Existia, ainda, uma folha que descrevia todos os instrumentos de medição que se encontravam no centro de trabalho, de modo que fossem facilmente identificados, por qualquer colaborador, que materiais existiam, caso tivessem necessidade de os utilizar. No entanto, esta lista encontrava-se desatualizada, não contemplando vários dos equipamentos existentes, como o caso dos micrómetros. Desta forma, atualizou-se a folha, que pode ser consultada no Apêndice 17, Figura 86. Para além disso, foi criada uma folha com todos os materiais disponíveis no painel de ferramentas do centro de trabalho, de forma a facilitar a realização do inventário. Este documento encontra-se no Apêndice 18, Figura 87.

Uma vez que a técnica 5S já tinha sido implementada anteriormente, existia no posto de trabalho um Plano de Atividades Autónomas, que indicavam ao colaborador as operações de organização e limpeza que deveria efetuar, bem como quando deviam ser feitas (diariamente, semanalmente ou mensalmente). Nesta folha eram, ainda, descritos os procedimentos a seguir para a realização destas operações, assim como o tempo da sua execução.

Adicionalmente, no final de cada turno o colaborador deveria preencher um documento, denominado por Manutenção e Limpeza de 1º Nivel, constituído por uma *checklist* referente à organização do centro de trabalho e ocorrências que tenham ocorrido ao longo do turno, como, por exemplo, colisões. Desta forma, o operário sabe quais atividades deve realizar.

5.5.5 Manter

O último senso tem como intuito criar o hábito diário dos quatro sentidos anteriores e, assim, assegurar que o trabalho realizado é mantido, encorajando a implementação de outras melhorias. Como tal, estabeleceu-se que trimestralmente deveria ser efetuada uma auditoria 5S, para verificar o estado do centro de trabalho, devendo-se obter um resultado igual ou superior a 80%, que indica que a técnica 5S está devidamente implementada. Depois de implementadas as melhorias descritas, foi efetuada uma auditoria. A Auditoria está documentada no Apêndice 16, Figura 85. Pode verificar-se que o resultado

atingido na auditoria 5S foi de 88%, traduzindo-se numa melhoria substancial de 37,5% em relação à auditoria inicial.

5.6 Adoção de paletes de plástico

Uma solução para o problema exposto no capítulo anterior 4.6.6, referente às paletes de madeira, é a troca destas por paletes de plástico polipropileno, especificamente, plástico reciclado (Figura 63). Quando comparado com o plástico virgem, o plástico reciclado tem a vantagem de ser mais resistente e sustentável, uma vez que é produzido a partir de uma mistura de plásticos diferentes. Para além disso, as paletes deste tipo são injetadas num molde e, por isso, não têm pregos que possam danificar as peças ou o chão da fábrica, ao contrário das de madeira.



Figura 63 - Paletes de plástico com tampo liso (esquerda) e perfurado (direita), retirado de Rotomshop (s.d.)

É de referir que estas paletes têm uma durabilidade de 10 anos e uma capacidade de carga superior às utilizadas na fábrica sendo, portanto, mais resistentes. Estudou-se a opção de paletes com topo liso ou perfurado, sendo que a primeira tinha uma carga dinâmica de 1 500kg e carga estática de 5 000kg, e a segunda tinha carga dinâmica de 1 000kg e carga estática de 4 000kg. Entende-se por carga estática a sua capacidade quando a paleta não está em movimento, e dinâmica quando esta se movimenta, como é o caso dos transportes com o porta-paletes ou empilhador.

Estas paletes não devem incluir rebordos devido à dimensão dos materiais que suportará. Anteriormente foi avaliada a possibilidade de utilizar paletes com rebordo, mas estas quebravam quando se pousavam as peças, concluindo-se que não era uma opção válida.

No que toca ao problema referente às diferentes dimensões de paletes atualmente existentes, a sua solução passava pela implementação de paletes de um tamanho *standard*, neste caso, a Europaleta, com dimensões de 1200 milímetros de comprimento e 800 milímetros de largura, uma vez que é o tamanho mais comum na empresa por ser capaz de suportar qualquer produto fabricado.

Existem, no entanto, desvantagens na utilização de paletes de plástico quando comparadas com as de madeira, nomeadamente, o menor atrito ao material poderia levar a que as peças pudessem deslizar.

Foram colocadas em circulação 14 paletes de cada tipo (lisa e perfurada) de forma a testar a sua resistência e menor atrito. Estas foram dispostas não só no centro de trabalho do Hwacheon, mas também do VTR, uma vez que este torno maquinava peças de maiores dimensões e peso. Assim, tornou-se possível estudar a durabilidade do material, quando exposto a peças de elevada carga e dimensão. Estas paletes foram identificadas (Figura 64), para que os colaboradores soubessem que pertenciam a estes postos, para que fossem devolvidas aos mesmos.



Figura 64 - Paletes de plástico identificadas

Posto isto, verificou-se que não existia nenhum problema a nível de resistência do material. Porém, os colaboradores referiram que as paletes de tampo liso são menos seguras, pois as peças escorregavam com maior facilidade. Por este motivo, e aliado ao facto da paleta perfurada ter um menor custo, recomendou-se que, no futuro, apenas fossem adquiridas paletes deste tipo, uma vez que têm um custo de aproximadamente 45,00€.

5.7 Definição da localização para entrada e saída de materiais no VTR

Para definir a quantidade máxima de paletes no local de armazenamento perto do VTR, foi necessário determinar o número de peças que eram colocadas por paleta (com o tamanho de uma Europaleta). Para isto, foi estudada de que forma os operários do armazém faziam esta distribuição, tendo-se verificado que apenas colocavam numa paleta produtos que tivessem o mesmo código de material e que fizessem parte da mesma Ordem de Produção. A título de exemplo, se numa OP existisse um material com quantidade igual a dois, dependendo das dimensões da peça, estas poderiam ser colocadas na mesma paleta. Adicionalmente, consultaram-se os desenhos técnicos dos materiais para perceber se as suas dimensões permitiam, ou não, ser armazenadas numa só paleta. Como resultado, foi criada a

Tabela 33, disponível no Apêndice 19, que contém as regras para a atribuição do número de peças por palete.

Posto isto, analisou-se o valor médio de paletes necessárias para transportar todos os materiais produzidos por dia em 2021, resultando no gráfico apresentado na Figura 65.

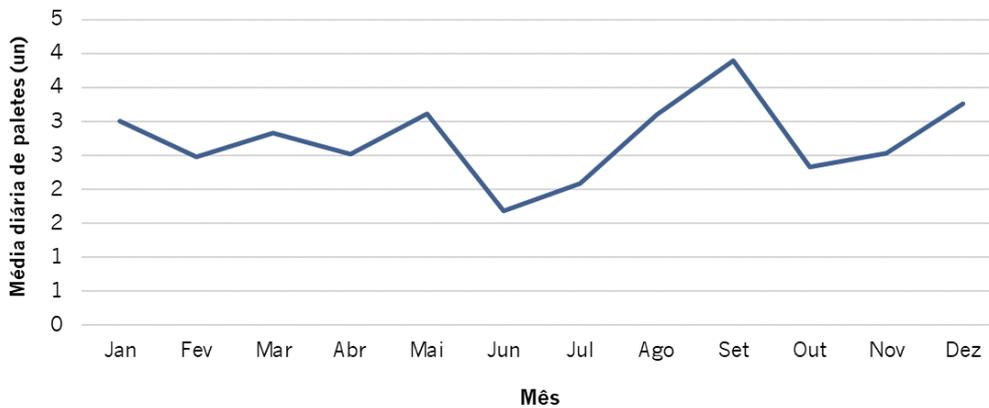


Figura 65 - Média diária de paletes no VTR em 2021

Verificou-se que, ao longo de 2021, o mês em que foram necessárias mais paletes por dia, em média, foi em setembro, com um total de quatro paletes. Este valor contrastava com as 15 paletes que anteriormente se encontravam perto da máquina.

Posto isto, foi definido um espaço para quatro paletes de entrada, sendo que o operador logístico, responsável por colocar peças no *buffer*, apenas deverá transportar uma nova paleta para este espaço, quando existir algum local disponível. A localização destas paletes encontra-se representada na Figura 66.

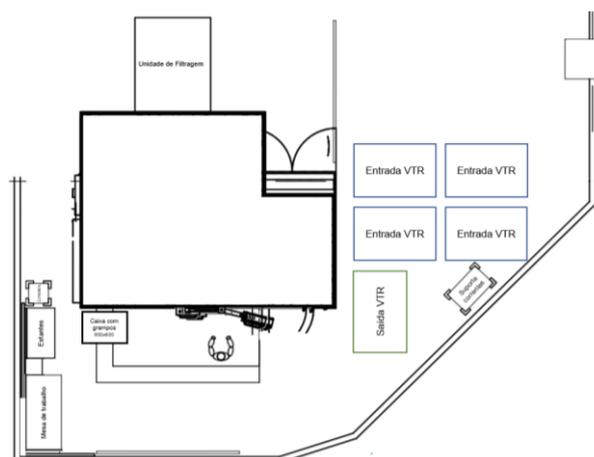


Figura 66 - Definição dos locais de entrada e saída de materiais

É de referir que esta análise foi feita para um dia de trabalho, ao invés de um período de tempo mais curto, como um turno, visto que a alteração na quantidade de paletes no *buffer* de entrada já era significativa, isto é, de 15 para 4. No caso de ser feita uma análise para um turno de trabalho, o espaço

definido para as paletes seria menor, sendo apenas necessárias duas paletes. Porém, a empresa considerou que esta seria uma mudança radical, que levaria os colaboradores a apresentar alguma resistência, com receio de que houvesse falta de material. Posto isto, após ser criada a rotina de apenas quatro paletes com material para maquirar, e os colaboradores estarem mais familiarizados com esta prática, poder-se-á eventualmente reduzir para apenas duas paletes.

Adicionalmente, foi definido um local de saída para as peças em frente à máquina, representado na Figura 66. Por norma, o colaborador já colocava o material maquirado neste espaço, por ser perto da máquina e de fácil acesso ao operador logístico que o recolhe. Assim, quando a máquina acabava de trabalhar, a peça terminada era colocada na palete da saída, que posteriormente era recolhida com o porta-paletes.

5.8 Criação da folha de registo de informação para troca de turno

De forma a passar informação entre turnos e dar continuidade ao trabalho efetuado no turno anterior, foi criada uma folha de registo das trocas de turno. Primeiro, consultou-se o chefe da secção de Maquinagem para avaliar se a ideia seria viável e, posteriormente, os operadores dos tornos verticais, uma vez que esta folha seria implementada nesses centros de trabalho. Os colaboradores indicaram que dados consideravam necessários passar ao turno seguinte e, através desta informação, foi criada a folha que se encontra na Figura 67.

		Registo de Informação para Troca de Turno		Hwacheon	
Data: ___/___/___		Turno: ___ 1 ___ 2 ___ 3			
Material: _____		Ordem de Produção: _____			
Última operação efetuada					
Setup					
Operando					
Carga e Descarga					
Acabamento					
Observações:					

Figura 67 - Excerto da folha inicial de registo de informação de troca de turno

O objetivo era que, no final de cada turno, o colaborador preenchesse os campos da data, turno, número de material que se encontrava a maquirar, OP correspondente e indicasse a última operação efetuada. Por exemplo, se o material já estivesse maquirado e faltasse efetuar o transporte para fora da máquina,

deveria preencher o espaço “Operando”, de modo que o operador do turno seguinte soubesse que era necessário efetuar a descarga da peça. No caso de querer transmitir qualquer outra informação, tinha possibilidade de as escrever no campo de “Observações”.

Uma semana após a implementação destas, recebeu-se *feedback* por parte dos operadores e do chefe, e observou-se de que forma a folha estava a ser preenchida. Com esta nova informação, foi criada uma segunda versão da mesma folha, que pode ser consultada no Apêndice 20, Figura 88. Na Figura 68 encontra-se um excerto desta folha.

WEG **Registo de Informação para Troca de Turno** Data: ___/___/___
CT: _____

Última operação efetuada pelo Turno 1	
Setup	
Operando - Desbaste	Bloco N ___
Operando - Furações	Bloco N ___
Operando - Acabamento	Bloco N ___
Acabamento Final	
Carga e Descarga	

Observações do Turno:

Assinatura do Colaborador: _____

Figura 68 - Excerto da folha final de registo de informação de troca de turno

Como se pode verificar, existe menos informação a ser preenchida. Passou a ser utilizada uma folha por dia, pois existem três espaços para o registo de informação, um para cada turno. Desta forma, só será necessário indicar a data uma única vez e não é preciso assinalar o turno em questão. Também as informações relativas ao material e OP já não são requeridas, visto que a peça se encontraria dentro da máquina ou na paleta de saída ou entrada, tornando-se óbvio de qual peça se tratava. A opção de “Operando” foi dividida em três campos, de forma a simplificar a localização do último bloco de código executado.

Posteriormente, esta folha de registo foi implementada em todos os centros de trabalho da Maquinagem, visto que a falta de comunicação entre turnos era um problema transversal aos vários postos.

5.9 Aquisição de um sistema de comunicação

Para diminuir as esperas do operador por superiores e, conseqüentemente, o registo do evento “Aguardando chefe/preparador/engenharia” foram adquiridos *walkie-talkies* (Figura 69). Desta forma, foi disponibilizado um aparelho para o centro de trabalho, programador CNC e analista da secção de

Maquinagem, de forma que o colaborador pudesse comunicar imediatamente com estes, expondo as dificuldades e problemas que tenha.



Figura 69 - *Walkie-talkie* do Hwacheon

Para além de diminuir o tempo de espera pelos superiores, tornava-se, ainda, possível diminuir as deslocações do colaborador que se deviam à procura pelos mesmos.

Esta proposta de melhoria teve um custo de implementação de 159,80€.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo é realizada uma análise e discussão de resultados que derivam da implementação das propostas de melhoria descritas no capítulo 5, sendo identificados os resultados esperados com as mesmas. Com a implementação das melhorias propostas, verificou-se que, no mês de junho, o OEE do torno Hwacheon atingiu os 61%, contrastando com o valor de 29% verificado em janeiro. O Índice de Disponibilidade, que rondava os 34%, teve um aumento de 62%, passando a ser 55% no mês de junho.

Nesta discussão de resultados, é feita uma análise comparativa entre a situação observada inicialmente e a situação depois de implementadas as melhorias. Em todos os casos que fosse aplicável, realizou-se uma comparação quantitativa entre os dois cenários, quer a nível de diminuição das distâncias como da duração das atividades, estimando-se os ganhos num valor monetário. Para tal, e uma vez que os valores de mão-de-obra praticados na empresa são confidenciais, considerou-se que o custo da mão-de-obra era de 16€/h-H, correspondente à média deste custo em Portugal em 2021 (Eurostat, 2022).

6.1 Redução do tempo de *setup*

A implementação de SMED aplicada num dos produtos mais produzidos, permitiu uma redução do tempo de *setup* em aproximadamente 15 minutos e da distância percorrida em 99,30 metros.

Várias das operações eram efetuadas com a máquina parada, como o caso do acabamento, que incluía a limpeza da peça e escareamento das furações, e a recolha e arrumação de algumas ferramentas necessárias, como a chave *umbrako* e as ferramentas de medição. Ao realizar estas atividades com a máquina a operar, é possível diminuir o tempo em que a máquina não está a produzir. As deslocações efetuadas antes e depois da proposta de melhoria, realizadas com a máquina parada, ou seja, as atividades internas do *setup*, encontram-se representadas nos diagramas de *spaghetti* apresentados na Figura 70.

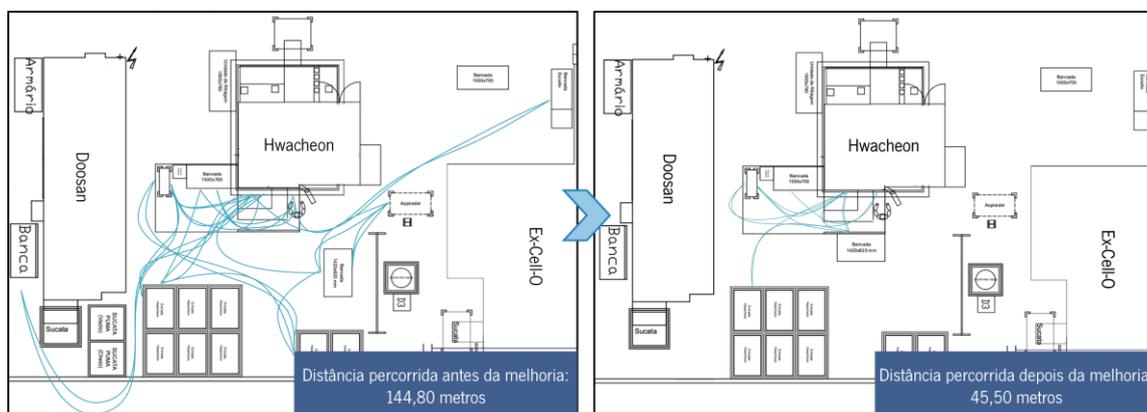


Figura 70 - Diagrama de *spaghetti* antes (esquerda) e depois (direita) da melhoria

Através da notória diminuição de movimentações realizadas com a máquina parada, diminui também o tempo de *setup* e o esforço realizado pelo operador. Na Tabela 14 encontram-se apresentados os ganhos obtidos com a implementação desta proposta de melhoria.

Tabela 14 - Resultados da implementação de SMED

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Distância percorrida (m)	144,80	45,50	68,58%	2 832,26
Tempo (min)	44,28	29,02	34,46%	

Considerando um custo de mão-de-obra de 16€/h-H e a produção de 696 tampas com *setup* semelhante ao analisado durante um ano, obtém-se um ganho anual de 2 832,26€.

6.2 Normalização das operações

Com a criação da OPL, é promovida a normalização das operações de *setup* das tampas no torno vertical Hwacheon, facilitando, ainda, a formação de novos colaboradores que trabalhem na máquina em questão.

Para além disso, foi criada uma folha que indica as distâncias entre as possíveis posições dos grampos na bucha. Anteriormente, esta tarefa levava à necessidade de desbloquear o computador, assim como procurar e abrir o ficheiro com as tabelas que continham esta informação, que demorava cerca de 25 segundos. Atualmente, o colaborador apenas tem que consultar a tabela exposta no painel, demorando apenas 6 segundos. Na Tabela 15 são comparados os resultados antes e depois da implementação desta melhoria.

Tabela 15 - Resultados obtidos com a criação de instruções de trabalho

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo (min)	0,42	0,10	76,19	122,53

Este documento é consultado sempre que é maquinado um novo material, resultando num ajuste da posição dos grampos. Tendo em conta a produção de 1 451 materiais durante um ano no Hwacheon, que corresponde ao valor registado no ano de 2021, e o mesmo custo de mão-de-obra considerado anteriormente, o ganho anual obtido é de 122,53€/ano.

6.3 Normalização do registo de eventos no WSFM

Com a normalização do registo de eventos no WSFM, é facilitada a análise dos dados do sistema por parte da equipa de Engenharia Industrial. Desta forma, o tratamento destes dados e resultados obtidos reflete melhor a realidade do chão de fábrica, tornando possível combater as ineficiências existentes,

promovendo a melhoria contínua. Por outro lado, o operador demora menos tempo à procura do evento que justifica a paragem, uma vez que se diminuiu a quantidade de eventos disponíveis de 35 para 30. Apesar da diminuição deste tempo ser residual, facilita, sobretudo, novos colaboradores a detetar mais rapidamente os eventos. É de notar que, com o aumento da prática do colaborador, este identificará mais rapidamente o espaço no ecrã onde se encontra o evento que procura, uma vez que irá memorizar o mesmo.

Adicionalmente, com a norma criada para o registo de eventos no WSFM, os operadores podem consultar esta folha caso tenham qualquer dúvida sobre o evento a seleccionar no sistema.

6.4 Apresentação dos resultados do OEE aos colaboradores

A criação de um relatório mensal no torno Hwacheon permitiu dar a conhecer, aos colaboradores deste centro de trabalho e à sua chefia, os resultados obtidos para o OEE e a comparação entre os dois meses anteriores à realização do mesmo.

Para além disso, torna-se possível alertar o colaborador para a justificação de paragens não justificadas, que “escondem” o verdadeiro motivo da paragem, e, ainda, avaliar a sua performance face à meta do OEE estabelecida pela chefia. Assim, promove-se a justificação de todas as paragens, que indicarão ao departamento de Engenharia Industrial as razões das ineficiências em chão de fábrica, e incentiva-se o colaborador a melhorar o seu desempenho. Verificou-se que, em janeiro, o evento “Parada Não Justificada” teve um valor total de 27,53 horas. Durante junho, este mesmo evento totalizou apenas 0,35 horas, tendo, por isso, diminuído 98,73%. Não obstante, tem-se como objetivo eliminar por completo o registo deste evento, de modo a garantir que se conhece o motivo real de todas as paragens para, posteriormente, se poder estudar oportunidades de melhoria.

6.5 Organização do centro de trabalho

Com a implementação da técnica 5S, transformou-se o centro de trabalho do torno Hwacheon, num espaço devidamente organizado e limpo, onde existem locais definidos para cada equipamento e ferramenta. Todas estas localizações estão devidamente identificadas, permitindo a qualquer colaborador encontrar facilmente o material que procura, o que se traduz em menos deslocações e tempos de procura. Com as auditorias efetuadas verificou-se um aumento de 37,5% nos resultados obtidos, o que demonstra uma melhoria significativa na organização do posto de trabalho, tal como se pode confirmar na Tabela 16.

Tabela 16 - Comparação dos resultados das auditorias 5S

Senso	Antes da melhoria (%)	Depois da melhoria (%)	Melhoria (%)
<i>Seiri</i> (Separar)	67	93	38,81
<i>Seiton</i> (Organizar)	53	87	64,15
<i>Seiso</i> (Limpar)	73	80	9,59
<i>Seiketsu</i> (Padronizar)	67	93	38,81
<i>Shitsuke</i> (Disciplinar)	60	97	61,67
Resultado Final	64	88	37,5

É possível verificar que o senso que sofreu a maior melhoria foi o segundo, *Seiton*, uma vez que os materiais foram organizados em locais apropriados, de forma que fossem fáceis de localizar e aceder quando necessários. Neste sentido, os equipamentos e ferramentas mais utilizados foram colocados no painel de ferramentas do centro de trabalho, diminuindo o tempo de procura. De uma forma geral, pode-se afirmar que a auditoria inicial, cujo resultado foi de 64%, indica que a técnica 5S estava parcialmente implementada, tendo aumentado para 88% após as melhorias, significando que os 5S estão implementados.

Em termos quantitativos, foi possível diminuir as distâncias percorridas pelo colaborador para recolher os olhais que não se encontravam no seu centro de trabalho em 43,65 metros, que se traduziam em movimentações que demoravam 0,70 minutos. Também a exposição de dois dos micrómetros com maior frequência de utilização no painel das ferramentas permite ao operador aceder a estes mais rapidamente. Assim, torna-se possível diminuir a distância percorrida sempre que o operador recolhe e arruma o mesmo, em 2,20 metros. Já o tempo é diminuído em, aproximadamente, 4 segundos. Na Tabela 17 são comparados os resultados antes e depois da implementação desta melhoria.

Tabela 17 - Resultados obtidos com a implementação da técnica 5S

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Distância percorrida (m)	45,85	0	100	36,51€
Tempo (min)	0,77	0	100	

Os novos olhais adquiridos são utilizados em apenas determinados materiais, como as tampas traseiras e dianteiras com altura de eixo igual ou superior a 400 milímetros. Posto isto, prevê-se que sejam necessários cerca de 180 vezes por ano. Relativamente aos micrómetros, estimou-se que o de medida 225 a 250 milímetros seja necessário 48 vezes por ano e que o micrómetro de 250 a 275 milímetros seja utilizado 108 vezes. Considerando o mesmo custo de mão-de-obra referido anteriormente, estima-se um ganho anual de 36,51€.

6.6 Normalização das paletes utilizadas

Com a aquisição e utilização das paletes de plástico polipropileno, o espaço de trabalho tornou-se mais seguro, dado que estas são mais resistentes, quando comparadas com as paletes de madeira, que quebravam com facilidade. Da mesma forma, como não se danificam facilmente, deixaram de existir pedaços de madeira espalhados pelo chão da fábrica e pregos expostos que podiam danificar os materiais aí armazenados, mantendo a secção mais limpa.

Por outro lado, com a normalização do tipo de paleta que é utilizada, isto é, de plástico, e com as dimensões da Europaleta, o espaço torna-se mais agradável visualmente, uma vez que se uniformiza as paletes utilizadas e todas passam a caber nas marcações do chão de entrada e saída de materiais.

Devido ao tipo de material que as constituem, quando comparadas as Europaletes de plástico com as de madeira, verifica-se que as primeiras têm um peso inferior. Uma paleta de plástico com tampo perfurado pesa 16,41 kg, enquanto uma paleta de madeira tem um peso de 25 kg. Desta forma, existem benefícios a nível ergonómico, uma vez que é facilitado o manuseamento das mesmas e se reduz o esforço do operador.

Para além das vantagens discutidas anteriormente, é importante referir a diferença entre a durabilidade dos dois tipos de paleta. A vida útil das paletes de plástico é de, no mínimo, 10 anos, podendo ser plenamente funcionais durante 15 ou mesmo 20 anos, quando bem manuseadas e não expostas a substâncias corrosivas e a choques físicos ou ambientais, como o sol e calor. Em contraste, as paletes de madeira novas duram, em média, 3 anos e têm um custo de aproximadamente 25,00€. No entanto, de forma a reduzir os custos, a empresa adquiria paletes seminovas, pelo preço de 8,00€ por unidade. Ademais, os materiais transportados nestas são de elevada carga, fazendo com que as mesmas durassem menos do que o esperado. Posto isto, e recorrendo à informação obtida pela secção de Compras, verificou-se que as paletes adquiridas eram renovadas aproximadamente a cada 1,5 anos. Na Tabela 18 é possível verificar os resultados obtidos com esta melhoria.

Tabela 18 - Resultados obtidos com a utilização de paletes de plástico

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Custo das paletes (€/ano)	10 666,67	9 000,00	15,63	1 666,67

Considerando que a empresa compra 2 000 paletes seminovas ao preço de 8,00€ por unidade e que o custo de cada paleta de plástico é de 45,00€, estima-se que o ganho anual seja de 1 666,67€.

6.7 Redução do *buffer* do VTR

Com a definição de um espaço para entrada e saída de materiais do torno vertical VTR tornou-se possível diminuir a área ocupada pelas paletes. Anteriormente, existiam cerca de 15 paletes que ocupavam o *buffer*, ocupando um total de 14,40m². Ao diminuir este espaço para 4 paletes de entrada, localizadas adjacente à máquina, e um local de saída, ocupa-se um total de 4,80m². Na Tabela 19 é possível confirmar o ganho obtido com esta melhoria.

Tabela 19 - Resultados da definição da localização de entrada e saída de materiais no VTR

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)
Área ocupada (m ²)	14,40	4,80	66,67

Para além disso, o colaborador passa a demorar menos tempo a transportar a peça da máquina até ao local de peças já maquinadas, uma vez que, não só o acesso a esta é mais fácil, como se encontra perto da máquina.

6.8 Melhoria da comunicação entre turnos e chefia

Quando o colaborador, no início do turno, não sabia qual a operação a efetuar ou qual a peça seguinte a maquinar, tinha que consultar o seu chefe. Nestas situações, era registado no monitor do WSFM o evento “Aguardando Chefe/Preparador/Engenharia”. Com a implementação da folha de registo de informação para troca de turno, a frequência com que este evento era registado diminuiu, uma vez que o colaborador já tinha informação sobre o trabalho que devia ser feito.

Para analisar os ganhos consequentes desta melhoria, comparou-se o tempo total durante um mês em que o evento referido foi registado no início do turno na Hwacheon, a máquina em que se focou este trabalho. Consultando os dados do WSFM, verificou-se que em janeiro de 2022, mês anterior ao início do projeto, este evento apresentou uma duração média diária de quase 35 minutos. Em junho do mesmo ano, quando a folha era já utilizada pelo centro de trabalho, o valor diminuiu para quase 8 minutos, representando uma redução de 77,89%.

Tabela 20 - Resultados da implementação da folha de registo de informação para troca de turno

Indicador	Antes da melhoria	Depois da melhoria	Ganho (%)	Ganho (€/ano)
Tempo médio diário (min)	34,65	7,65	77,89	1 648,80

Assumindo que se labora em 229 dias por ano, calculou-se o ganho, em euros, desta melhoria. Para isto, foi considerado o mesmo custo de mão-de-obra referido anteriormente e obteve-se um ganho anual de 1648,80€/ano.

6.9 Síntese de resultados

Esta secção dedica-se à apresentação dos resultados que advêm da implementação das propostas de melhoria referidas anteriormente, apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Síntese dos resultados

Proposta de melhoria	Resultado	Área/CT	Ganho (€/ano)
Aplicação da metodologia SMED	- Redução do tempo de <i>setup</i> interno em 34,5%; - Redução das deslocações no <i>setup</i> interno em 68,6%.	Hwacheon	2 832
Criação de instruções de trabalho	- Aumento da estabilidade do processo; - Redução de desperdícios.	Hwacheon	123
Criação de normas de registo de eventos no WSFM	- Normalização do registo de eventos no WSFM.	Hwacheon VTR	-
Criação de um relatório mensal do OEE	- Diminuição das paragens por justificar em 98,7%; - Transmissão dos resultados do OEE ao colaborador.	Máquinas com WSFM	-
Implementação da técnica 5S	- Melhor organização do espaço de trabalho; - Redução do tempo de procura de materiais.	Hwacheon	37
Adoção de paletes de plástico	- Normalização do tipo de paletes utilizada; - Maior limpeza do espaço fabril; - Maior segurança dos operadores; - Eliminação de defeitos causados por paletes estragadas.	Hwacheon VTR	1 667
Definição da localização de entrada e saída de materiais no VTR	- Maior facilidade de acesso aos materiais a maquinar; - Diminuição do espaço ocupado pelas paletes em 7,4m ² .	VTR	-
Criação da folha de registo de informação para troca de turno e aquisição de um sistema de comunicação	- Redução do tempo a aguardar instruções da chefia: 77,9%; - Melhor comunicação entre turnos.	Maquinagem	1 649
Poupança anual total			6 308

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo são abordadas as principais conclusões do projeto desenvolvido, apresentando-se os resultados obtidos com o mesmo, assim como as limitações verificadas e oportunidades de trabalho futuro.

7.1 Considerações finais

Este projeto de dissertação teve como principal objetivo a melhoria do desempenho da secção de Maquinagem da WEG na Maia, onde são maquinados vários dos componentes que formam os motores elétricos. Para tal, inicialmente foi feita uma análise do estado atual da secção mencionada, com o intuito de compreender o processo produtivo e, posteriormente, identificar problemas no mesmo.

Foram identificados vários desperdícios, destacando-se o elevado tempo de *setup* no torno vertical Hwacheon, a ausência de instruções de trabalho, a falta de comunicação entre os turnos, as elevadas esperas do operador pela chefia e programador CNC, a utilização de paletes pouco adequadas e a necessidade de atualização dos 5S. Relativamente ao sistema WSFM, que indica o desempenho dos equipamentos, verificou-se que não existia uma padronização do registo dos seus eventos, e os resultados obtidos não eram partilhados com os colaboradores.

Depois de efetuado o diagnóstico, foram apresentadas propostas de melhoria, alinhadas com *Lean Thinking*, nomeadamente, a aplicação da ferramenta SMED no centro de trabalho Hwacheon, que permitiu reduzir o tempo de *setup* interno em 34,5% e as deslocações em 68,6%, permitindo uma poupança anual de 2832€. Com a atualização da tabela com as distâncias entre os grampos da máquina e criação e afixação da respetiva instrução de trabalho no centro de trabalho estima-se um ganho anual de 123€. Da mesma forma, com a criação de uma folha que permite registar a informação a transmitir ao turno seguinte, e pela aquisição de *walkie-talkies*, o tempo improdutivo diminuiu, sendo estimada uma poupança de 1649€/ano. Ainda no mesmo posto de trabalho, foi implementada a técnica 5S, com a qual se estimou um ganho anual de 37€. Para a oportunidade de melhoria relacionada com o tipo de paletes utilizadas, foi proposta a adoção de Europaletes de plástico. Devido à sua maior duração, face às paletes de madeira, é previsto ganho de 1667€/ano.

Em relação ao WSFM, foi criado um relatório mensal com os resultados do OEE. Estes resultados devem, entre outros, servir para sensibilizar o colaborador quanto à necessidade de justificação de todas as paragens e apresentação dos resultados obtidos no centro de trabalho onde opera. Ademais, foram

criadas normas para o registo de eventos no WSFM de forma a facilitar a análise dos dados por parte da equipa de Engenharia Industrial e a identificação de possíveis melhorias.

Em suma, as propostas mencionadas permitem uma poupança anual de cerca de 6308€, tendo impacto na redução do tempo de *setup* e distância percorrida pelo operador, que constituíam os objetivos inicialmente definidos.

É de ressaltar que, durante a execução do projeto, foi possível consolidar os conhecimentos adquiridos na universidade, bem como aprimorar *soft skills* e complementar o desenvolvimento profissional.

7.2 Limitações

No decorrer do projeto surgiram algumas limitações importantes de mencionar, nomeadamente, a suscetibilidade e resistência à mudança. A título de exemplo, na aplicação da metodologia 5S, foi necessário remover artigos que não eram necessários no centro de trabalho. No entanto, os colaboradores consideravam que todos os materiais eram necessários e deveriam ser mantidos no centro de trabalho.

Outra limitação importante foi a indisponibilidade do WSFM no Hwacheon, um problema recorrente nesta máquina, que impede o registo de qualquer tipo de eventos. Por esta razão, não foi possível avaliar os dados referentes a um período mais prolongado. Não obstante, este problema foi alertado ao departamento de Engenharia Industrial que prontamente procurou resolver o mesmo. Ainda relativamente ao WSFM, é de mencionar que durante o decorrer do estágio foram efetuadas melhorias no próprio sistema que não eram do âmbito deste projeto. Estas alterações afetam o cálculo do índice de eficiência e, conseqüentemente, o OEE. A título de exemplo, anteriormente apenas era possível fechar uma ordem de produção quando a peça estava terminada, o que afetava negativamente o turno que tivesse trabalhado nesse material, mas não o terminasse, e positivamente aquele que terminasse o material. Para combater este problema, foi introduzida a possibilidade de registar quantidades decimais, isto é, no caso de ter maquinado metade da peça, o colaborador deve inserir no WSFM 0,5 no campo referente à quantidade.

Ademais, uma vez que são produzidas poucas peças por dia e devido à baixa repetibilidade das mesmas, os indicadores de desempenho são muito afetados pela experiência e formação dada ao operador. Desta forma, para além das melhorias implementadas no âmbito deste projeto, também as situações mencionadas anteriormente afetam os resultados do OEE. Do mesmo modo, a elevada variedade de peças produzidas dificultou a análise do material definido para estudo que, conseqüentemente,

comprometeu o desenvolvimento do projeto, uma vez que não era possível observar o seu processo de fabrico regularmente.

7.3 Trabalho futuro

Como trabalho futuro, sugere-se que seja feita uma monitorização das melhorias que foram implementadas, de forma a assegurar a sua permanência temporal. Para tal, deve-se continuar a analisar os dados obtidos com o WSFM, realizando os relatórios mensais para todas as máquinas onde este sistema já está implementado. Da mesma forma, é recomendado que seja dada continuidade às auditorias 5S. Apesar de a técnica ter sido apenas aplicada no centro de trabalho Hwacheon, deverá ser aplicada nos restantes centros das várias secções.

Adicionalmente, recomenda-se que seja dada continuidade a projetos já iniciados, como o caso das paletes de plástico que, apesar de terem sido apenas testadas em dois dos centros de trabalho (Hwacheon e VTR), devem ser replicadas nos restantes postos. No que diz respeito ao *buffer* do VTR, foram definidos os locais de entrada e saída de paletes, bem como a quantidade para cada um destes. É preciso monitorizar consistentemente esses espaços, garantindo que apenas são colocados materiais nos locais definidos.

É ainda de referir que algumas das propostas de melhoria sugeridas podem ser implementadas noutros centros de trabalho, assim como outras ferramentas *Lean*, visando a melhoria contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44(18–19), 3929–3952. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
- Chen, J. C., & Christy, B. D. (1998). A TQM approach for designing and building dedicated machines and equipment in-house. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14(8), 563–569. <https://doi.org/10.1007/BF01301700>
- Conrad. (n.d.). kwb adapter bit 3-piece 105310. Retrieved May 26, 2022, from <https://www.conrad.com/p/kwb-adapter-bit-3-piece-105310-1917764>
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. Productivity Press.
- Dinis-Carvalho, J., Guimaraes, L., Sousa, R. M., & Leao, C. P. (2019). Waste identification diagram and value stream mapping: A comparative analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(3), 767–783. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2017-0030>
- Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2015). Waste identification diagrams. *Production Planning and Control*, 26(3), 235–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.891059>
- Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2021). Apresentação das aulas de Ferramentas Avançadas Lean. Guimarães.
- Eurostat. (2022). Hourly labour costs ranged from €7 to €47 in the EU. Retrieved July 11, 2022, from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220328-1>
- Fabory. (n.d.). Perno sextavado interior sem ponta DIN ≈913 Aço Sem tratamento de superfície 45H. Retrieved May 30, 2022, from <https://www.fabory.com/pt/perno-sextavado-interior-sem-ponta-din-≈913-aço-sem-tratamento-de-superfície-45h/p/07812?q=%3Arelevance&categoryCode=010706>
- Farooq, S., & O'Brien, C. (2015). An action research methodology for manufacturing technology selection: A supply chain perspective. *Production Planning and Control*, 26(6), 467–488. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.924599>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How To Use Them*. Florida: St. Lucie Press.

- Ferdousi, F. (2009). An Investigation of Manufacturing Performance Improvement through Lean Production: A Study on Bangladeshi Garment Firms. *International Journal of Business and Management*, 4(9), 106–116. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v4n9p106>
- Freivalds, A., & Niebel, B. (2012). *Niebel's methods, standards, and work design. Niebel's Methods, Standards, and Work Design.*
- Gahagan, S. M. (2010). Adding Value to Value Stream Mapping: A Simulation Model Template for VSM. Retrieved from <https://www.iise.org/Details.aspx?id=7584>
- Hallam, C. R. A., Valerdi, R., & Contreras, C. (2018). Strategic lean actions for sustainable competitive advantage. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(2), 481–509. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2016-0177>
- Hemalatha, C., Sankaranarayananasamy, K., & Durairaj, N. (2021). Lean and agile manufacturing for work-in-process (WIP) control. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10334–10338. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.473>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17, 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Hines, P., Bartolini, M., & Silvi, R. (2002). Lean profit potential. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School.
- Hirano, H. (1995). 5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5 S.
- Imai, M. (2005). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy.*
- Irani, S. a, & Zhou, J. (1999). *Value Stream Mapping of a Complete Product.* MS thesis, The Ohio State University, Columbus, OH.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way - 14 Management Principles from The World's Greatest Manufacturer.* CWL Publishing Enterprises, Inc., Madison. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Little, J. D. C. (1961). A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$. *Operations Research*, 9(3), 383–387. <https://doi.org/10.1287/opre.9.3.383>
- Lovelle, J. (2001). Mapping the Value Stream. *lie Solutions*, 33, 26–33.
- Lysons, K., & Farrington, B. (2006). Kenneth Lysons and Purchasing and Supply Chain Management.

- Markovitz, D. (2011). *A factory of one: applying lean principles to banish waste and improve your personal performance* (CRC Press).
- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98–111. <https://doi.org/10.1109/TEM.2006.889070>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Productivity Press.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Navalgund, A. B., & Kulkarni, S. (2020). Implementation of Six Sigma Principles to Improve Supply Chain and Assembly Process. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(6), 1445–1449. Retrieved from www.irjet.net
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production / Taiichi Ohno; foreword by Norman Bodek*. Productivity Press.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC Press.
- Parmenter, D. (2020). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPIs*. Wiley.
- Purushothaman, M. babu, Seadon, J., & Moore, D. (2020). Waste reduction using lean tools in a multicultural environment. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121681. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121681>
- Ribeiro, J. C. S. (2013). *Análise e aplicação de técnicas Lean na produção de uma família de motores elétricos*.
- Rotomshop. (n.d.). Paleta de plástico 1200x800x150mm- formato europeu- 3 patins- topo liso. Retrieved April 21, 2022, from <https://www.rotomshop.pt/paletes/paletes-de-plastico/?mode=grid&limit=24&sort=default&max=450&min=0&mode=grid&limit=24&sort=default&max=450&min=0&filter%5B%5D=613501&filter%5B%5D=613573&filter%5B%5D=613582&sort=default&limit=24>

- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2011). Waste identification diagrams. In *Apresentado no CLME'2011 / IIICEM – 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia - 3º Congresso de Engenharia de Moçambique Maputo*. Edições INEGI 2011. <https://doi.org/10.13140/2.1.4864.7044>.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research Methods for Business Students* (7th ed.). Pearson Education Limited.
- Shewhart, W. A., & Deming, W. E. (1939). *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, Graduate School Department of Agriculture.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susin, B. V. (2018). *Estudo e implementação da metodologia SMED no processo de fabrico de motores elétricos*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press.
- Womack, J. P., Roos, D., & Jones, D. T. (1990). *The Machine That Changed the World*. Macmillan Publishing Company.

APÊNDICE 1 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UM MOTOR ELÉTRICO

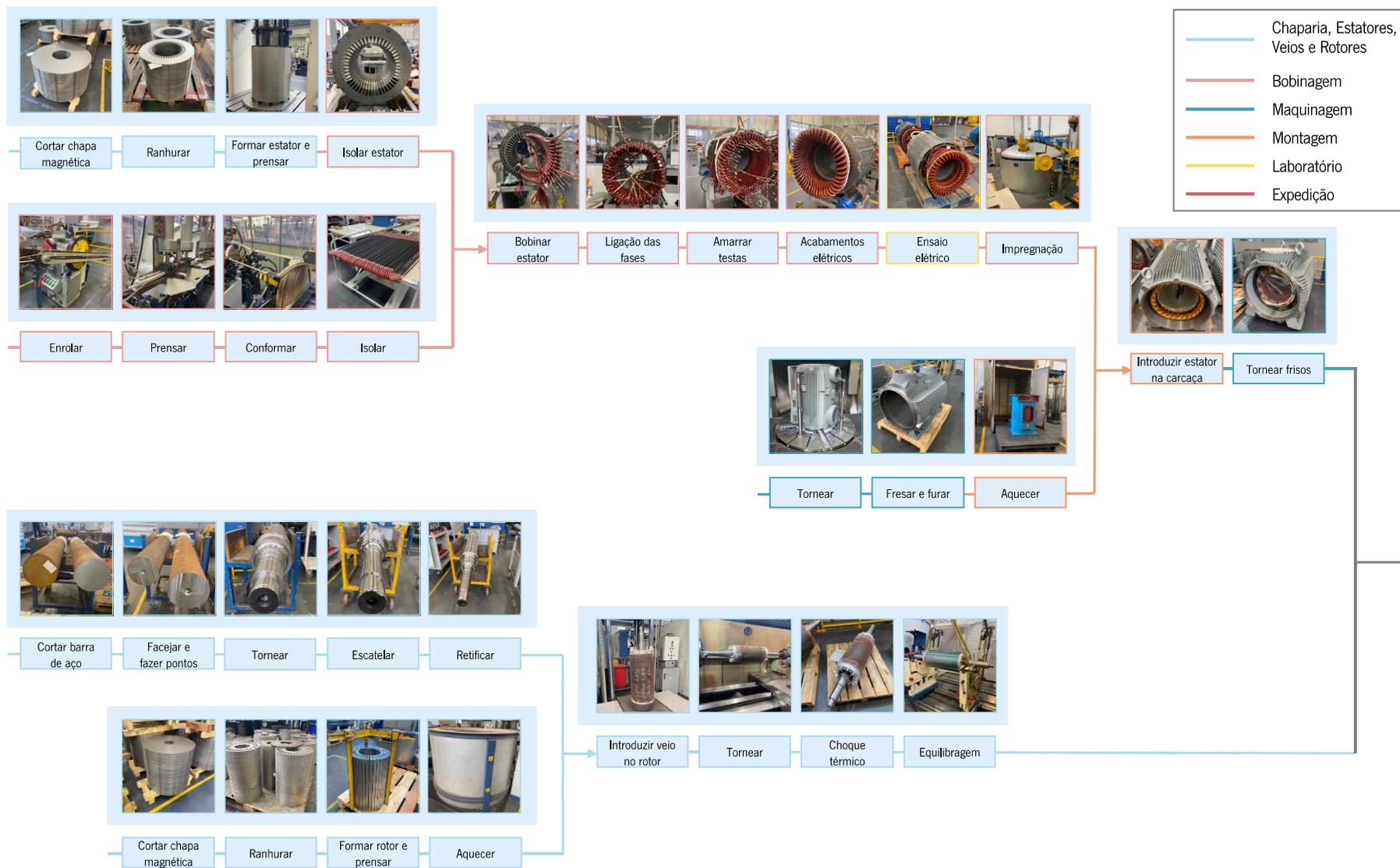


Figura 71 - Esquema simplificado do processo produtivo de um motor elétrico (1/2)

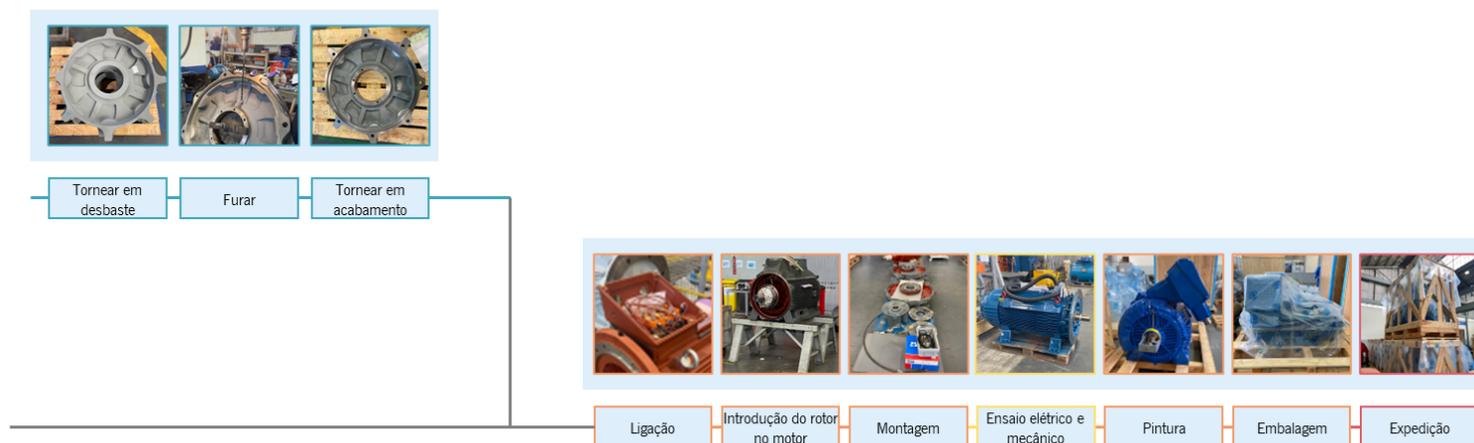


Figura 72 - Esquema simplificado do processo produtivo de um motor elétrico (2/2)

APÊNDICE 2 – ANÁLISE ABC

Tabela 22 - Lista de famílias de materiais maquinados em 2021

Produto	Total (un)	Percentagem relativa	Percentagem acumulada	Categoria
1	14513	58%	58%	A
2	1444	6%	64%	
3	1272	5%	69%	
4	749	3%	72%	
5	552	2%	74%	
6	550	2%	77%	
7	506	2%	79%	
8	497	2%	81%	
9	475	2%	83%	B
10	447	2%	84%	
11	397	2%	86%	
12	377	2%	87%	
13	356	1%	89%	
14	344	1%	90%	
15	313	1%	91%	
16	222	1%	92%	
17	196	1%	93%	
18	186	1%	94%	
19	114	0%	94%	
20	112	0%	95%	
21	84	0%	95%	
22	83	0%	95%	
23	76	0%	96%	
24	76	0%	96%	
25	72	0%	96%	
26	60	0%	97%	
27	58	0%	97%	
28	53	0%	97%	
29	46	0%	97%	
30	46	0%	97%	
31	45	0%	98%	
32	44	0%	98%	
33	37	0%	98%	
34	36	0%	98%	
35	35	0%	98%	
36	31	0%	98%	
37	28	0%	98%	
38	26	0%	99%	
39	24	0%	99%	
40	21	0%	99%	
41	18	0%	99%	
42	17	0%	99%	
43	16	0%	99%	
44	16	0%	99%	
45	15	0%	99%	
46	14	0%	99%	
47	13	0%	99%	
48	13	0%	99%	
49	12	0%	99%	
50	12	0%	99%	
51	12	0%	99%	
52	12	0%	99%	
53	11	0%	99%	
54	11	0%	100%	
55	10	0%	100%	
56	10	0%	100%	
57	10	0%	100%	
58	10	0%	100%	
59	10	0%	100%	
60	9	0%	100%	
61	6	0%	100%	
62	6	0%	100%	
63	6	0%	100%	
64	6	0%	100%	
65	4	0%	100%	
66	4	0%	100%	
67	4	0%	100%	
68	3	0%	100%	
69	2	0%	100%	
70	2	0%	100%	
71	2	0%	100%	
72	2	0%	100%	
73	2	0%	100%	
74	1	0%	100%	
75	1	0%	100%	
76	1	0%	100%	
77	1	0%	100%	
78	1	0%	100%	
79	1	0%	100%	
80	1	0%	100%	
81	1	0%	100%	
82	1	0%	100%	
Total	24912	100%		

APÊNDICE 3 – TAMPAS MAQUINADAS EM 2021

Tabela 23 - Tampas maquinadas em 2021 (1/2)

Produto	Porcentagem relativa de peças
1	5%
2	4%
3	4%
4	4%
5	4%
6	3%
7	3%
8	3%
9	3%
10	3%
11	3%
12	2%
13	2%
14	2%
15	2%
16	2%
17	2%
18	2%
19	2%
20	2%
21	2%
22	1%
23	1%
24	1%
25	1%
26	1%
27	1%
28	1%
29	1%
30	1%
31	1%
32	1%
33	1%
34	1%
35	1%
36	1%
37	1%
38	1%
39	1%
40	1%
41	1%
42	1%
43	1%
44	1%
45	1%
46	1%
47	1%
48	1%
49	1%
50	0%
51	0%
52	0%
53	0%
54	0%
55	0%
56	0%
57	0%
58	0%
59	0%
60	0%
61	0%

Tabela 24 - Tampas maquinadas em 2021 (2/2)

Produto	Percentagem relativa de peças
62	0%
63	0%
64	0%
65	0%
66	0%
67	0%
68	0%
69	0%
70	0%
71	0%
72	0%
73	0%
74	0%
75	0%
76	0%
77	0%
78	0%
79	0%
80	0%
81	0%
82	0%
83	0%
84	0%
85	0%
86	0%
87	0%
88	0%
89	0%
90	0%
91	0%
92	0%
93	0%
94	0%
95	0%
96	0%
97	0%
98	0%
99	0%
100	0%
101	0%
102	0%
103	0%
104	0%
105	0%
106	0%
107	0%
108	0%
109	0%
110	0%
111	0%
112	0%
113	0%
114	0%
115	0%
116	0%
117	0%
118	0%
119	0%
120	0%
121	0%

APÊNDICE 4 – WASTE IDENTIFICATION DIAGRAM

Tempo de *setup*

Através do método de cronometragem, registou-se o tempo necessário para a preparação nos postos de trabalho em estudo, que podem ser consultados na Tabela 25. O tempo considerado engloba um conjunto de atividades necessárias para que a próxima peça possa ser maquinada. No caso do controlo de qualidade e do ensaio de pressão, consultaram-se os dados obtidos pela equipa de tempos e métodos da empresa, que referem que a preparação demora 40 minutos e 15 minutos, respetivamente.

Tabela 25 - Tempos de *setup*

Operação	Centro de Trabalho	Tempo de <i>setup</i> (hh:mm:ss)
Tornear em desbaste	CT1	00:40:06
Furar e roscar na vertical e inclinado	CT2	00:13:58
Realizar ensaio de pressão	CT3	00:40:00
Tornear em acabamento	CT1	00:27:38
Verificar qualidade	CT4	00:15:00

Takt Time

O valor TT foi determinado com base na Equação 1 apresentada em 2.3.1:

$$TT = \frac{184\ 680}{1451} = 127 \text{ minutos/peça}$$

Considerou-se para o cálculo que se laborou, em 2021, 228 dias por ano, isto é, 5 dias úteis durante 52 semanas, aos quais são subtraídos 24 dias de férias e 8 feriados em dias úteis. Neste centro de trabalho laborou-se em 2 turnos de 8 horas (480 minutos).

Durante os turnos existem algumas paragens planeadas, relacionadas com as pausas para refeição (45 minutos) e descanso do pessoal (20 minutos) e com a reunião diária da secção (10 minutos). Assim, é subtraído ao tempo total o tempo destas paragens, obtendo-se um valor de 184 680 minutos disponíveis anualmente para responder à produção de 1 451 peças durante um ano, resultando num TT de 127 minutos por peça. É de relembrar que a procura considerada é referente aos vários tipos de produtos fabricados e não apenas às tampas traseiras 355.

Tempo de Ciclo

Para a determinação do TC dos diferentes postos de trabalho recorreu-se, novamente, à cronometragem. Durante o período de estudo, foram apenas produzidas duas tampas traseiras 355, pelo que o tempo obtido é uma média dos tempos cronometrados para estas duas peças. Os tempos considerados para

as operações que não fazem parte da Maquinagem, isto é, o ensaio de pressão e a verificação da qualidade, foram obtidos através de informações dadas pelas respetivas secções. Os TC podem ser consultados na Tabela 26.

Tabela 26 - Tempos de Ciclo

Tarefa	Centro de Trabalho	Tempo de Ciclo (hh:mm:ss)
Tornear em desbaste	CT1	00:59:00
Furar e roscar na vertical e inclinado	CT2	00:36:00
Realizar ensaio de pressão	CT3	00:10:00
Tornear em acabamento	CT1	00:37:00
Verificar qualidade	CT4	00:15:00

Work in Process

Apesar de o WID ser realizado para um produto específico, considerou-se todo o WIP existente, o que incluiu outros artigos para além das tampas analisadas. Isto deve-se ao facto de que os centros de trabalho estudados produzirem outros tipos de produtos e, por isso, as tampas traseiras 355 dependem da totalidade do WIP, isto é, o seu tempo de atravessamento depende dos restantes produtos.

Para determinar as quantidades de WIP, foram feitas quatro contagens por dia nos centros de trabalho em questão, durante cinco dias. Realizaram-se duas observações de manhã, pelas 8:45h e 10:45h, e duas observações de tarde, às 13:30h e 15:30h. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 27.

Tabela 27 - WIP dos Centros de Trabalho

Dia	Hora	Centro de Trabalho			
		CT1	CT2	CT3	CT4
21/02/2022	08:45:00	22	0	2	35
21/02/2022	10:45:00	17	2	2	32
21/02/2022	13:30:00	20	2	2	30
21/02/2022	15:30:00	15	6	2	29
22/02/2022	08:45:00	14	3	2	36
22/02/2022	10:45:00	13	3	2	34
22/02/2022	13:30:00	13	2	2	36
22/02/2022	15:30:00	13	1	2	33
23/02/2022	08:45:00	24	3	1	33
23/02/2022	10:45:00	23	2	1	30
23/02/2022	13:30:00	23	2	2	31
23/02/2022	15:30:00	25	3	2	28
24/02/2022	08:45:00	36	5	0	29
24/02/2022	10:45:00	36	5	2	27
24/02/2022	13:30:00	33	3	2	24
24/02/2022	15:30:00	30	1	2	27
28/02/2022	08:45:00	26	1	1	22
28/02/2022	10:45:00	26	0	1	21
28/02/2022	13:30:00	24	1	1	20
28/02/2022	15:30:00	24	3	1	12
WIP médio		23	2	2	28

Esforço de transporte

Para o cálculo do esforço de transporte, foi determinada a distância entre os postos de trabalho e a quantidade transportada diariamente entre estes, resultando a unidade de medida em unidades*metros/dia. Os valores obtidos podem ser consultados na Tabela 28.

Tabela 28 - Cálculo do esforço de transporte entre os centros de trabalho

De	Para	Quantidade (un)	Distância (m)	Esforço de Transporte (un*m/dia)
CT1	CT2	3	42,42	127,26
CT2	CT3	1	139,53	139,53
CT3	CT1	2	125,75	251,50
CT1	CT4	1	45,78	45,78

Taxa de ocupação do tempo dos trabalhadores

Por último, foi necessário calcular a percentagem de ocupação do tempo dos colaboradores, com vista a perceber qual a percentagem de tempo despendido em atividades que acrescentam ou não valor. Para tal, foram feitas várias observações aos centros de trabalho, durante cinco dias, registando-se numa tabela as atividades realizadas pelos trabalhadores em determinados momentos do dia. Esta tabela considerou as seguintes atividades: acrescenta valor, *setup*, movimentação, espera, ausente e outro (atividade que não acrescenta valor). Das atividades consideradas, apenas a primeira acrescenta valor ao produto. Na Tabela 29 e Tabela 30 apresenta-se o registo da ocupação dos colaboradores do Hwacheon e na Radial, respetivamente.

Tabela 29 - Ocupação dos operadores do Hwacheon

Registo de observações do Posto de Trabalho: Hwacheon								
Obs. N°	Data	Hora	Acrescenta Valor	Setup	Movimentação	Espera	Outro	Ausente
1	21/02/2022	8:45	1					
2	21/02/2022	10:45	1					
3	21/02/2022	13:30	1					
4	21/02/2022	15:30		1				
5	22/02/2022	8:45		1				
6	22/02/2022	10:45		1				
7	22/02/2022	13:30					1	
8	22/02/2022	15:30					1	
9	23/02/2022	8:45	1					
10	23/02/2022	10:45	1					
11	23/02/2022	13:30				1		
12	23/02/2022	15:30		1				
13	24/02/2022	8:45	1					
14	24/02/2022	10:45		1				
15	24/02/2022	13:30	1					
16	24/02/2022	15:30	1					
17	28/02/2022	8:45		1				
18	28/02/2022	10:45	1					
19	28/02/2022	13:30	1					
20	28/02/2022	15:30					1	

Tabela 30 - Ocupação dos operadores da Radial

Registro de observações do Posto de Trabalho: Radial								
Obs. N°	Data	Hora	Acrescenta Valor	Setup	Movimentação	Espera	Outro	Ausente
1	21/02/2022	8:45						1
2	21/02/2022	10:45						1
3	21/02/2022	13:30	1					
4	21/02/2022	15:30					1	
5	22/02/2022	8:45	1					
6	22/02/2022	10:45		1				
7	22/02/2022	13:30	1					
8	22/02/2022	15:30						1
9	23/02/2022	8:45	1					
10	23/02/2022	10:45					1	
11	23/02/2022	13:30		1				
12	23/02/2022	15:30	1					
13	24/02/2022	8:45				1		
14	24/02/2022	10:45				1		
15	24/02/2022	13:30	1					
16	24/02/2022	15:30	1					
17	28/02/2022	8:45	1					
18	28/02/2022	10:45			1			
19	28/02/2022	13:30						1
20	28/02/2022	15:30	1					

Com os resultados obtidos, construiu-se uma tabela com o resumo das observações dos centros de trabalho considerados (Tabela 31).

Tabela 31 - Registro das observações da ocupação do tempo dos colaboradores

	Acrescenta Valor	Setup	Movimentação	Espera	Outro	Ausente
CT1	10	6	0	1	3	0
CT2	9	2	1	2	2	4
Total	19	8	1	3	5	4

A Tabela 32 apresenta a taxa da ocupação do tempo dos colaboradores em percentagem.

Tabela 32 - Percentagem de ocupação do tempo dos colaboradores

	Acrescenta Valor	Setup	Movimentação	Espera	Outro	Ausente
CT1	50%	30%	0%	5%	15%	0%
CT2	45%	10%	5%	10%	10%	20%

APÊNDICE 5 – AUDITORIA 5S INICIAL

Área avaliada*		Hwacheon - 1502		Notas / Critérios	1	Mais que 3 não conformidades encontradas no item OU Item não atendido.	
Auditor / Auditado		Ana Santos			3	Entre 1 e 3 não conformidades encontradas no item OU Item parcialmente atendido.	
Data		18/04/2022			5	Nenhuma não conformidade encontrada no item OU Item totalmente atendido.	
SENSOS	ITEM	SEPARAR O ÚTIL DO INÚTIL!				NOTA	
Seiri (Separar)	1.1	são apenas os necessários?				3	67%
	1.2	Os recursos (equipamentos, ferramentas, materiais, documentação, energia elétrica, espaços físicos) estão em condições de uso?				5	
	1.3	estão a ser utilizados de forma correta?				5	
	1.4	As informações utilizadas (desenhos, Normas, APTs, indicadores) estão atualizadas?				3	
	1.5	Os resíduos gerais são depositados no recipiente correto?				3	
	1.6	Os recursos que sobram são avaliados, transferidos e controlados?				1	
	ITEM	UM LUGAR PARA CADA COISA, CADA COISA NO SEU LUGAR!				NOTA	
Seiton (Organizar)	2.1	Os corredores estão sinalizados corretamente? Estão desimpedidos?				5	53%
	2.2	têm um local definido?				1	
	2.3	Os recursos (equipamentos, materiais, objetos, ferramentas, instrumentos e documentação) utilizados diariamente (uso frequente) estão mais próximos do operador?				3	
	2.4	estão devidamente organizados em armários, mesas, gavetas e prateleiras?				1	
	2.5	estão devidamente identificados nesses locais?				1	
	2.6	Os espaços físicos ou locais definidos para a organização dos equipamentos e materiais são adequados?				5	
	ITEM	MANTER LIMPO E PRESERVAR OS RECURSOS!				NOTA	
Seiso (Limpar)	3.1	O piso do local de trabalho, paredes, janelas, tetos, telhas, estruturas de talhas estão devidamente limpos e conservados?				5	73%
	3.2	Equipamentos, ferramentas, armários, bancadas, mesas, computadores, prateleiras				5	
	3.3	Encontra-se disponível todo o material de limpeza necessário? Estão em condições de uso?				1	
	3.4	Existem fontes de contaminação no processo (ex: vazamentos, resíduos gerais)? Existem ações para eliminar ou reduzir essas fontes?				3	
	3.5	Existe Plano de Atividades Autônomas ou algum procedimento com atividades de limpeza e inspeção? Está a ser cumprido?				5	
	3.6	Existem Cronogramas de Limpeza da Seção, do departamento ou da área? Estão a ser cumpridos?				3	
	ITEM	PADRONIZAR AS BOAS PRÁTICAS E MANTER OS PADRÕES ESTABELECIDOS!				NOTA	
Seiketsu (Padronizar)	4.1	Os padrões 5S para o chão de fábrica (Ex: demarcação e identificação de objetos) estão de acordo com os padrões estabelecidos nas normas da WEG?				1	67%
	4.2	Os padrões da Segurança do Trabalho (Ex: Identificação dos extintores e placas)				5	
	4.3	Os padrões das Etiquetas e as Cores (utilizadas na identificação dos resíduos)				5	
	4.4	Existe um Plano de Auditorias? Está a ser utilizado?				3	
	4.5	As etiquetas 5S seguem os padrões estabelecidos?				5	
	4.6	Os padrões 5S da própria área, entre outros padrões e regras, criados para manutenção das boas práticas, estão a ser cumpridos?				1	
	ITEM	PRATICAR OS SENSOS ATÉ SE TORNAR HÁBITO!				NOTA	
Shitsuke (Disciplinar)	5.1	Foram tomadas as devidas ações corretivas referentes às NCs (Não Conformidades) registradas na auditoria anterior?				3	60%
	5.2	Houve uma evolução ou correção dos itens anotados, desde a última auditoria?				3	
	5.3	Os prazos estabelecidos para resolverem as NCs estão a ser cumpridos?				3	
	5.4	Os colaboradores utilizam os EPIs previstos para a sua atividade?				5	
	5.5	Existe comprometimento com os 5S?				1	
	5.6	Os resultados das auditorias estão a ser comunicados devidamente?				3	
(*) A Área avaliada poderá ser uma Seção, ou, um setor/local específico da área.		Pontuação	0%	59.99%	5S não implementado		
(**) CT - Centro de Trabalho / Seções / Departamento			60%	79.99%	5S parcialmente implementado		
			80%	100%	5S implementado		

CONSIDERAÇÕES GERAIS:

- 1) Emitir "nota 3" para o requisito não entendido ou duvidoso.
- 2) Emitir "nota 5" para o requisito não aplicável.
- 3) Cada NC repetida (reincidente) entre um ciclo e outro da auditoria, considere como duas (2) CNs emitidas.

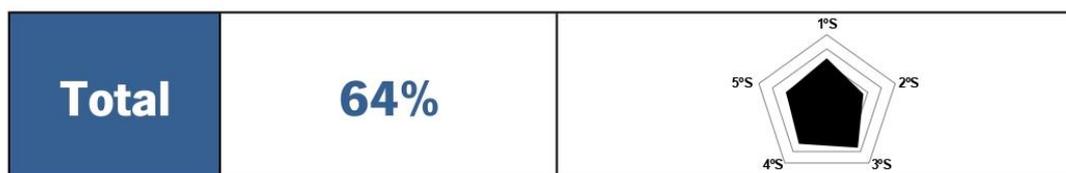


Figura 73 - Formulário de auditoria 5S inicial

APÊNDICE 6 – ESTÁGIO PRELIMINAR DO SMED

Empresa		WEG		Folha SMED - Estágio Preliminar				
Departamento		Processos Industriais e Melhoria Contínua		Resumo				
Secção		Maquinagem		Tempo de <i>setup</i> (hh:mm:ss)	Atual	Proposta	Ganho	
Posto de Trabalho		Hwacheon		Distância em <i>setup</i> (m)	Atual	Proposta	Ganho	
Atividade		Setup para tornear em desbaste tampas W22X rolamento		Número de atividades de <i>setup</i>				
Data		21/04/2022		Operação	31			
Responsável		Ana Santos		Transporte	14			
				Controlo	0			
				Espera	0			
				Armazenagem	0			
Número	Atividade	Tempo da atividade (hh:mm:ss)	Distância (m)	Tipo de Atividade				
				○	➡	□	D	△
1	Recolher a ponte e levar até ao suporte das correntes	00:00:52	27.20					
2	Colocar corrente na ponte	00:00:16						
3	Levar ponte até à máquina	00:00:26	3.10					
4	Recolher e colocar olhais na tampa e fixar à ponte	00:01:44	6.80					
5	Transporte da tampa até à mesa de apoio	00:01:17	6.30					
6	Ir buscar tubo do aspirador	00:00:13	4.30					
7	Aspirar limalha e óleo da tampa 1	00:02:55						
8	Arrumar tubo do aspirador	00:00:14	4.10					
9	Escarear furações	00:01:01						
10	Colocar tampa na palete	00:00:50	2.50					
11	Retirar ganchos dos olhais da tampa 1	00:00:08						
12	Retirar e arrumar olhais da tampa 1	00:01:32	15.00					
13	Levar ponte até perto da nova tampa	00:00:28	7.50					
14	Recolher nova OP e levar até à mesa de trabalho	00:00:09	6.00					
15	Inserir no <i>software</i> o número da OP	00:00:40						
16	Procurar programa do material no PC e enviar para a máquina	00:04:27	7.40					
17	Arrumar ferramentas de medição	00:01:31	1.50					
18	Afixar OP na porta da máquina	00:00:07	4.00					
19	Ir buscar chave umbrako e levar até à máquina	00:00:32	17.20					
20	Retirar, arrumar e limpar calços redondos	00:00:31						
21	Recolher martelo de nylon	00:00:05	1.20					
22	Limpar bucha e retirar grampos	00:03:21						
23	Colocar novos grampos	00:05:00						
24	Deslocar até à tampa nova e medir diâmetro	00:00:28	6.20					
25	Ajustar abertura dos grampos consoante o diâmetro medido	00:01:54	6.20					
26	Trocar corrente da ponte	00:00:42	6.10					
27	Prender ganchos da ponte à tampa	00:01:09						
28	Levar tampa até à máquina	00:01:31	6.40					
29	Retirar ganchos da tampa, retirar corrente da ponte e arrumar	00:00:50	2.00					
30	Arrumar ponte	00:00:17	3.80					
31	Limpar máquina com ar comprimido	00:00:18						
32	Fazer marcação do furo na tampa	00:00:53						
33	Fechar porta da máquina	00:00:04						
34	Chamar a ferramenta de corte	00:00:45						
35	Abrir porta da máquina	00:00:04						
36	Centrar tampa	00:01:08						
37	Fazer o zeramento da tampa	00:00:22						
38	Fechar porta da máquina	00:00:04						
39	Chamar a ferramenta de furar (broca)	00:00:42						
40	Abrir porta da máquina	00:00:04						
41	Trocar broca	00:01:27						
42	Fechar porta da máquina	00:00:04						
43	Aferir broca	00:02:09						
44	Fazer zero da furação	00:00:59						
45	Fechar porta da máquina	00:00:04						

Figura 74 - Folha do estágio preliminar do SMED

APÊNDICE 7 – ESTÁGIO 1 DO SMED

 Folha SMED - Estágio 1						
Empresa	WEGeuro		Resumo			
Departamento	Processos Industriais e Melhoria Contínua		Tempo de <i>setup</i> interno (hh:mm:ss)	Atual	Proposto	Ganho
Secção	Maquinagem		Distância em <i>setup</i> interno (m)	Atual	Proposto	Ganho
Posto de Trabalho	Hwacheon		Número de atividades de <i>setup</i> interno			
Atividade	Setup para tornear em desbaste tampas W22X rolamento	Operação		31		
		Transporte		14		
		Controlo		0		
		Espera		0		
Responsável	Ana Santos		Armazenagem		0	
Número	Atividade	Tempo da atividade (hh:mm:ss)	Distância (m)	Classificação		
1	Recolher a ponte e levar até ao suporte das correntes	00:00:52	27.20	Interno		
2	Colocar corrente na ponte	00:00:16		Interno		
3	Levar ponte até à máquina	00:00:26	3.10	Interno		
4	Recolher e colocar olhais na tampa e fixar à ponte	00:01:44	6.80	Interno		
5	Transporte da tampa até à mesa de apoio	00:01:17	6.30	Interno		
6	Ir buscar tubo do aspirador	00:00:13	4.30	Interno		
7	Aspirar limalha e óleo da tampa 1	00:02:55		Interno		
8	Arrumar tubo do aspirador	00:00:14	4.10	Interno		
9	Escarear furações	00:01:01		Interno		
10	Colocar tampa na palete	00:00:50	2.50	Interno		
11	Retirar ganchos dos olhais da tampa 1	00:00:08		Interno		
12	Retirar e arrumar olhais da tampa 1	00:01:32	15.00	Interno		
13	Levar ponte até perto da nova tampa	00:00:28	7.50	Interno		
14	Recolher nova OP e levar até à mesa de trabalho	00:00:09	6.00	Interno		
15	Inserir no software o número da OP	00:00:40		Interno		
16	Procurar programa do material no PC e enviar para a máquina	00:04:27	7.40	Interno		
17	Arrumar ferramentas de medição	00:01:31	1.50	Interno		
18	Afixar OP na porta da máquina	00:00:07	4.00	Interno		
19	Ir buscar chave umbrako e levar até à máquina	00:00:32	17.20	Interno		
20	Retirar, arrumar e limpar calços redondos	00:00:31		Interno		
21	Recolher martelo de nylon	00:00:05	1.20	Interno		
22	Limpar bucha e retirar grampos	00:03:21		Interno		
23	Colocar novos grampos	00:05:00		Interno		
24	Deslocar até à tampa nova e medir diâmetro	00:00:28	6.20	Interno		
25	Ajustar abertura dos grampos consoante o diâmetro medido	00:01:54	6.20	Interno		
26	Trocar corrente da ponte	00:00:42	6.10	Interno		
27	Prender ganchos da ponte à tampa	00:01:09		Interno		
28	Levar tampa até à máquina	00:01:31	6.40	Interno		
29	Retirar ganchos da tampa, retirar corrente da ponte e arrumar	00:00:50	2.00	Interno		
30	Arrumar ponte	00:00:17	3.80	Interno		
31	Limpar máquina com ar comprimido	00:00:18		Interno		
32	Fazer marcação do furo na tampa	00:00:53		Interno		
33	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interno		
34	Chamar a ferramenta de corte	00:00:45		Interno		
35	Abrir porta da máquina	00:00:04		Interno		
36	Centrar tampa	00:01:08		Interno		
37	Fazer o zeramento da tampa	00:00:22		Interno		
38	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interno		
39	Chamar a ferramenta de furar (broca)	00:00:42		Interno		
40	Abrir porta da máquina	00:00:04		Interno		
41	Trocar broca	00:01:27		Interno		
42	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interno		
43	Aferir broca	00:02:09		Interno		
44	Fazer zero da furação	00:00:59		Interno		
45	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interno		

Figura 75 - Folha do estágio 1 do SMED

APÊNDICE 8 – ESTÁGIO 2 DO SMED

Empresa		WEGeuro		Resumo			
Departamento		Processos Industriais e Melhoria Contínua		Tempo de <i>setup</i> interno (hh:mm:ss)	Atual	Proposto	Ganho
Secção		Maquinagem		Distância em <i>setup</i> interno (m)	Atual	Proposto	Ganho
Posto de Trabalho		Hwacheon		Número de atividades de <i>setup</i> interno			
Atividade		Setup para tornear em desbaste tampas W22X rolamento		Operação	31	22	9
Data		02/05/2022		Transporte	14	5	9
Responsável		Ana Santos		Controlo	0	0	0
				Espera	0	0	0
				Armazenagem	0	0	0
Número	Atividade	Tempo da atividade (hh:mm:ss)	Distância (m)	Classificação			
1	Recolher a ponte e levar até ao suporte das correntes	00:00:52	27.20	Externa			
2	Colocar corrente na ponte	00:00:16		Externa			
3	Levar ponte até à máquina	00:00:26	3.10	Externa			
4	Recolher e colocar olhais na tampa e fixar à ponte	00:01:44	6.80	Interna			
5	Transporte da tampa até à mesa de apoio	00:01:17	6.30	Interna			
6	Ir buscar tubo do aspirador	00:00:13	4.30	Externa			
7	Aspirar limalha e óleo da tampa 1	00:02:55		Externa			
8	Arrumar tubo do aspirador	00:00:14	4.10	Externa			
9	Escarear furações	00:01:01		Externa			
10	Colocar tampa na palete	00:00:50	2.50	Externa			
11	Retirar ganchos dos olhais da tampa 1	00:00:08		Externa			
12	Retirar e arrumar olhais da tampa 1	00:01:32	15.00	Externa			
13	Levar ponte até perto da nova tampa	00:00:28	7.50	Interna			
14	Recolher nova OP e levar até à mesa de trabalho	00:00:09	6.00	Externa			
15	Inserir no software o número da OP	00:00:40		Externa			
16	Procurar programa do material no PC e enviar para a máquina	00:04:27	7.40	Interna			
17	Arrumar ferramentas de medição	00:01:31	1.50	Externa			
18	Afixar OP na porta da máquina	00:00:07	4.00	Externa			
19	Ir buscar chave umbrako e levar até à máquina	00:00:32	17.20	Externa			
20	Retirar, arrumar e limpar calços redondos	00:00:31		Interna			
21	Recolher martelo de nylon	00:00:05	1.20	Externa			
22	Limpar bucha e retirar grampos	00:03:21		Interna			
23	Colocar novos grampos	00:05:00		Interna			
24	Deslocar até à tampa nova e medir diâmetro	00:00:28	6.20	Externa			
25	Ajustar abertura dos grampos consoante o diâmetro medido	00:01:54	6.20	Interna			
26	Trocar corrente da ponte	00:00:42	6.10	Interna			
27	Prender ganchos da ponte à tampa	00:01:09		Interna			
28	Levar tampa até à máquina	00:01:31	6.40	Interna			
29	Retirar ganchos da tampa, retirar corrente da ponte e arrumar	00:00:50	2.00	Interna			
30	Arrumar ponte	00:00:17	3.80	Externa			
31	Limpar máquina com ar comprimido	00:00:18		Interna			
32	Fazer marcação do furo na tampa	00:00:53		Externa			
33	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interna			
34	Chamar a ferramenta de corte	00:00:45		Interna			
35	Abrir porta da máquina	00:00:04		Interna			
36	Centrar tampa	00:01:08		Interna			
37	Fazer o zeramento da tampa	00:00:22		Interna			
38	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interna			
39	Chamar a ferramenta de furar (broca)	00:00:42		Interna			
40	Abrir porta da máquina	00:00:04		Interna			
41	Trocar broca	00:01:27		Interna			
42	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interna			
43	Aferir broca	00:02:09		Interna			
44	Fazer zero da furação	00:00:59		Interna			
45	Fechar porta da máquina	00:00:04		Interna			

Figura 76 - Folha do estágio 2 do SMED

APÊNDICE 9 – COMPARAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS

		Chave de impacto pneumática (VITO Chave Impacto Pneumática 1/2")			Roquete pneumático (Atlas Copco Pneumatic Ratchet Screwdriver W2621)			Roquete elétrico sem fio (Milwaukee Cordless Ratchet Screwdriver M12FIR12-0)			Chave de impacto elétrica sem fio (Bosch Cordless Impact Driver GDS 18V-Li HT)		
													
Características/Dados Técnicos	Peso (%)	Valor Absoluto	Valor Normalizado	Valor do Benefício	Valor Absoluto	Valor Normalizado	Valor do Benefício	Valor Absoluto	Valor Normalizado	Valor do Benefício	Valor Absoluto	Valor Normalizado	Valor do Benefício
Custo (€)	35.0%	40	5	1.75	185	3	1.05	225	3	1.05	557	1	0.35
Peso (Kg)	25.0%	2.3	3	0.75	1.1	5	1.25	1.5	4	1	3	2	0.5
Velocidade máxima (rpm)	15.0%	7000	5	0.75	170	2	0.3	175	2	0.3	1900	3	0.45
Torque máximo (Nm)	15.0%	310	3	0.45	68	2	0.3	81	2	0.3	650	5	0.75
Garantia (anos)	10.0%	2	4	0.4	1	3	0.3	3	5	0.5	2	4	0.4
		4.1			3.2			3.15			2.45		

Escala	
Valor	Descrição
5	Muito bom
4	Bom
3	Razoável
2	Mau
1	Muito mau

Figura 77 - Comparação entre máquinas de apertar grampos

APÊNDICE 10 – ESTÁGIO 3 DO SMED

 Folha SMED - Estágio 3						
Empresa	WEGeuro		Resumo			
Departamento	Processos Industriais e Melhoria Contínua		Tempo de <i>setup</i> interno (hh:mm:ss)	Estágio 1 00:44:17	Estágio 2 00:31:08	Estágio 3 00:29:01
Secção	Maquinagem		Distância em <i>setup</i> interno (m)	Estágio 1 143.60	Estágio 2 52.70	Estágio 3 45.50
Posto de Trabalho	Hwacheon		Número de atividades de <i>setup</i> interno			
Atividade	Setup para tornear em desbaste tampas W22X rolamento	30/06/2022	Operação 	31	22	22
			Transporte 	14	5	4
			Controlo 	0	0	0
			Espera 	0	0	0
Responsável	Ana Santos		Armazenagem 	0	0	0
Número	Atividade	Estágio preliminar	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	
		Tempo da atividade	Classificação	Classificação	Tempo racionalizado	
1	Ir buscar chave umbrako e levar até à máquina	00:00:32	Interna	Externa		
2	Recolher a ponte e levar até ao suporte das correntes	00:00:52	Interna	Externa	00:00:34	
3	Colocar corrente na ponte	00:00:16	Interna	Externa	00:00:16	
4	Levar ponte até à máquina	00:00:26	Interna	Externa	00:00:26	
5	Deslocar até à tampa nova e medir diâmetro	00:00:28	Interna	Externa	00:00:28	
6	Fazer marcação do furo na tampa	00:00:53	Interna	Externa	00:00:53	
7	Recolher nova OP e levar até à mesa de trabalho	00:00:09	Interna	Externa	00:00:09	
8	Inserir no <i>software</i> o número da OP	00:00:40	Interna	Externa	00:00:40	
9	Afixar OP na porta da máquina	00:00:07	Interna	Externa	00:00:07	
10	Recolher martelo de nylon	00:00:05	Interna	Externa		
11	Recolher ferramentas necessárias			Externa	00:00:07	
12	Procurar programa do material no PC e enviar para a máquina	00:04:27	Interna	Interna	00:04:27	
13	Recolher e colocar olhais na tampa e fixar à ponte	00:01:44	Interna	Interna	00:01:44	
14	Transporte da tampa até à mesa de apoio	00:01:17	Interna	Interna	00:00:45	
15	Retirar, arrumar e limpar calços redondos	00:00:31	Interna	Interna	00:00:31	
16	Limpar bucha e retirar grampos	00:03:21	Interna	Interna	00:02:26	
17	Colocar novos grampos	00:05:00	Interna	Interna	00:04:20	
18	Ajustar abertura dos grampos consoante o diâmetro medido	00:01:54	Interna	Interna	00:01:54	
19	Trocar corrente da ponte	00:00:42	Interna	Interna	00:00:42	
20	Levar ponte até perto da nova tampa	00:00:28	Interna	Interna	00:00:28	
21	Prender ganchos da ponte à tampa	00:01:09	Interna	Interna	00:01:09	
22	Levar tampa até à máquina	00:01:31	Interna	Interna	00:01:31	
23	Retirar ganchos da tampa, retirar corrente da ponte e arrumar	00:00:50	Interna	Interna	00:00:50	
24	Limpar máquina com ar comprimido	00:00:18	Interna	Interna	00:00:18	
25	Fechar porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
26	Chamar a ferramenta de corte	00:00:45	Interna	Interna	00:00:45	
27	Abrir porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
28	Centrar tampa	00:01:08	Interna	Interna	00:01:08	
29	Fazer o zeramento da tampa	00:00:22	Interna	Interna	00:00:22	
30	Fechar porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
31	Chamar a ferramenta de furar (broca)	00:00:42	Interna	Interna	00:00:42	
32	Abrir porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
33	Trocar broca	00:01:27	Interna	Interna	00:01:27	
34	Fechar porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
35	Aferir broca	00:02:09	Interna	Interna	00:02:09	
36	Fazer zero da furação	00:00:59	Interna	Interna	00:00:59	
37	Fechar porta da máquina	00:00:04	Interna	Interna	00:00:04	
38	Arrumar ferramentas de medição	00:01:31	Interna	Externa	00:01:31	
39	Ir buscar tubo do aspirador	00:00:13	Interna	Externa	00:00:13	
40	Aspirar limalha e óleo da tampa 1	00:02:55	Interna	Externa	00:02:55	
41	Arrumar tubo do aspirador	00:00:14	Interna	Externa	00:00:14	
42	Escarear furações	00:01:01	Interna	Externa	00:01:01	
43	Retirar e arrumar corrente da ponte e colocar nova corrente			Externa	00:00:38	
44	Colocar tampa na palete	00:00:50	Interna	Externa	00:00:53	
45	Retirar ganchos dos olhais da tampa 1	00:00:08	Interna	Externa	00:00:08	
46	Retirar e arrumar olhais da tampa 1	00:01:32	Interna	Externa	00:01:32	
47	Arrumar ponte	00:00:17	Interna	Externa	00:00:17	

Figura 78 - Folha do estágio 3 do SMED

APÊNDICE 11 – ONE POINT LESSON

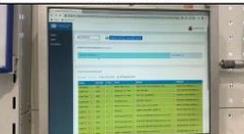
 One Point Lesson				
Secção	Maquinagem	Tema	Setup de tampas no torno vertical	
Posto de Trabalho	Hwacheon	Objetivo	Procedimento de preparação da máquina	
Antes de remover material maquinado (máquina ligada)				
Equipamentos e materiais a recolher			Atividades a realizar	
Olhais	Chave <i>umbrako</i>	Chave de impacto	Chave de aperto da bucha	1. Trazer ponte rolante para perto do suporte das correntes e cintas 2. Colocar corrente com ganchos na ponte rolante
				
Aparafusadora elétrica	Martelo de <i>Nylon</i>		3. Levantar ponte até à máquina 4. Fazer marcação do furo e medir diâmetro da nova tampa	
				
Relógio comparador	Grampos		5. Recolher OP e inserir no <i>SGPro</i> o seu número 6. Afixar OP na porta da máquina	
				
Depois de maquinar o material (máquina desligada)				
Atividades a realizar				
7. Transferir programa CNC para a máquina 8. Apertar os olhais na tampa e prender à ponte rolante 9. Transportar tampa até à mesa de apoio 10. Retirar corrente dos olhais				
11. Remover grampos montados e limpar bucha 12. Montar novos grampos 13. Ajustar abertura dos grampos consoante o diâmetro medido 14. Trocar corrente da ponte rolante e posicionar na nova tampa				
15. Transportar tampa até à máquina e posicionar na bucha 16. Arrumar corrente da ponte 17. Centrar tampa e tirar zeramento				
Depois de iniciar maquinagem do novo material (máquina ligada)				
Atividades a realizar				
18. Arrumar materiais e equipamentos usados 19. Aspirar óleo lubrificante e limalhas da tampa 20. Escarear furos 21. Colocar tampa na paleta de saída e arrumar ponte				

Figura 79 - One Point Lesson do setup de tampas no Hwacheon

APÊNDICE 12 – POSIÇÕES NA BUCHA DO HWACHEON

Código: ITPI.000.00 Revisão: 00

Doc. SAP: 10009850001

Data: 20-06-2022

Departamento de Engenharia Industrial



Instrução Interna de Trabalho – Processos Industriais

Assunto: **Posições dos grampos padrão na bucha do Hwacheon**

Código: **ITPI.006.15** Revisão: **00**

Doc. SAP: 10009850001

Elaborado por: Ana Santos

Data: 20-06-2022

Verificado por: Ricardo Gonçalves

Data: 05-07-2022

Aprovado por: Pedro Sousa

Data: 06-07-2022

Esta instrução de trabalho tem o objetivo de indicar as distâncias entre as várias posições para ajuste dos grampos padrão na bucha do torno vertical Hwacheon.

As tabelas 1, 2 e 3 devem ser consultadas aquando da preparação da máquina para um material diferente do anterior. As posições consideradas são explicadas nas figuras 1 e 2.

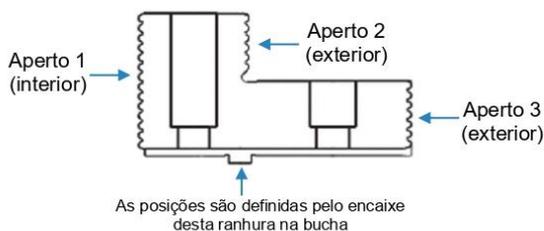


Figura 1 - Grampo padrão

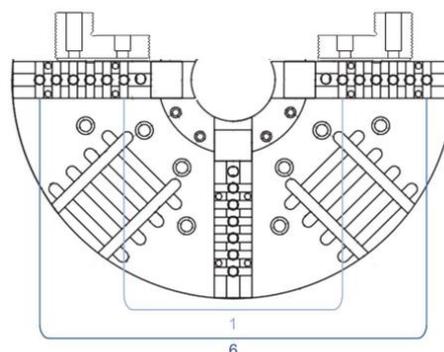


Figura 2 - Posições da bucha

Tabela 1 - Distâncias entre as posições de Ø1

Posição 1	Ajuste Manual	
	Ø Max (mm)	Ø Min (mm)
2	771	687
3	847	763
4	923	838
5	999	915

Tabela 2 - Distâncias entre as posições de Ø2

Posição 2	Ajuste Manual	
	Ø Max (mm)	Ø Min (mm)
2	591	507
3	667	583
4	743	659
5	819	735

Tabela 3 - Distâncias entre as posições de Ø3

Posição 3	Ajuste Manual	
	Ø Max (mm)	Ø Min (mm)
2	325	241
3	401	317
4	477	393
5	553	469

Elaborado por: Ana Santos Verificado por: Ricardo Gonçalves Aprovado por: Pedro Sousa

Pág. 1 / 1

WEG Shop Floor Management



Registo de eventos no WFSM

Este documento foi elaborado com o intuito de esclarecer os eventos que podem ser selecionados pelo operador no SFM e quando é que estes devem ser registados.

Eventos selecionados pelo operador		
Tipo de evento	Evento	Descrição do evento
Paradas não planeadas	Acabamento peças	Limpeza do material e escareamento dos furos
	Água/banheiro	Pausa para ir à casa de banho e/ou para beber água
	Aguardando chefe/preparador/engenharia	Necessidade de consultar um superior
	Aguardando controlo de qualidade	Necessidade de consultar um colaborador da qualidade
	Aguardando operações anteriores	Espera por material que está noutra centro de trabalho
	Aguardando ponte rolante	Ponte rolante está a ser utilizada por outro centro de trabalho
	Ambulatório	Ida à enfermaria
	Auxílio a outra máquina	Ajuda noutra centro de trabalho
	Carga e descarga de materiais	Transporte do material para a máquina ou da máquina
	Check list/roina	Preenchimento de <i>checklists</i>
	Criação/ajuste programa CNC	Ensaio/edição do programa CNC
	Diálogo Diário de Segurança (DDS)	Reunião diária realizada com o chefe da secção
	Falta de ferramenta(s)	Ferramentas necessárias não estão no centro de trabalho
	Falta de programa CNC	Não existe programa CNC para o material
	Falta ferramenta por quebra	Ferramenta não pode ser usada devido a quebra
	Falta instrumentos de medição	Instrumentos de medição não estão no centro de trabalho
	Falta ou erro na documentação	Documentação preenchida incorretamente ou em falta
	Inspeccionar/medir amostra	Verificação das dimensões do material
	Limpeza do posto de trabalho	Limpeza da máquina do centro de trabalho
	Preenchimento de documentos	Preenchimentos dos documentos necessários
	Preparação	Ajuste da máquina para o próximo material
	Quebra/troca de ferramenta(s)	Troca da broca, macho ou outra ferramenta da máquina
	Recuperação e retrabalho	Material não conforme que volta à máquina (sem OP)
	Regulagem/Ajuste durante processo	Realização de regulagens/ajustes durante a maquinagem
Reunião/Treinamento	Ações de formação ou outras reuniões ocasionais	
Tirar zeramento	Realização do zeramento da peça e/ou da furação	
Troca de ferramentas (Fim vida útil)	Troca de pastilhas	
Troca de turno/limpeza	Limpeza do centro de trabalho no final do turno	
Paradas planeadas	Lanche	Pausas diárias (10 minutos cada)
	Refeição	Pausa para refeição (45 minutos)

Todos os eventos das paradas não planeadas impactam negativamente o **Índice de Disponibilidade (ID)** e, conseqüentemente, o OEE. Em contrapartida, os seguintes eventos aumentam este índice:

- Intervenção manual
- Operando
- Produção sem ordem

O **Índice de Eficiência (IE)** é calculado por:

$$IE = \frac{\text{Tempo do roteiro de definido para a OP} \times N^{\circ} \text{ de peças conformes}}{\text{Tempo real de produção da OP}}$$

Assim, quando superior ao tempo de roteiro, quanto maior o tempo real de produção, menor o IE e, conseqüentemente, o OEE.

É de lembrar que o evento **“Parada não justificada”** é registado automaticamente pela máquina quando nenhum evento é selecionado. No entanto, o operador deve editar todas as paradas não justificadas.

Figura 81 - Instrução de trabalho do registo de eventos no WFSM (1/2)

Exemplo de registo de eventos no WSFM

De forma a clarificar que eventos devem ser registados quando é produzida uma OP, elaborou-se o seguinte exemplo:

Exemplo de eventos a registar durante a execução de uma OP		
Nº	Operação	Evento a registar
1	Limpar material	Acabamento peças
2	Escarear furos	
3	Esperar que a ponte rolante esteja disponível	Aguardando ponte rolante
4	Retirar material da máquina	Carga e descarga de materiais
5	Transferir programa CNC para a máquina	
6	Limpar a bucha	Preparação
7	Ajustar/Trocar grampos	
8	Transportar material para a máquina	Carga e descarga de materiais
9	Trocar broca(s) e/ou macho(s)	Quebra/troca de ferramenta(s)
10	Aferir ferramentas	
11	Nivelar material na máquina	Tirar zeramento
12	Fazer zeramento	
Operando		
13	Limpeza as limalhas da máquina	Limpeza do posto de trabalho
14	Trocar pastilha	Troca de ferramentas (Fim vida útil)
15	Recolher instrumento de medição de outro centro de trabalho	Falta instrumentos de medição
16	Confirmar dimensões do material	Inspecionar/medir amostra
17	Ajustar programa	Criação/ajuste programa CNC
18	Pedir ajuda à área de Controlo da Qualidade	Aguardando controlo de qualidade
19	Preencher folha de auto-controlo	Preenchimento de documentos

APÊNDICE 14 – RELATÓRIO DOS RESULTADOS MENSAIS DO OEE

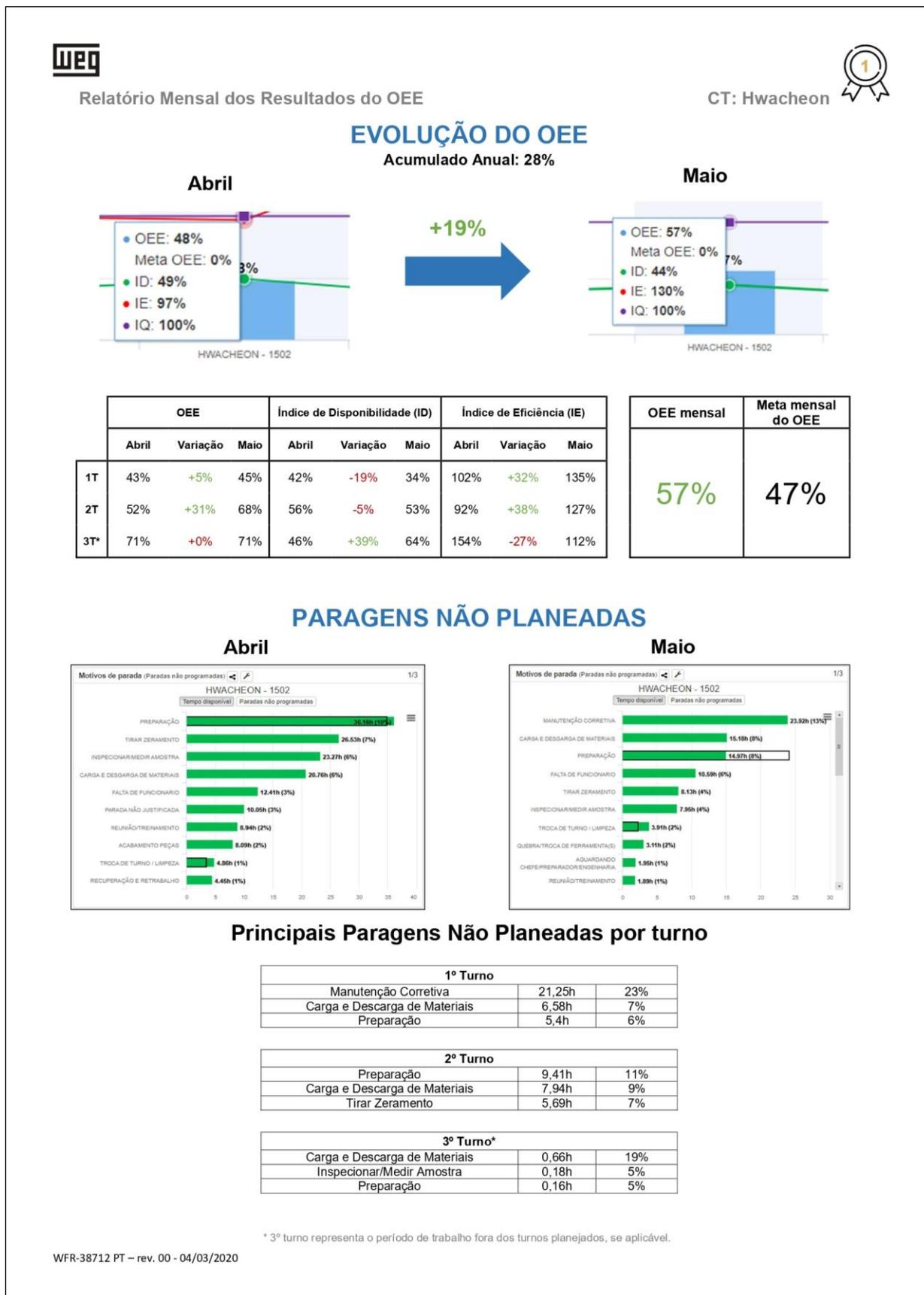


Figura 83 - Relatório dos resultados mensais do OEE

APÊNDICE 15 – LISTA DE FERRAMENTAS NO CENTRO DE TRABALHO HWACHEON

Ferramentas do centro de trabalho Hwacheon						
Nº	Designação	Frequência de utilização			Estado	Decisão
		Nunca ou poucas vezes	Algumas vezes	Frequentemente		
Painel de ferramentas	1	Brocas e machos (7 uni)		X	Bom	A
	2	Chave Umbrako 19mm		X	Bom	A
	3	Comparador		X	Bom	A
	4	Folha de identificação dos materiais de medição		X	Obsoleto	B
	5	Martelo Nylon 60mm		X	Mau	B
	6	Micrómetro Ext 25-50		X	Bom	A
	7	Micrómetro Ext 50-75		X	Bom	A
	8	Micrómetro Ext 75-100		X	Bom	A
	9	Micrómetro Ext 300-400		X	Bom	A
	10	Relógio comparador 100-150		X	Bom	A
	11	Relógio comparador 150-250		X	Bom	A
	12	Termómetro infravermelho		X	Bom	A
Gavetas	13	Acessórios do comparador		X	Bom	A
	14	Anel Padrão 260mm		X	Bom	A
	15	Calços		X	Bom	A
	16	Calculadora		X	Bom	A
	17	Conjunto de grampos 1		X	Bom	A
	18	Conjunto de grampos 2		X	Bom	A
	19	Documentos antigos	X		Obsoleto	D
	20	Equipamento Pessoal		X	Bom	A
	21	Escareadores		X	Bom	A
	22	Ferramentas de Fixação		X	Bom	A
	23	Fita métrica		X	Bom	A
	24	Lixas		X	Obsoleto	B
	25	Micrómetro de varetas		X	Bom	A
	26	Paquímetro		X	Bom	A
	27	Paquímetro de profundidade		X	Bom	A
	28	Parafusos		X	Bom	A
	29	Pastilhas		X	Bom	A
	30	Pinças		X	Bom	A
	31	Protocolos de verificação da qualidade	X		Obsoleto	D
	32	Porcas		X	Bom	A
	33	Tabuleiros de secretária	X		Bom	C
Armário móvel com gavetas	34	Anel Padrão 150mm		X	Bom	A
	35	Anel Padrão 160mm		X	Bom	A
	36	Anel Padrão 170mm		X	Bom	A
	37	Anel Padrão 180mm		X	Bom	A
	38	Anel Padrão 190mm		X	Bom	A
	39	Anel Padrão 200mm		X	Bom	A
	40	Anel Padrão 215mm		X	Bom	A
	41	Micrómetro 150-175		X	Bom	A
	42	Micrómetro 175-200		X	Bom	A
	43	Micrómetro 200-225		X	Bom	A
	44	Micrómetro 225-250		X	Bom	A
	45	Micrómetro 250-275		X	Bom	A
	46	Micrómetro 275-300		X	Bom	A
	Suporte de apoio	47	Cintas		X	Bom
48		Olhais		X	Bom	A
49		Correntes da ponte rolante		X	Bom	A
Mesa de trabalho	50	Aparafusadora		X	Mau	B
	51	Computador		X	Bom	A
	52	Caixa de material para a sucata		X	Bom	A
	53	Carregador da bateria da aparafusadora		X	Bom	A
	54	Panos de limpeza		X	Bom	A
	55	Borrifador de detergente		X	Bom	A

Legenda	
Código	Descrição
A	Manter no centro de trabalho
B	Manter no centro de trabalho, mas substituir
C	Encaminhar para a área de descarte 5S
D	Descartar

Figura 84 - Lista de materiais do centro de trabalho Hwacheon

APÊNDICE 16 – SEGUNDA AUDITORIA 5S

Área avaliada*		Hwacheon - 1502	Notas / Critérios	1	Mais que 3 não conformidades encontradas no item OU Item não atendido.
Auditor / Auditado		Ana Santos		3	Entre 1 e 3 não conformidades encontradas no item OU Item parcialmente atendido.
Data		30/06/2022		5	Nenhuma não conformidade encontrada no item OU Item totalmente atendido.
SENSOS	ITEM	SEPARAR O ÚTIL DO INÚTIL!			NOTA
Seiri (Separar)	1.1	Os recursos (equipamentos, ferramentas, materiais, documentação, energia elétrica, espaços físicos)	são apenas os necessários?		5
	1.2		estão em condições de uso?		5
	1.3		estão a ser utilizados de forma correta?		5
	1.4	As informações utilizadas (desenhos, Normas, APTs, indicadores) estão atualizadas?			3
	1.5	Os resíduos gerais são depositados no recipiente correto?			5
	1.6	Os recursos que sobram são avaliados, transferidos e controlados?			5
		UM LUGAR PARA CADA COISA, CADA COISA NO SEU LUGAR!			NOTA
Seiton (Organizar)	2.1	Os corredores estão sinalizados corretamente? Estão desimpedidos?			5
	2.2	têm um local definido?			5
	2.3	Os recursos (equipamentos, materiais, objetos, ferramentas, instrumentos e documentação)	utilizados diariamente (uso frequente) estão mais próximos do operador?		3
	2.4		estão devidamente organizados em armários, mesas, gavetas e prateleiras?		3
	2.5	estão devidamente identificados nesses locais?			5
	2.6	Os espaços físicos ou locais definidos para a organização dos equipamentos e materiais são adequados?			5
		MANTER LIMPO E PRESERVAR OS RECURSOS!			NOTA
Seiso (Limpar)	3.1	O piso do local de trabalho, paredes, janelas, tetos, telhas, estruturas de talhas			5
	3.2	Equipamentos, ferramentas, armários, bancadas, mesas, computadores, prateleiras			5
	3.3	Encontra-se disponível todo o material de limpeza necessário? Estão em condições de uso?			3
	3.4	Existem fontes de contaminação no processo (ex: vazamentos, resíduos gerais)? Existem ações para eliminar ou reduzir essas fontes?			3
	3.5	Existe Plano de Atividades Autônomas ou algum procedimento com atividades de limpeza e inspeção? Está a ser cumprido?			5
	3.6	Existem Cronogramas de Limpeza da Seção, do departamento ou da área? Estão a ser cumpridos?			3
		PADRONIZAR AS BOAS PRÁTICAS E MANTER OS PADRÕES ESTABELECIDOS!			NOTA
Seiketsu (Padronizar)	4.1	Os padrões 5S para o chão de fábrica (Ex: demarcação e identificação de objetos)			5
	4.2	Os padrões da Segurança do Trabalho (Ex: Identificação dos extintores e placas)			5
	4.3	Os padrões das Etiquetas e as Cores (utilizadas na identificação dos resíduos)			5
	4.4	Existem um Plano de Auditorias? Está a ser utilizado?			3
	4.5	As etiquetas 5S seguem os padrões estabelecidos?			5
	4.6	Os padrões 5S da própria área, entre outros padrões e regras, criados para manutenção das boas práticas, estão a ser cumpridos?			5
		PRATICAR OS SENSOS ATÉ SE TORNAR HÁBITO!			NOTA
Shitsuke (Disciplinar)	5.1	Foram tomadas as devidas ações corretivas referentes às NCs (Não Conformidades) registradas na auditoria anterior?			5
	5.2	Houve uma evolução ou correção dos itens anotados, desde a última auditoria?			5
	5.3	Os prazos estabelecidos para resolverem as NCs estão a ser cumpridos?			5
	5.4	Os colaboradores utilizam os EPIs previstos para a sua atividade?			5
	5.5	Existe comprometimento com os 5S?			3
	5.6	Os resultados das auditorias estão a ser comunicados devidamente?			3
(*) A Área avaliada poderá ser uma Seção, ou, um setor/local específico da área.		Pontuação	0%	59.99%	5S não implementado
(**) CT - Centro de Trabalho / Seções / Departamento			60%	79.99%	5S parcialmente implementado
			80%	100%	5S implementado

CONSIDERAÇÕES GERAIS:

- 1) Emitir "nota 3" para o requisito não entendido ou duvidoso.
- 2) Emitir "nota 5" para o requisito não aplicável.
- 3) Cada NC repetida (reincidente) entre um ciclo e outro da auditoria, considere como duas (2) CNs emitidas.

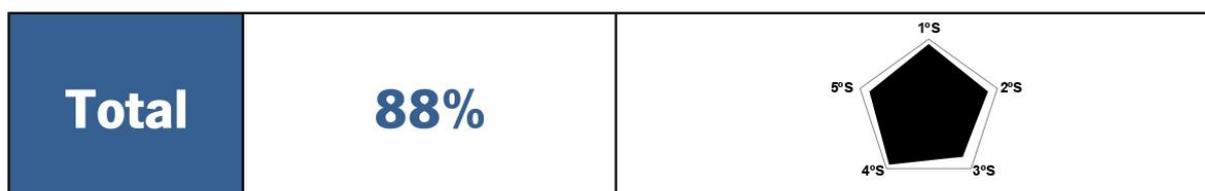


Figura 85 - Formulário da 2ª auditoria 5S

APÊNDICE 17 – FOLHA DE IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DO HWACHEON



Instrumentos de Medição do Hwacheon



Descrição	Qty.	Descrição	Qty.
Micrômetro Ext. 25-50	1	Micrômetro Ext. 250-275	1
Micrômetro Ext. 50-75	1	Micrômetro Ext. 275-300	1
Micrômetro Ext. 75-100	1	Micrômetro Ext. 300-400	1
Micrômetro Ext. 100-125	1	Micrômetro de Varetas	1
Micrômetro Ext. 125-150	1	Fita Métrica	1
Micrômetro Ext. 150-175	1	Relógio Comparador 100-160	1
Micrômetro Ext. 175-200	1	Relógio Comparador 160-250	1
Micrômetro Ext. 200-225	1	Paquímetro	1
Micrômetro Ext. 225-250	1	Paquímetro de Profundidade	1

Figura 86 - Folha de identificação dos instrumentos de medição do Hwacheon

APÊNDICE 18 – FOLHA DE IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS NO PAINEL DO HWACHEON



Ferramentas do Painel do Torno Hwacheon



Descrição	Qty.	Descrição	Qty.
Brocas/Machos	7	Micrómetro Ext. 50-75	1
Chave Umbrako 19mm	1	Micrómetro Ext. 75-100	1
Martelo Nylon 60mm	1	Relógio Apalpador	1
Micrómetro Ext. 250-275	1	Relógio Comparador 100-160mm	1
Micrómetro Ext. 275-300	1	Relógio Comparador 160-250mm	1
Micrómetro Ext. 300-400	1	Termómetro Infravermelho	1

Figura 87 - Folha de identificação dos instrumentos no painel do Hwacheon

APÊNDICE 19 – REGRAS PARA ATRIBUIÇÃO DAS PALETES

Tabela 33 - Quantidade máxima de materiais por paleta

	Material	Quantidade máxima de materiais por paleta
Tampa caixa	Tampa Caixa L	2
	Tampa Caixa M	3
	Tampa Caixa Cefgh 340	4
Tampas motor	Todos	1
Anel de curto	Todos	4
Anel prensar rotor	Todos	2
Anel prensar estator	Todos	2
Protótipo	Todos	1
Suporte	Suporte 500 340	2
	Suporte 340 500	2
	Suporte Eurom	1
Ventilador	Ventilador 407X8	2
	Ventilador 440X1	2
	Ventilador 466X1	2
	Ventilador 467X9	2
	Ventilador 885X1	1
Base	Base Castanha Torneiar Carcaça	1
	Base Interm Quadrado 315/355	6
	Base Interm Redondo 315	2
	Base Interm Redondo 450	2
Outros	Cubo Aço	6
	Fixador Dispositivo	1
	Ferramenta Fixar Rotor	2

APÊNDICE 20 – FOLHA DE REGISTO DE INFORMAÇÃO PARA TROCA DE TURNO



Registo de Informação para Troca de Turno

Data: __/__/____

CT: _____

Última operação efetuada pelo <u>Turno 1</u>	
Setup	
Operando - Desbaste	Bloco N__
Operando - Furações	Bloco N__
Operando - Acabamento	Bloco N__
Acabamento Final	
Carga e Descarga	

Observações do Turno:

Assinatura do Colaborador: _____

Última operação efetuada pelo <u>Turno 2</u>	
Setup	
Operando - Desbaste	Bloco N__
Operando - Furações	Bloco N__
Operando - Acabamento	Bloco N__
Acabamento Final	
Carga e Descarga	

Observações do Turno:

Assinatura do Colaborador: _____

Última operação efetuada pelo <u>Turno 3</u>	
Setup	
Operando - Desbaste	Bloco N__
Operando - Furações	Bloco N__
Operando - Acabamento	Bloco N__
Acabamento Final	
Carga e Descarga	

Observações do Turno:

Assinatura do Colaborador: _____

Figura 88 - Folha de registo de informação para troca de turno