



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Aurélio Fernando Martins Carneiro

**Aplicação de conceitos *Lean Manufacturing* na indústria do calçado**

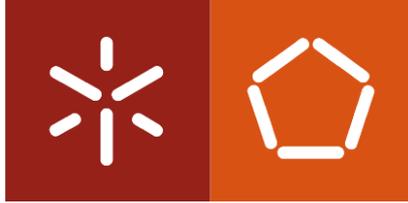
**Aplicação de conceitos *Lean Manufacturing*  
na indústria do calçado**

Aurélio Fernando Martins Carneiro

UMinho | 2022

Outubro de 2022





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Aurélio Fernando Martins Carneiro

**Aplicação de conceitos *Lean*  
*Manufacturing* na indústria do calçado**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa**

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**

A realização da presente dissertação foi possível não só devido ao trabalho individual realizado em todos estes meses, como também implicou ao incentivo, disponibilidade e apoio de várias pessoas ou entidades.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador Professor Doutor Rui Sousa pela dedicação e flexibilidade com que me guiou, ao longo de várias semanas, durante a realização da dissertação.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer ao Engenheiro Miguel Alves, que, desde o primeiro dia, me acompanhou atentamente na empresa onde estagiei, Aloft, Lda., dando-me a atenção e a disponibilidade necessárias para redigir esta dissertação.

Devo ainda um agradecimento sincero a todos os colaboradores da empresa, pela disponibilidade com que me explicaram todos os processos, funcionamento e funções da Aloft. Destaco o apoio da Eng. Nadine Laranjeira e da Eng. Sofia Lima, visto que o âmbito da minha dissertação coincidia com a área de trabalho de ambas. Foram muito prestáveis, estando sempre dispostas a esclarecer qualquer dúvida da minha parte. Um agradecimento especial aos Engenheiros Pedro Castro, Albano e Domingos pela recetibilidade na área administrativa da empresa. Agradeço também pelo apoio financeiro que me ajudou com os custos de deslocação para a empresa.

Um obrigado especial às minhas colegas de turma, destacando a Ana Rita Pereira e Ana Cláudia Santos por me terem auxiliado em aspetos técnicos da dissertação.

Por último, gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais e à irmã por me terem apoiado incondicionalmente em todas as etapas deste processo. A motivação que me transmitiram, juntamente, com a de todas as outras pessoas referidas, foi essencial para a realização deste projeto.

## **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.

# Aplicação de Conceitos *Lean Manufacturing* na Indústria do Calçado

## RESUMO

Atualmente, o crescimento da competitividade que se tem vindo a sentir em contexto industrial faz com que seja necessário recorrer a novas técnicas e ferramentas para melhorar a eficiência e produtividade das empresas, para que estas possam continuar a competir nos atuais mercados, cada vez mais turbulentos. Desta forma, a redução dos desperdícios e a aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* torna-se essencial em qualquer tipo de indústria.

Este projeto desenvolveu-se no Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial na Universidade do Minho e foi realizado em colaboração com a empresa ALOFT localizada em Vila do Conde. O objetivo global deste projeto é melhorar o desempenho do processo produtivo da empresa ALOFT, por intermédio da aplicação de conceitos de *Lean Manufacturing*. A eliminação dos desperdícios nos tempos das operações, a implementação de melhorias *lean* e o envolvimento do departamento de manutenção nos processos produtivos serão pontos importantes neste projeto. Esta dissertação iniciou-se por um processo de revisão literária de alguns conceitos inerentes ao *Lean*, incluindo os seus princípios, ferramentas, barreiras, vantagens e uma análise crítica. Foi realizada uma pequena descrição da empresa e da situação atual dos processos. Procedeu-se a uma análise crítica do estado atual por meio da aplicação do *Value Stream Mapping* (VSM). Os problemas encontrados foram o elevado tempo de preparação das máquinas, o elevado *Work-In-Process* (WIP) e a pouca organização no armazém.

Face aos problemas encontrados, foi aplicada a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED), obtendo-se uma melhoria de 10% no tempo de *setup* na secção das solas de borracha e de 37% no tempo de *setup* na secção das rotativas (máquinas de injeção de solas). Para além disso, foi possível estimar melhorias na ordem dos 77,1% no caso da aquisição de máquinas de aquecimento de moldes na secção da borracha. A aplicação de 5S permitiu alcançar uma melhoria de 59% na organização do armazém. Por último, foi realizada uma síntese do trabalho pendente que deverá ser abordado futuramente dentro da empresa.

## PALAVRAS-CHAVE

Indústria do calçado, Desperdícios, *Lean*, organização, SMED

# **Application of Lean Manufacturing concepts in the footwear industry**

## **ABSTRACT**

Currently, the growth of competitiveness has been felt in the industrial context, what makes it necessary to learn some concepts and tools to improve the efficiency and productivity of companies, so that they continue to compete in the current markets, increasingly turbulent. In this way, waste reduction and the application of Lean concepts and tools become essential in any type of industry.

This project was developed in the Master of Management and Industrial Engineering at the University of Minho and was carried out in collaboration with the company ALOFT located in Vila do Conde. The overall goal of this project is to improve the performance of the ALOFT company's production process, through the application of Lean Manufacturing concepts. Elimination of waste, as well as the implementation of lean improvements and the involvement of the maintenance department in the production processes will also be important in this project. This dissertation began with some research for the literary review about lean, including its principles, tools, barriers, advantages, as well as the critical analysis. A short description and characterization of the company was carried out, as well as the description of the current situation of the processes. In this section, it was possible to make a critical analysis of the current state through the application of the Value Stream Mapping (VSM). The main problems found were the long setup time of the machines, the high Work-In-Process (WIP) and little organization in the warehouse.

In view of the problems found, it was applied Single Minute Exchange of Die (SMED), making an improvement of approximately 10% in rubber section setup time and 37% in rotary section (injection machines) setup time. Furthermore, it was possible to estimate improvements in the order of 77,1% in the case of the acquisition of mold heating machines in the rubber section. The application of 5S allowed achieving a 59% improvement in the organization of the warehouse. Lastly, a brief explanation was given of the pending work that will have to be addressed in the future within the company.

## **KEYWORDS**

Footwear industry, Lean, Organization, SMED, Waste

## ÍNDICE

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Índice de Equações</b> .....	<b>xv</b>
<b>Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos</b> .....	<b>xvi</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Enquadramento</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Metodologia de investigação</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Estrutura da dissertação</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Revisão crítica da literatura</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Toyota Production System (TPS)</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Lean Production</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Desperdícios</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 Vantagens da implementação da filosofia Lean</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 Barreiras à implementação da filosofia Lean</b> .....	<b>7</b>
<b>2.6 Implementação de Lean</b> .....	<b>8</b>
<b>2.7 Ferramentas e técnicas Lean</b> .....	<b>8</b>
2.7.1 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> .....	<b>8</b>
2.7.2 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> .....	<b>10</b>
2.7.3 Ferramenta 5S .....	<b>12</b>
2.7.4 <i>Standard Work</i> .....	<b>13</b>
2.7.5 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....	<b>14</b>
2.7.6 <i>Produção Pull</i> .....	<b>16</b>
2.7.7 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....	<b>16</b>
<b>2.8 Análise Crítica</b> .....	<b>18</b>
<b>3. Apresentação e caracterização da empresa</b> .....	<b>20</b>

<b>3.1</b>	<b>Setor da borracha .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Setor do <i>Thermoplastic polyurethane (TPU)</i>.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Laboratório.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Setor das rotativas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Zona do acabamento/Expedição .....</b>	<b>22</b>
<b>3.6</b>	<b>Programa utilizado na empresa: <i>Wingiic</i> .....</b>	<b>22</b>
<b>3.7</b>	<b>Estrutura Organizacional .....</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b><i>Descrição e Diagnóstico do Processo Atual</i> .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Secção da borracha.....</b>	<b>24</b>
4.1.1	Especificação do cliente .....	24
4.1.2	Preparação da mistura .....	24
4.1.3	Cilindro .....	25
4.1.4	Máquinas de formação das solas.....	26
4.1.5	Zona de acabamento/expedição.....	27
<b>4.2</b>	<b>Secção das rotativas .....</b>	<b>28</b>
4.2.1	Abastecimento de matéria-prima .....	28
4.2.2	Rotativas.....	29
4.2.3	Zona de acabamento/Embalagem .....	30
4.2.4	Expedição .....	31
<b>4.3</b>	<b>Análise crítica do estado atual.....</b>	<b>31</b>
4.3.1	VSM da secção da borracha.....	32
4.3.2	VSM da secção das rotativas .....	38
4.3.3	Análise detalhada do acabamento das rotativas .....	40
<b>4.4</b>	<b>Identificação de problemas .....</b>	<b>42</b>
4.4.1	Quantidade de matéria-prima e falta de limpeza/organização na zona do armazém .....	43
4.4.2	Tempos de <i>setup</i> na secção da borracha .....	44
4.4.3	Tempos de <i>setup</i> na secção da rotativa .....	44
4.4.4	<i>Work-In-Process (WIP)</i> na secção das rotativas .....	44
4.4.5	Falta de normalização no processo de mudança de moldes nas secções da borracha e rotativa .....	44
4.4.6	Falta de limpeza e organização na secção das rotativas .....	45
4.4.7	Valor de eficiência da linha de acabamento da secção das rotativas .....	46
<b>5.</b>	<b><i>Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria</i>.....</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>Implementação da metodologia SMED na secção da borracha .....</b>	<b>48</b>
<b>5.2</b>	<b>Folha e instrução de Trabalho Normalizado para aplicação do SMED na borracha .....</b>	<b>49</b>

5.3	Implementação da metodologia SMED na secção das rotativas.....	50
5.4	Folha e instrução de Trabalho Normalizado para aplicação do SMED nas rotativas .....	50
5.5	Implementação de 5S na zona da matéria-prima .....	52
5.6	Proposta de 5S na linha de acabamento da secção da rotativa .....	59
5.7	Equilibragem da linha de acabamento da borracha.....	59
5.8	Equilibragem da linha de acabamento da rotativa .....	63
5.9	Proposta de Manutenção Preventiva .....	64
<b>6.</b>	<b>Análise de Resultados .....</b>	<b>66</b>
6.1	Resultados Reais.....	66
6.1.1	Aplicação do SMED na secção da borracha .....	66
6.1.2	Aplicação dos 5S no armazém .....	67
6.1.3	Aplicação do SMED nas rotativas.....	68
6.2	Resultados Estimados.....	70
6.2.1	Aplicação do SMED na borracha (Fase II) .....	70
6.2.2	Aplicação dos 5S com estantes sinalizadas e demarcações de passagens no armazém .....	75
<b>7.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>76</b>
7.1	Considerações finais .....	76
7.2	Trabalho futuro .....	77
	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>78</b>
	<b>Apêndices.....</b>	<b>81</b>
<b>Apêndice I</b>	<b>Notação do fluxograma .....</b>	<b>81</b>
<b>Apêndice II</b>	<b>Explicação das operações da secção da borracha.....</b>	<b>82</b>
<b>Apêndice III</b>	<b>Operações da secção da borracha .....</b>	<b>83</b>
<b>Apêndice IV</b>	<b>Análise ABC na secção da borracha .....</b>	<b>84</b>
<b>Apêndice V</b>	<b>VSM da situação atual na secção da borracha .....</b>	<b>85</b>
<b>Apêndice VI</b>	<b>Valores do OEE por máquina na secção da borracha.....</b>	<b>85</b>
<b>Apêndice VII</b>	<b>Análise ABC para a secção das rotativas .....</b>	<b>86</b>
<b>Apêndice VIII</b>	<b>VSM da situação atual nas rotativas .....</b>	<b>86</b>
<b>Apêndice IX</b>	<b>Tempos despendidos no setup das rotativas .....</b>	<b>87</b>
<b>Apêndice X</b>	<b>Valor do OEE por rotativa .....</b>	<b>89</b>
<b>Apêndice XI</b>	<b>Fluxograma da linha de acabamento das rotativas.....</b>	<b>90</b>
<b>Apêndice XII</b>	<b>Descrição das tarefas do acabamento das rotativas .....</b>	<b>91</b>

<i>Apêndice XIII</i>	<i>Auditoria 5S da situação atual na secção da borracha .....</i>	<i>92</i>
<i>Apêndice XIV</i>	<i>Auditoria 5S da situação atual na secção da rotativa.....</i>	<i>93</i>
<i>Apêndice XV</i>	<i>Escala de custo utilizada para a matriz de esforço .....</i>	<i>94</i>
<i>Apêndice XVI</i>	<i>Escala de tempo utilizada para a matriz de esforço.....</i>	<i>95</i>
<i>Apêndice XVII</i>	<i>Análise dos valores de esforço .....</i>	<i>96</i>
<i>Apêndice XVIII</i>	<i>Escala da probabilidade de sucesso para a matriz de payoff.....</i>	<i>97</i>
<i>Apêndice XIX</i>	<i>Escala de impacto para a matriz de payoff.....</i>	<i>97</i>
<i>Apêndice XX</i>	<i>Análise do impacto das propostas de melhoria .....</i>	<i>98</i>
<i>Apêndice XXI</i>	<i>Identificação de melhorias.....</i>	<i>99</i>
<i>Apêndice XXII</i>	<i>Fase I da metodologia SMED nas máquinas da borracha .....</i>	<i>101</i>
<i>Apêndice XXIII</i>	<i>Instrução de trabalho – secção da borracha .....</i>	<i>103</i>
<i>Apêndice XXIV</i>	<i>Fase I da metodologia SMED nas rotativas.....</i>	<i>104</i>
<i>Apêndice XXV</i>	<i>Instrução de trabalho – secção das rotativas.....</i>	<i>108</i>
<i>Apêndice XXVI</i>	<i>Apoio da instrução de trabalho (rotativas).....</i>	<i>109</i>
<i>Apêndice XXVII</i>	<i>Estantes implementadas .....</i>	<i>111</i>
<i>Apêndice XXVIII</i>	<i>Check List De Limpeza (Armazém).....</i>	<i>112</i>
<i>Apêndice XXIX</i>	<i>Folha de Sugestões de Melhorias (Armazém) .....</i>	<i>113</i>
<i>Apêndice XXX</i>	<i>Propostas Implementadas na Secção do Armazenamento .....</i>	<i>113</i>
<i>Apêndice XXXI</i>	<i>Check List de Limpeza para a linha de acabamento da Rotativa .....</i>	<i>114</i>
<i>Apêndice XXXII</i>	<i>Descrição das operações para o modelo SBTS .....</i>	<i>115</i>
<i>Apêndice XXXIII</i>	<i>Proposta de Manutenção Preventiva.....</i>	<i>116</i>
<i>Apêndice XXXIV</i>	<i>Segunda auditoria 5S .....</i>	<i>118</i>
<i>Apêndice XXXV</i>	<i>Melhorias de custo das rotativas .....</i>	<i>119</i>
<i>Apêndice XXXVI</i>	<i>Fase II da metodologia SMED nas máquinas da borracha .....</i>	<i>119</i>
<i>Apêndice XXXVII</i>	<i>Terceira auditoria 5S.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexos .....</i>		<i>122</i>
<i>Anexo I</i>	<i>Notação VSM.....</i>	<i>122</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS (Cho et al., 1977).....	5
Figura 2 - Fases da metodologia SMED baseadas em Shingo (1985) .....	10
Figura 3 - Exemplo de um VSM (Womack & Jones, 1996) .....	11
Figura 4 - Benefícios provenientes da metodologia 5S (Abreu & Moreira, 2020) .....	13
Figura 5 - Definição dos tempos utilizados no OEE (Godfrey, 2002) .....	15
Figura 6 - Solas finalizadas pela empresa ALOFT (Aloft, 2022).....	20
Figura 7 - Setores existentes na ALOFT (Aloft, 2022) .....	20
Figura 8 - Organograma da empresa.....	23
Figura 9 - Matéria-prima para a elaboração de uma nova encomenda.....	25
Figura 10 - Funcionamento do cilindro .....	25
Figura 11 - Representação dos pré-formatos retirados da barwell .....	26
Figura 12 - Máquinas da secção da borracha .....	26
Figura 13 - Exemplo das solas .....	27
Figura 14 - Zona de acabamento/embalamento.....	28
Figura 15 - Representação do material de abastecimento das rotativas.....	29
Figura 16 - Representação das rotativas.....	30
Figura 17 - Zona de acabamento das rotativas .....	31
Figura 18 - Diagrama de pareto da secção da borracha.....	32
Figura 19 - Diagrama de pareto da secção das rotativas.....	39
Figura 20 - Armazém de matéria-prima.....	43
Figura 21 - Análise da auditoria 5S (situação atual) na secção da borracha.....	44
Figura 22 - Falta de organização no setor das rotativas.....	45
Figura 23 - Falta de limpeza no setor das rotativas .....	45
Figura 24 - Análise da auditoria 5S (situação atual) na secção da rotativa .....	46
Figura 25 - Instrução de trabalho implementada na secção da borracha.....	49
Figura 26 - Folha de trabalho normalizado para a secção da borracha.....	50
Figura 27 - Folha de trabalho normalizado (parte 1) para a secção da rotativa .....	51
Figura 28 - Folha de trabalho normalizado (parte 2) para a secção da rotativa .....	52
Figura 29 - Armazém ALOFT.....	52

Figura 30 - Armazenamento de moidos.....	53
Figura 31 - Armazenamento de produto em curso.....	54
Figura 32 - Armazenamento de matéria-prima.....	54
Figura 33 - Desenho das estantes 2 e 3 (vista frontal) .....	55
Figura 34 – Desenho das estantes 4,5 e 6 (vista frontal) .....	55
Figura 35 - Desenho da estante 1 (vista frontal) .....	56
Figura 36 - Layout do armazém após melhoria (vista superior) .....	56
Figura 37 - Estantes implementadas .....	57
Figura 38 - Identificação das estantes e níveis.....	57
Figura 39 - Identificação das filas das estantes.....	58
Figura 40 - Diagrama de precedências para o modelo "Sola Outdoor 100" .....	60
Figura 41 - Diagrama de precedências para vários modelos .....	61
Figura 42 - Diagrama de precedências para modelo SBTS.....	64
Figura 43 - Melhorias observadas com a fase I do SMED.....	67
Figura 44 - Análise da auditoria 5S (após melhorias) .....	68
Figura 45 - Melhorias na rotativa (SMED) .....	69
Figura 46 - Melhorias de custos com a aplicação de SMED nas rotativas .....	69
Figura 47 - Melhorias observadas na fase II do SMED (molde 60kw).....	71
Figura 48 - Melhorias observadas na fase II do SMED (molde 80kw).....	71
Figura 49 – Melhorias do tempo de setup na secção da borracha (SMED).....	75
Figura 50 - Análise da possível auditoria 5S após melhorias propostas .....	75
Figura 51 - Notação do Fluxograma.....	81
Figura 52 - Fluxograma da secção da borracha .....	82
Figura 53 - Aplicação do VSM na secção da borracha.....	85
Figura 54 - Aplicação do VSM na secção das rotativas.....	86
Figura 55 - Fluxograma da linha de acabamento .....	90
Figura 56 - Folha de auditorias 5S .....	92
Figura 57 - Apoio à instrução de trabalho.....	110
Figura 58 - Vista geral das estantes implementadas .....	111
Figura 59 - Check List de limpeza e folha de sugestões de melhorias do armazém .....	113
Figura 60 - Notação VSM: parte 1 (Braglia et al., 2006).....	122
Figura 61 - Notação VSM: parte 2 (Braglia et al., 2006).....	122

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Registo dos tempos de setup .....	34
Tabela 2 - Valores de OEE por máquina monocolor da borracha .....	35
Tabela 3 - Tempos das operações da linha de acabamento .....	36
Tabela 4 - Valores do OEE da secção das rotativas .....	40
Tabela 5 - Diagrama de processo da linha de acabamento das rotativas .....	41
Tabela 6 - Tempos de acabamento das rotativas .....	42
Tabela 7 - Tempos e quantidades embaladas por modelo.....	42
Tabela 8 - Análise do tempo e custo de cada proposta de melhoria .....	47
Tabela 9 - Matriz de <i>payoff-effort</i> .....	48
Tabela 10 - Equilibragem da linha de acabamento para o modelo Outdoor .....	60
Tabela 11 - Descrição das operações e respetivos tempos da linha de acabamento .....	61
Tabela 12 - Equilibragem dos postos de trabalho da linha de acabamento .....	63
Tabela 13 - Equilibragem da linha de acabamento para o modelo SBTS .....	64
Tabela 14 - Custo poupado com a aplicação do SMED .....	67
Tabela 15 - Registo de mudanças de molde para o mês de Abril .....	72
Tabela 16 - Tempo de recuperação simples para máquina de aquecimento de moldes.....	74
Tabela 17 - Operações da secção da borracha .....	83
Tabela 18 - Análise ABC das encomendas para secção da borracha .....	84
Tabela 19 - Valor de OEE por máquina.....	85
Tabela 20 - Análise ABC para a secção das rotativas .....	86
Tabela 21 - Setup das rotativas .....	87
Tabela 22 - Valor do OEE por rotativa.....	89
Tabela 23 - Descrição de operações da linha de acabamento das rotativas.....	91
Tabela 24 - Escala de custo .....	94
Tabela 25 - Escala de tempo.....	95
Tabela 26 - Valores de esforço para cada proposta de melhoria.....	96
Tabela 27 - Escala de probabilidade de sucesso.....	97
Tabela 28 - Escala de impacto .....	97
Tabela 29 - Valores de impacto para cada proposta de melhoria .....	98
Tabela 30 - Aplicação da ferramenta 5W2H .....	99

Tabela 31 - Fase I do SMED: identificação de operações internas e externas (borracha) .....	101
Tabela 32 - Fase I do SMED: Passagem de operações internas em externas (borracha) .....	102
Tabela 33 - Instrução de trabalho da mudança de molde na secção da borracha .....	103
Tabela 34 - Fase I do SMED: identificação das operações internas e externas (rotativas).....	104
Tabela 35 - Fase I do SMED: Passagem de operações internas em externas (rotativas).....	106
Tabela 36 - Instrução de trabalho da mudança de molde na secção das rotativas .....	108
Tabela 37 - Check List de Limpeza.....	112
Tabela 38 - Folha de sugestões de melhorias para o armazém .....	113
Tabela 39 - Check List para a proposta de melhoria 5S .....	114
Tabela 40 - Descrição das operações: SBTS.....	115
Tabela 41 - Plano de manutenção preventiva: parte 1 .....	116
Tabela 42 - Plano de Manutenção Preventiva: parte 2 .....	117
Tabela 43 - Auditoria 5S após melhorias .....	118
Tabela 44 - Custo poupado por modelo das rotativas .....	119
Tabela 45 - Poupanças observadas com aquecimento de molde 60 kw .....	119
Tabela 46 - Poupanças observadas com aquecimento de molde 80 kw .....	120
Tabela 47 - Possível auditoria 5S .....	121

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do OEE .....	14
Equação 2 - Cálculo da Disponibilidade no OEE.....	15
Equação 3 - Cálculo da Velocidade no OEE .....	15
Equação 4 - Cálculo da Qualidade no OEE .....	15
Equação 5 - Cálculo de verificação da amostra.....	33
Equação 6 - Cálculo do TT para 1 turno da secção da borracha.....	37
Equação 7 - Cálculo do TT para as máquinas de borracha.....	37
Equação 8 - Cálculo do TT para o acabamento.....	37
Equação 9 - Cálculo do rácio de valor acrescentado .....	38
Equação 10 - Cálculo da eficiência da linha.....	41
Equação 11 - Tempo de ciclo teórico para a sola Inglewood .....	62
Equação 12 – Tempo diário despendido para o aquecimento de moldes .....	72
Equação 13 - kWh gastos diariamente.....	72
Equação 14 - Custo diário energético .....	73
Equação 15 - Custo mensal gasto com a aquisição da máquina de aquecimento de moldes .....	73
Equação 16 - Tempo diário despendido para o aquecimento de moldes (Máquina 80kw) .....	73
Equação 17 - Cálculo kwh para a máquina de 80kw.....	73
Equação 18 - Custo energético diário previsto .....	73
Equação 19 - Custo mensal diário previsto.....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

kWh – Quilowatt-hora

LM – *Lean Manufacturing*

LT – *Lead Time*

MIEGI – Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

MP – Matéria-prima

MRP – *Material Requirement Planning*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PT – *Processing Time*

PVC - Policloreto de vinila

RVA – Rácio de Valor Acrescentado

SEBS - *Styrene Ethylene Butadiene Styrene*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TC – Tempo de Ciclo

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TPU - *Thermoplastic polyurethane*

TQC – *Total Quality Control*

TQM – *Total Quality Management*

TR – Tempo de recuperação

Ts – Tempo de segurança

TT – *Takt Time*

UDE – *Undesirable Effect*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work-in-Process*

## **1. INTRODUÇÃO**

Este capítulo tem como principal objetivo a introdução da dissertação de mestrado, onde será possível encontrar o enquadramento, os principais objetivos e resultados esperados ao longo do projeto, assim como a descrição da metodologia de investigação adotada e a estrutura da dissertação.

### **1.1 Enquadramento**

Com o passar do tempo, a competitividade crescente do mercado faz-se sentir na indústria. Como resposta a isso, as empresas sentem-se forçadas a adotar estratégias com o objetivo de se destacarem e, idealmente, aumentarem a produtividade com custos reduzidos, mantendo o foco orientador nas atividades que acrescentam valor para o cliente assim como a qualidade exigida. Consequentemente, verifica-se um aumento na aderência à filosofia *Lean Manufacturing* (Womack et al., 1990), através da compreensão e aplicação dos seus conceitos e ferramentas, com vista a reduzir os desperdícios e a aumentar a sustentabilidade.

O estudo sobre as vantagens inerentes a este tema (tais como o aumento da produção, a redução dos tempos de entrega, a redução de custos, a redução ou total eliminação de desperdícios e a melhoria da qualidade do produto final) demonstrou a importância da aplicação destas práticas em contexto real. O âmbito deste projeto consiste na aplicação de conceitos *lean* de forma a melhorar o desempenho de uma empresa, com o objetivo de se destacar no mercado. A empresa onde se irá realizar a dissertação designa-se por ALOFT, localizada em Vila do Conde e está inserida na indústria do calçado. Esta empresa pretende melhorar a sua produtividade em várias secções, pelo que, durante o processo, foram abordadas diversas temáticas, desde os conceitos de manufatura *lean* ao envolvimento de diversos departamentos dentro da empresa para a melhoria da sua *performance*.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo principal é a melhoria do desempenho do processo produtivo. O crescimento da empresa é facilitado pela redução dos tempos de preparação da limpeza e organização das secções, assim como o aumento da produtividade e da qualidade. Foi através dos conceitos associados ao *lean manufacturing* (LM) e ao envolvimento do departamento de manutenção da empresa que o processo se concretizou.

Para a identificação dos problemas, foram aplicadas ferramentas como o VSM e o diagrama de processo; para a diminuição dos elevados tempos de preparação, utilizou-se a ferramenta SMED; a melhoria da

organização e da limpeza das secções foi obtida através da ferramenta 5S; e, por fim, foi atualizada e implementada a manutenção preventiva que uniu os departamentos de manutenção e de produção.

### **1.3 Metodologia de investigação**

A metodologia de investigação usada foi a de investigação-ação, uma vez que ocorre o envolvimento dos colaboradores na resolução dos problemas encontrados, promove a mudança na cultura da empresa por meio da melhoria contínua e consiste na abordagem “tentativa e erro”.

Antes de colocar em prática as ferramentas de LM, é necessário entender o processo atual da empresa e definir indicadores de *performance* chave para medir o seu progresso. Para o fazer, é necessário usar dois tipos de dados: primários (visto que é necessário existir uma fase de medições de tempos com recurso à cronometragem) e secundários (de forma a reaproveitar os dados já existentes na empresa). A recolha de dados será realizada por observação estruturada. Após ter uma amostra suficientemente grande, é necessário analisar, interpretar e identificar as causas de eventuais problemas que serão encontrados ao longo deste processo e, por isso, a abordagem de investigação a adotar será dedutiva. Para a análise e descrição do estado atual da empresa foram utilizadas ferramentas como o *VSM* e o fluxograma de forma a identificar as atividades que não acrescentam valor para o cliente e a medir o rácio do valor acrescentado. Foi também necessário a medição dos tempos de preparação de cada uma das máquinas e a descrição de cada uma das operações de forma a reduzir esses mesmos tempos. Ao longo deste processo, foi feita uma revisão literária de todas as ferramentas usadas que serviram de base para a realização do projeto.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No presente capítulo, é apresentado um enquadramento do projeto de dissertação, assim como os principais objetivos e a metodologia de investigação adotada. No segundo capítulo consta uma revisão literária dos conceitos de *Lean Manufacturing*, abordando diferentes parâmetros - ferramentas, vantagens e barreiras à aplicação desta metodologia. No capítulo 3 é realizada uma pequena apresentação e caracterização da empresa. Para além disso, é apresentado um organograma da empresa de modo a perceber todas as funções que são realizadas e quem delas ficará encarregue. No quarto capítulo apresenta-se uma descrição e análise crítica do processo atual, assim como a identificação de problemas em cada uma das secções. No capítulo 5 são apresentadas todas as propostas de melhorias a aplicar na empresa. A análise dos resultados obtidos com a aplicação das melhorias é realizada no capítulo 6, com posteriores conclusões

no capítulo 7. Por último, são apresentadas as referências bibliográficas, assim como os anexos e apêndices como complemento ao projeto de dissertação.

## 2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

Neste capítulo é realizada uma revisão literária sobre os princípios *lean* assim como a sua definição, quais os desperdícios que esta filosofia pretende eliminar, quais são as vantagens e barreiras inerentes à sua implementação e as principais ferramentas a serem usadas ao longo do projeto.

### 2.1 *Toyota Production System (TPS)*

O desenvolvimento do TPS por Ohno (1988), chefe de produção no período da segunda guerra mundial, ocorreu entre os anos 50 e 60 e disseminado para os anos 60 e 70. O reconhecimento deste modelo como o modelo de sistema de produção cresceu rapidamente após a publicação “*The Machine That Changed the World*” em 1990, após 5 anos de pesquisa liderada pelo instituto de tecnologia de Massachusetts. O instituto reconheceu a eficácia e eficiência deste modelo comparativamente aos modelos tradicionais de produção já existentes, pelo que considerou que representava a base para a definição de *Lean Production* (Lean Enterprise Institute, n.d.).

Através dos princípios e métodos de *Lean Production*, foi possível o aumento da eficiência da economia, pela redução de todo o tipo de desperdícios, isto é, redução de atividades que não acrescentam valor para o cliente. É de salientar a importância da aplicação dos dois pilares do *Toyota Production System*: “*just-in-time*” e “*Jidoka*”. *Just-in-time* (JIT) é o pilar que dita que os materiais devem estar disponíveis na hora certa, no lugar certo, na quantidade certa e com a qualidade desejada pelo cliente, ao contrário do que acontece na produção em massa. *Jidoka* ou autonomação, reside no facto da própria máquina conseguir detetar um erro e parar automaticamente antes que o defeito ocorra, incidindo, deste modo, no princípio de zero defeitos (Dillinger et al., 2021).

Cho et al. (1977) definem TPS como sendo uma casa construída com base em processos estáveis, normalizados e nivelados (*Heijunka*), com os elementos JIT e *jidoka* a servirem de pilares, como se pode observar na Figura 1, suportando ideais como a elevada qualidade, o baixo custo e os curtos prazos de entrega para o cliente (Loyd et al., 2020).

Para alcançar o princípio *Just-in-time*, é necessário garantir um fluxo contínuo com tempo de ciclo reduzido e com uma produção *pull*, isto é, as ordens de produção são desencadeadas pelo cliente ou pelos processos mais a jusante.

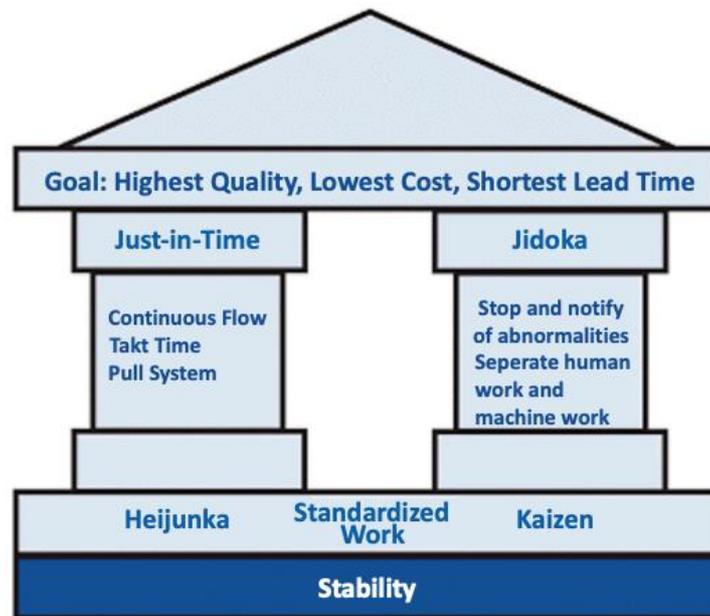


Figura 1 - Casa TPS (Cho et al., 1977)

## 2.2 Lean Production

Womack et al. (1990) definem que *Lean* consiste em fazer mais e melhor com menos – menos esforço, menos equipamentos, menos tempo, menos máquinas e menos espaço, enquanto se melhora a qualidade dos produtos e a satisfação do cliente. A filosofia *lean* identifica desperdícios e tenta eliminá-los.

Esta filosofia tem sido incorretamente entendida como sendo apenas um *outcome* final que uma empresa pretende alcançar com recurso a ferramentas e técnicas *lean*, em vez de ser entendida como um longo percurso que é necessário ser estudado e melhorado continuamente. A implementação total de *Lean* numa determinada empresa requer conhecimento técnico e uma eficiente gestão dos recursos a usar (Abu et al., 2021).

Na manufatura automóvel, existe um bom exemplo da aplicação da filosofia *lean*: a *Toyota*. A *Toyota* apresenta um modelo referido como *Toyota Production System* (TPS) criado por Taiichi Ohno, que tem como principal objetivo a eliminação de qualquer tipo de desperdício de forma a tornar os processos mais eficientes. Ao longo dos anos, várias empresas implementaram os conceitos *lean* em diversos processos e áreas de diferentes setores (Céspedes-Mota et al., 2021).

*Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996) consiste no aumento do valor de um determinado produto para o cliente com a eliminação de desperdícios nos processos de manufatura, desde o *design* até à sua produção. Todas as atividades que não acrescentam valor para o cliente são designadas como

desperdício que, por vezes, é necessário num determinado processo e, sem ele, não seria possível a realização do produto final. Todo o restante *Muda*, definição de “desperdício” em japonês, deve ser eliminado (Melton, 2005). Pode-se concluir que *Lean Thinking* é o “antídoto” para o desperdício e pode ser dividido em 5 princípios (Womack & Jones, 1997):

- **Especificação do valor:** identificação de todas as atividades que definem valor para o cliente ou para os processos a jusante;
- **Identificação da cadeia de valor:** corresponde a todas as operações necessárias para entregar o produto ao cliente final e distinguir as atividades que acrescentam das que não acrescentam valor, podendo, para isso, utilizar a ferramenta *Value Stream Mapping (VSM)*;
- **Fluxo:** garantir o fluxo na cadeia de valor e eliminar as atividades que não acrescentam valor;
- **Implementação de produção *pull*:** produção do produto apenas quando o cliente e/ou os processos mais a jusante o permitem. Desta forma, apenas é produzido o necessário, eliminando a necessidade de *stocks* elevados.
- **Busca pela perfeição:** Processo de melhoria constante focado na redução do tempo, espaço, custos e erros.

### 2.3 Desperdícios

Como referido anteriormente, um dos objetivos da filosofia *Lean* é a eliminação de desperdício. Desta forma, Ohno (1988) e Shingo (1989) definiram 7 tipos de desperdício:

- **Transporte:** transporte de matéria-prima, produto em curso ou produto acabado entre processos. Enquanto esta tarefa é realizada o produto não é processado, pelo que é considerada uma atividade que não acrescenta valor para o cliente.
- **Inventários:** equivale à acumulação de matéria-prima, produto intermédio e produto final que não correspondem às necessidades dos clientes. Isso implicará mais espaço e transporte/manuseamento dos produtos, o que corresponde a um aumento dos custos.
- **Movimentações:** excessiva movimentação de pessoas que não contribui para o processamento do produto, o que não se traduz num acréscimo de valor para o cliente.
- **Esperas:** tempo de espera de pessoas, equipamentos ou produtos durante todo o processo, algo que não acrescenta valor para o cliente final.

- **Sobreprodução:** quando o produto é produzido sem uma ordem de produção de um cliente ou de um processo a jusante, estamos na presença de sobreprodução, não acrescentando qualquer valor para o cliente.
- **Sobreprocessamento:** quando um determinado processo é realizado sem necessidade, visto que não acrescenta valor para o cliente.
- **Defeitos:** produtos que serão rejeitados pelos clientes devido a erros durante o processamento de um determinado produto, o que implicará o retrabalho ou até mesmo o desperdício do bem.

Outros autores consideram ainda que existe um oitavo desperdício: as *skills*. Este desperdício diz respeito ao conhecimento/talento não utilizado dos colaboradores numa determinada empresa, não aproveitando as ideias de melhoria sugeridas pelos mesmos (Melton, 2005).

## 2.4 Vantagens da implementação da filosofia *Lean*

Os benefícios da implementação do *Lean* compõem-se pela redução do inventário, redução do tempo de ciclo, redução do retrabalho, redução dos custos, entre outros. Para além disso, a filosofia *Lean* pode ser aplicada em diversos contextos e organizações, possibilitando uma resposta mais rápida para o cliente, com o aumento da eficiência dos processos que levam à formação de um determinado produto ou serviço. Com a implementação desta filosofia é possível reduzir ou eliminar todos os desperdícios anteriormente referidos (Melton, 2005).

## 2.5 Barreiras à implementação da filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* tem a capacidade de melhorar o conhecimento sobre a gestão de processos e reduzir os desperdícios inerentes à produção de um determinado produto. No entanto, existem certas barreiras que é necessário ultrapassar aquando da aplicação desta filosofia. Uma dessas barreiras é a resistência por parte dos colaboradores à mudança, sendo a mudança da cultura de uma empresa um dos passos mais complicados do processo de implementação do *lean*. Para além disso, esta filosofia necessita de tempo para a sua implementação, pelo que nem todas as empresas estão abertas a isso, principalmente pequenas e médias empresas (Melton, 2005).

Este balanceamento entre as forças que suportam o *lean* e as forças que resistem ao *lean* leva a crer que a implementação desta filosofia terá um grande impacto, não só pela redução dos custos, mas também pelo melhor entendimento das necessidades dos clientes. Desta forma, o conhecimento de toda a cadeia de abastecimento é melhorado, promovendo equipas que utilizem as suas *skills* e o seu conhecimento de forma mais eficiente.

## 2.6 Implementação de *Lean*

Após conhecer bem o processo e a situação atual, é necessário definir a cadeia de valor e eliminar os desperdícios. Segundo Melton (2005), o processo de implementação do *lean* pode ser resumido em 5 passos principais:

1. **Seleção dos dados:** observação do processo atual e identificação das atividades que não acrescentam valor para o cliente.
2. **Análise dos dados:** análise dos processos que não acrescentam valor para o cliente, mas que são necessários para a correta produção de um artigo. Estes processos são referidos como *undesirable effects* (UDE).
3. **Criação da mudança:** criação de um novo processo que procure eliminar os desperdícios e os UDE identificados, tendo em conta uma mudança sustentável.
4. **Realização da mudança:** colocar em funcionamento o novo processo e definir os *Key Performance Indicators* (KPI) necessários para verificar a evolução entre o antigo e o novo processo.
5. **Medição dos benefícios:** monitorização dos KPI's definidos na etapa anterior, com vista a controlar o processo e melhorar continuamente.

Este processo é mantido pelo trabalho normalizado e pela melhoria contínua dos processos (*kaizen*) através de 4 fases: *Plan*, *Do*, *Check* e *Act* (PDCA).

## 2.7 Ferramentas e técnicas *Lean*

Nesta secção cumpre-se uma revisão literária de todas as ferramentas *Lean* utilizadas na empresa em questão. Estas ferramentas serão utilizadas para reduzir todos os desperdícios identificados. O processo de revisão literária é necessário, uma vez que é importante que as empresas conheçam bem as ferramentas a ser utilizadas e quais os seus benefícios a nível produtivo.

### 2.7.1 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

*Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma técnica utilizada para reduzir o tempo de preparação de um determinado equipamento. Este tempo de preparação é definido como o intervalo de tempo que decorre entre a produção do último artigo sem defeitos do lote que acabou de produzir e a produção do primeiro artigo sem defeitos do lote seguinte (Sousa, 2021b). Tal como o próprio nome da ferramenta sugere, o principal objetivo é que esse tempo seja de apenas um dígito, isto é, inferior a 10 minutos.

Shingo (1985) refere que, mesmo que não seja possível, o objetivo desta ferramenta é manter o intervalo de tempo entre 1 e 9 minutos.

SMED, também conhecido por *Quick Change Over of Tools*, desenvolvido por Shingo (1985), pode ser utilizado em diversas indústrias, dada a sua flexibilidade de adaptação. Antes da utilização desta ferramenta nas indústrias, as empresas tinham tendência a produzir em grandes lotes para reduzir os custos perdidos nos tempos de *setup* (Moreira & Pais, 2011). Esse tipo de produção apresenta diversas vantagens como, por exemplo, a redução do número de preparações (*setups*), o aumento da produtividade e o aumento dos *stocks* de segurança que podem ser benéficos em caso de avarias ou falta de material. No entanto, contribui para o elevado tempo de percurso, para a ocorrência de um maior número de defeitos e para o elevado *stock* que, conseqüentemente, levará a elevados custos de posse (Sousa, 2021b).

De maneira inversa, os benefícios da aplicação do SMED passam pela redução do tempo de *setup*, pelo aumento da segurança e da qualidade, pela redução de erros e de inventário, o que aumenta a flexibilidade da produção e racionaliza as ferramentas a usar aquando dessa mesma operação.

Segundo Shingo (1985), o SMED pode ser implementado seguindo as 4 fases:

- Na primeira fase, decorre a identificação das operações internas e das operações externas. As primeiras só podem ser executadas com a máquina parada e as segundas podem ser executadas com a máquina em funcionamento. Nesta etapa, existem diversas ferramentas que podem ser utilizadas, desde a lista de verificações ao melhoramento dos transportes;
- Na segunda fase, é necessário recorrer à conversão das operações internas em operações externas (Figura 2 – de B para C), adiando ou atrasando algumas operações, com auxílio da normalização de funções ou do recurso a padrões auxiliares (*jigs*);
- Na terceira fase, recorre-se à racionalização de operações internas e operações externas, o que aumenta o grau de dificuldade de aplicação da metodologia. Neste ponto de situação é necessário recorrer a determinadas tecnologias e/ou fixadores rápidos, eventualmente até mesmo à implementação de operações paralelas, para garantir uma maior automatização do processo;
- Por último, recorre-se a uma última fase que será de melhoria contínua por meio da eliminação de pequenos desperdícios nas tarefas e afinações finais.

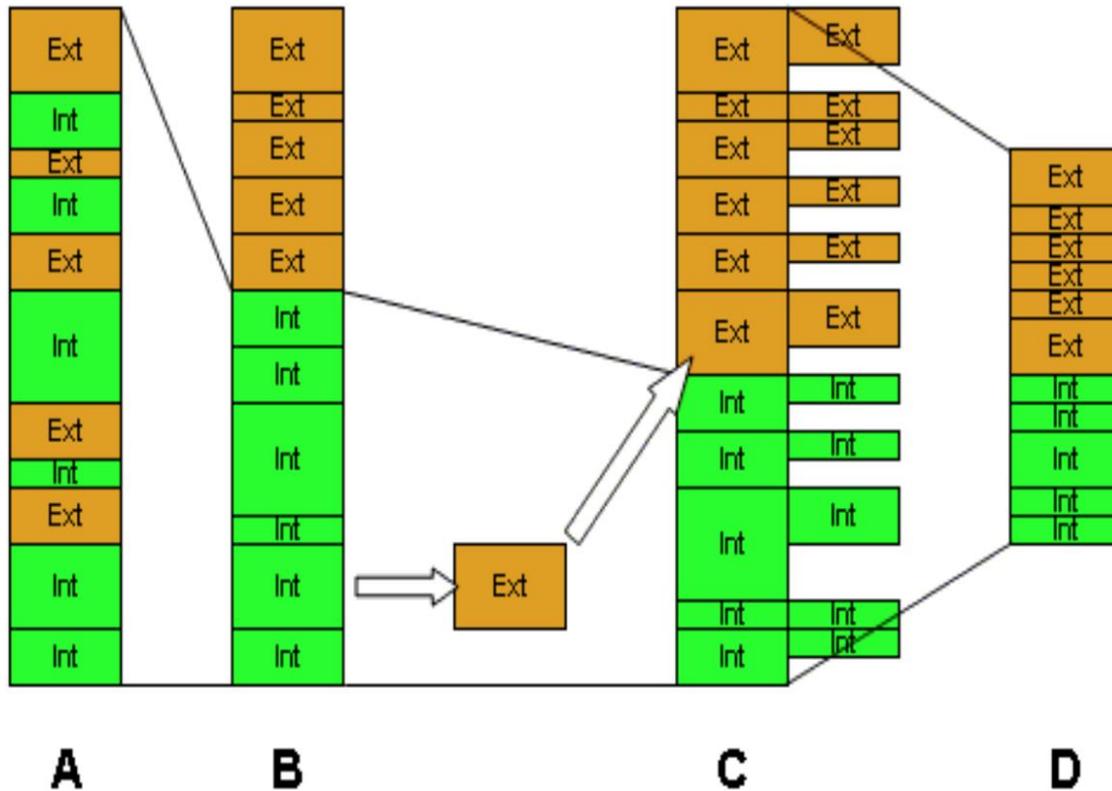


Figura 2 - Fases da metodologia SMED baseadas em Shingo (1985)

### 2.7.2 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM é uma ferramenta visual que consiste no mapeamento da cadeia de valor de um produto ou família de produtos desde o fornecedor ao consumidor final (Kanbanize, 2022). Esta ferramenta pode ser usada em três diferentes formas (Sousa, 2021a):

- VSM de Produção – representando o fluxo de materiais e informação para a criação de um produto ou família de produtos;
- VSM de Projeto – constituindo o fluxo do valor de um determinado projeto para um produto ou família de produtos;
- VSM Administrativo – demonstrando o fluxo de valor referente a processos administrativos na empresa.

Este mapeamento possibilita a visualização dos tempos necessários para a realização de cada uma das tarefas, fornecendo toda a informação num único relatório sobre o progresso das mesmas. O VSM é visto como uma ferramenta poderosa no que toca ao entendimento de princípios de manufatura. Em suma, o VSM tem em conta os seguintes passos:

1. Análise da situação atual com base nos dados recolhidos;
2. Integração dos dados numéricos numa interface de modo a visualizar a relação entre o fluxo de material e de informação;
3. Visão sistemática que pode refletir a ineficiência da manufatura do sistema;
4. Utilização de uma linguagem comum que reflita todo o processo;
5. Possibilitação de melhoria contínua no processo.

O recurso ao mapeamento do fluxo de valor promove a criação de um estado futuro alinhado com a estratégia da organização, eliminando os desperdícios (Chavez et al., 2018).

A notação associada a esta ferramenta encontra-se no Anexo I. Na representação relativa ao fluxo de materiais encontram-se todas as operações no *assembly* e, associada a isso, está uma *data box* com as variáveis adequadas a estudar para o projeto em causa. Os fornecedores e clientes são representados pelo *vendor* e o transporte pelo *truck shipment*, sendo possível identificar a frequência de receção ou envio de materiais. Neste tipo de notação é ainda possível observar a representação da produção *push* e *pull*, do movimento de bens para o cliente, da visualização de supermercados e da disciplina *First In First Out* (FIFO). Quanto aos fluxos de informação, estes podem ser do tipo manual ou do tipo eletrónico, e ambos podem ser representados por *kanbans* aquando da utilização dos mesmos. Por último, representa-se os colaboradores em cada uma das operações.

Esta ferramenta não só é útil para mapear toda a cadeia de valor de uma determinada empresa, como também para perceber qual é o *bottleneck* existente na produção e identificar as atividades que acrescentam ou não acrescentam valor, permitindo, deste modo, a elaboração de um plano para intervenções de melhoria. Na Figura 3, é possível encontrar um exemplo de representação de um VSM.

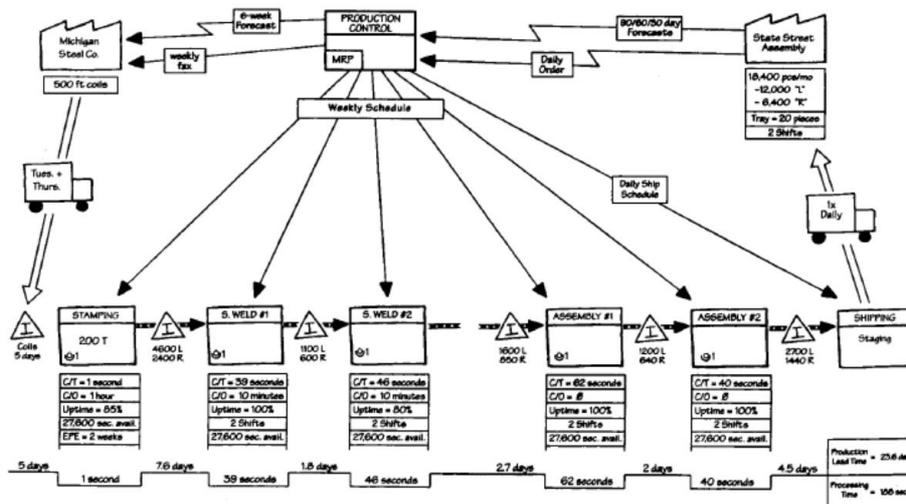


Figura 3 - Exemplo de um VSM (Womack & Jones, 1996)

### 2.7.3 Ferramenta 5S

Por causa do desenvolvimento das novas tecnologias e do aumento da produção das empresas, é necessário adaptar diferentes métodos e aplicar novas propriedades às tarefas já existentes. Estes desafios exigem também uma reestruturação na organização da empresa. Uma técnica eficaz para dar início a essa reestruturação é a implementação dos cinco pilares fundamentais que constituem o método conhecido como 5S (Hirano, 1996):

- O primeiro pilar - Triagem (*Sort* ou *Seiri*): remoção de todos os materiais que não são necessários para a realização de uma determinada tarefa.
- O segundo pilar - Arrumação (*Set in order* ou *Seiton*): organização do material considerado como necessário e elaboração de *labels* para facilitar a identificação e manuseamento do mesmo.
- O terceiro pilar - Limpeza (*Shine* ou *Seiso*): limpeza do espaço de trabalho - chão, máquinas e ferramentas aí presentes. Neste passo, é necessário encontrar maneiras de prevenir a sujidade.
- Quarto pilar - Normalização (*Standardize* ou *Seiketsu*): manutenção e regularização dos processos dos três pilares anteriores, mantendo e, se possível, melhorando o estado de arrumação, limpeza e ordem do posto de trabalho.
- Quinto pilar - Autodisciplina (*Sustain* ou *Shitsuke*): estabelecimento de uma rotina de boas práticas de forma a normalizar os restantes pilares. Este processo é um dos mais importantes, visto que facilita a gestão da implementação destes pilares, não sendo necessário desperdiçar tempo a assegurar repetidamente o cumprimento dos primeiros três.

Quando todos os pilares forem implementados, é inevitável a resistência a alguns deles. A falta de conhecimento da importância deste tipo de metodologia e o facto de os operadores acreditarem que estão demasiado ocupados para limpar e organizar o posto de trabalho são dois exemplos desse tipo de resistências (Hirano, 1996).

No entanto, este tipo de metodologia apresenta diversos benefícios, desde a redução de custos, prazos de entrega, defeitos, paragens, reclamações e até mesmo dos tempos de preparação, o que aumenta a segurança e contribui para o crescimento da organização (Abreu & Moreira, 2020). Todos os benefícios podem ser encontrados na Figura 4.

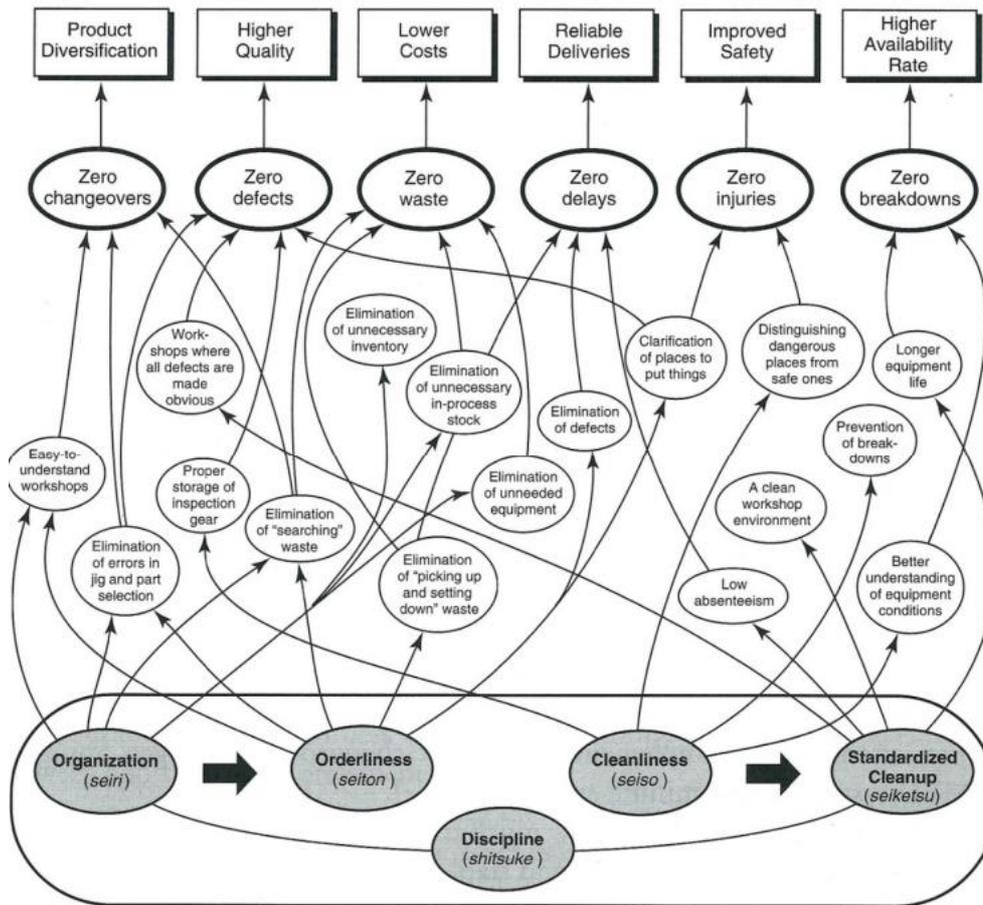


Figura 4 - Benefícios provenientes da metodologia 5S (Abreu & Moreira, 2020)

#### 2.7.4 Standard Work

Lee & Jang (1998) definem standardização como o grau com que as regras e os procedimentos de uma determinada tarefa são formalizados e seguidos. Com este tipo de normalização de tarefas, a empresa irá contribuir para a formação de colaboradores mais autônomos e os processos ou serviços já existentes passam a pertencer a uma rotina de boas práticas. A standardização permitiu a várias empresas a melhoria das suas operações, o que expandiu o leque de oportunidades existentes até então.

A normalização dos processos permite reduzir a incerteza e variabilidade dos processos a muitas empresas, isto é, reduz as diferenças com que uma determinada tarefa é realizada.

Segundo Monden (1998), os três elementos fundamentais para o *Standard Work* são:

- O *Takt time*, isto é, o tempo disponível que seria necessário para a produção de um artigo, com vista a responder à procura do cliente;
- A sequência *standard* de operações, ou seja, a sequência de operações a ser obedecida pelo operador;

- O *WIP standard*, que corresponde à quantidade mínima de produtos em vias de fabrico para não interromper a produção.

Com a aplicação de *standard work*, mesmo que a tarefa seja realizada por diferentes pessoas, esta terá aproximadamente os mesmos resultados (Ungan, 2006).

A aplicação dos *standards* deve ser baseada nas três fontes seguintes:

- No consenso e na autoridade;
- Em dados científicos;
- Em especificações técnicas.

Com a aplicação deste tipo de metodologia, será possível melhorar as movimentações e o fluxo de materiais, melhorar o desempenho, reduzir os desperdícios de cada operação e carga de trabalho, simplificar e facilitar a execução da tarefa, e reduzir erros, melhorando a facilidade da aprendizagem da tarefa (Alves, 2020).

#### 2.7.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Total Productive Maintenance* (TPM) desenvolvido por Nakajima (1988) nos anos 80 possibilitou o estudo de uma métrica quantitativa designada por *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), com o objetivo de medir o desempenho de um determinado equipamento numa empresa.

Esta ferramenta visa a produção sem avarias ou defeitos, melhorando a taxa de produção, reduzindo custos e *stock* e aumentando, deste modo, a produtividade (Muchiri & Pintelon, 2008).

O OEE apresenta três grandes variáveis:

- Disponibilidade dos equipamentos (D): normalmente causada por falhas ou avarias nos equipamentos, devido a pequenos ajustes ou perdas de setup aquando da mudança de um determinado modelo (Godfrey, 2002);
- Qualidade (Q): consiste em produtos não conformes antes do arranque ou durante a produção (Godfrey, 2002).
- Velocidade (V): devido a pequenas paragens, normalmente inferiores a 5 minutos e que serão facilmente reparadas pelos colaboradores da empresa e por tudo o que impede de se produzir à taxa de produção ideal (Godfrey, 2002).

Desta forma, o cálculo correto do valor do OEE é realizado segundo a Equação 1:

*Equação 1 - Cálculo do OEE*

$$OEE = D \times Q \times V$$

Sendo que,

O cálculo da disponibilidade é baseado no tempo de funcionamento e no tempo de abertura do equipamento, como se pode observar na Equação 2.

*Equação 2 - Cálculo da Disponibilidade no OEE*

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

O cálculo da velocidade encontra-se dependente do tempo de ciclo ideal, do número de peças produzidas e do tempo de funcionamento, como se pode observar na Equação 3.

*Equação 3 - Cálculo da Velocidade no OEE*

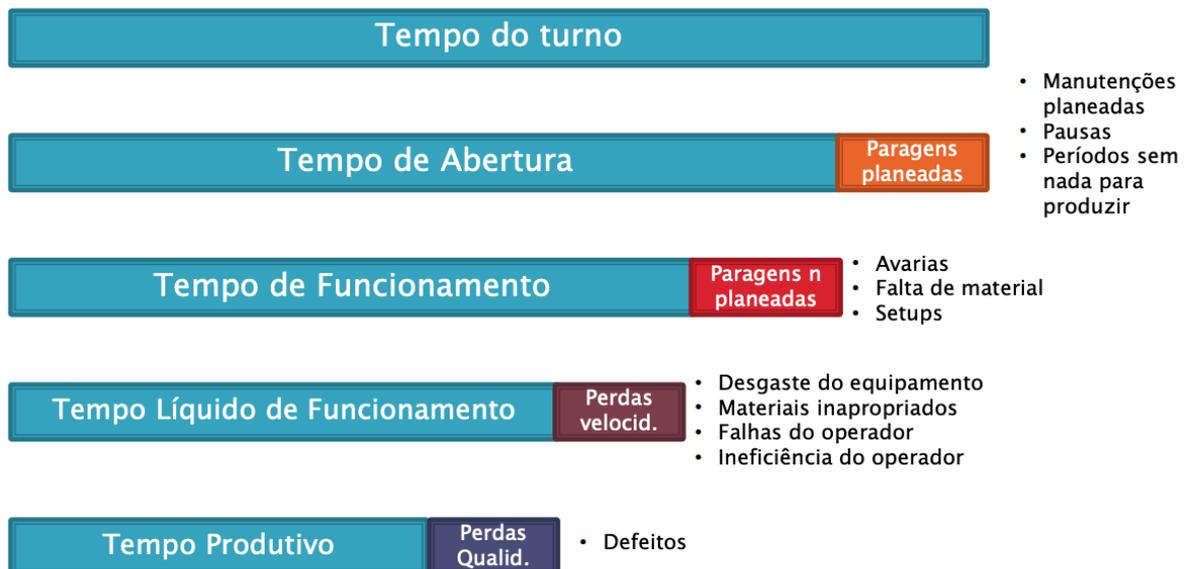
$$V = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de Funcionamento}}$$

Na Equação 4 encontra-se o cálculo do fator qualidade para o OEE.

*Equação 4 - Cálculo da Qualidade no OEE*

$$Q = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Peças produzidas}}$$

As definições de cada um dos tempos encontram-se na seguinte Figura 5.



*Figura 5 - Definição dos tempos utilizados no OEE (Godfrey, 2002)*

### 2.7.6 Produção Pull

Os sistemas de controlo de produção podem ser divididos em sistemas *pull*, sistemas *push* ou sistemas híbridos *push-pull*. Kimura & Terada (1980) definem sistema de produção *push* como sistemas de *Material Requirement Planning* (MRP) que utilizam informação sobre futuras necessidades dos clientes. Este tipo de sistemas tem como finalidade um curto prazo de entrega para clientes, possibilitado pelas elevadas quantidades de *stock*. No entanto, existem desvantagens, nomeadamente os elevados custos de posse. Quanto ao sistema de produção *pull*, este é baseado na produção de apenas encomendas realizadas por parte do cliente e baseado no JIT (Krajewski et al., 1987), isto é, apenas deve ser produzido o que o cliente encomendou, nas quantidades certas e no momento certo de forma a garantir a entrega no prazo previsto. Para este tipo de sistemas é recorrente a utilização de *kanbans* - mecanismos visuais que funcionam como uma autorização para produzir ou para transportar uma determinada quantidade de produtos (Sousa & Carvalho, 2021). Desta forma, não é necessário a utilização de previsões, sendo possível uma sincronização automática das operações a realizar e a criação de um fluxo contínuo (Loureiro, 2016).

Todos os autores concordam com a existência tanto de vantagens como de desvantagens para cada um dos modelos. Por isso, têm vindo a ser estudados sistemas híbridos. Um deles é o sistema *vertically integrated hybrid* que consiste na junção de um nível *pull* e de um nível *push* aquando da produção, combinando o sistema MRP com a utilização de *kanbans* (Cochran & Kim, 1998). Quanto ao sistema *horizontally integrated hybrid*, este foca-se nos custos de manufatura e não nos custos de fornecedores (Cochran & Kim, 1998). O balanceamento entre os dois sistemas pode eliminar os riscos inerentes a cada um dos sistemas e trazer as vantagens de ambos, possibilitando uma redução de custos (Puchkova et al., 2016).

### 2.7.7 Total Productive Maintenance (TPM)

O termo TPM, originário do Japão em 1971, corresponde a um método de melhoria da disponibilidade da máquina com uma melhor utilização dos recursos de manutenção e produção (Jain et al., 2012). Por meio dos termos que compõem o próprio conceito de TPM, consegue-se compreender os objetivos que o mesmo encerra:

1. *Total*: Envolvência de todos os colaboradores de uma empresa;
2. *Productive*: Minimização dos problemas de produção;
3. *Maintenance*: Manutenção do equipamento, mantendo-o em boas condições, assegurando que se encontra reparado e limpo.

O TPM é uma extensão do *Total Quality Management* (TQM). O seu principal objetivo passa por manter o equipamento em boas condições sem interferir com a produção diária (Jain et al., 2012).

Nakajima (1988) define TPM como um sistema de manutenção que envolve toda a vida útil de um equipamento, incluindo o seu planeamento e manufatura. Estabelece uma relação entre a produção e a manutenção, considerando necessário melhorar continuamente a qualidade do produto, a sua eficiência operacional e a sua segurança. Segundo Nakajima (1988), TPM apresenta três significados distintos:

1. *Total effectiveness* que indica a busca pela eficiência económica e lucrativa;
2. *Total maintenance system* que inclui a manutenção preventiva, incorporando características de confiabilidade, manutenibilidade e suporte no equipamento do projeto.
3. Participação total de todos os colaboradores, incluindo a manutenção autónoma por parte dos colaboradores, realizada através de atividades de pequenos grupos.

#### Pilares do TPM

Rodrigues & Hatakeyama (2006) recorrem à seguinte divisão dos pilares que sustentam o TPM:

1. **Manutenção Autónoma:** melhoria da eficácia dos equipamentos, melhorando a capacidade dos colaboradores para a execução de pequenas reparações, inspeções, limpezas, operações de lubrificação e apertos (Madewell, 1998).
2. **Manutenção Planeada:** controlo e planeamento eficiente da manutenção diária, juntamente com o planeamento das paragens (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).
3. **Melhorias específicas:** eliminação/redução de perdas do OEE, maximizando a eficiência, e eliminando desperdícios e perdas de produção. Podem ser identificados vários tipos de perda (Madewell, 1998), como:
  - Perdas associadas ao equipamento;
  - Perdas associadas à mão-de-obra;
  - Perdas de material.
4. **Gestão de novos equipamentos:** transmissão ao equipamento de um elevado grau de fiabilidade, manutibilidade, durabilidade, economia, operacionalidade, segurança e flexibilidade (Madewell, 1998).
5. **Gestão da qualidade do processo** – estabelecimento da metodologia zero defeitos e das condições 3M (*machine/ man/ materia*) (Ahuja & Khamba, 2008).
6. **TPM em áreas administrativas:** envolvimento do programa de administração.

7. **Educação e formação:** garantir a aprendizagem contínua dentro da organização, dividida em competências técnicas (especificidades técnicas) e competências sociais (no caso do trabalho em equipa) (Madewell, 1998).
8. **Segurança e meio ambiente:** criação de um ambiente seguro dentro da organização, sem acidentes de trabalho e com *standards* e procedimentos de operação (Ahuja & Khamba, 2008).

### Implementação do TPM

Nakajima (1988) divide a implementação do TPM em quatro grandes estágios:

- Estágio A – etapa preparatória: o primeiro passo é referente ao anúncio por parte da secção da gestão sobre a introdução de TPM na organização. Posteriormente, é necessário educar e formar os colaboradores acerca dos métodos a implementar, mantendo todos os departamentos ocorrentes e envolvidos, nomeadamente pelas metas bem definidas. Por fim, recorre-se à implementação propriamente dita do novo sistema, alterando a cultura organizacional da empresa.
- Estágio B – etapa introdutória: envolvimento dos clientes e fornecedores na metodologia TPM.
- Estágio C – etapa de implementação: criação de relações entre os oito pilares do TPM com as atividades realizadas dentro da organização.
- Estágio D – etapa de institucionalização.

## **2.8 Análise Crítica**

Após uma revisão literária detalhada, elaborou-se uma análise crítica dos conteúdos referidos na dissertação em comparação com artigos que referem a implementação ou utilização de *lean* em diferentes contextos. Em todos os artigos foi possível encontrar pelo menos uma referência ao TPS, com exceção de Bhasin & Burcher (2006), que decidiram concentrar o seu trabalho no TPM e na sua implementação, bem como em todas as necessidades técnicas e culturais a implementar para a melhoria de uma determinada empresa. Salienta-se a referência ao sistema de *kanbans*, que consiste num quadro de sinal visual fornecedor de informações sobre a produção em tempo real, destacando os gargalos já existentes no sistema. A correta execução deste tipo de sistemas é essencial aquando da implementação da produção *pull*.

Para além do sistema de *kanbans*, Zhou (2016) enfatiza o estudo da implementação *Total Quality Management* (TQM) e da sua relação com o TPM. Zhou (2016) realizou um estudo da eficiência das técnicas/ferramentas *Lean* que considerou mais relevantes, como por exemplo o *5S*, o *VSM* e o *SMED*.

Este estudo foi relevante para a realização da dissertação, pois forneceu informação sobre a hierarquia, segundo uma análise de *cluster*, da implementação das ferramentas e programas *Lean*.

Dahlgaard & Dahlgaard-Park (2006) abordam o *six sigma quality*, como forma de reduzir o desperdício, a variabilidade existente nos processos e eventuais defeitos (sendo o objetivo de 3,4 defeitos por milhão), atingindo, desta forma, o seis sigma desejado. Para isso, mencionam a aplicação do ciclo DMAIC (*Define – Measure – Analyse – Improve – Control*). Em primeiro lugar, é necessário identificar o processo ou produto que necessita de melhorias (*Define*). A segunda fase consiste na identificação das características do produto ou do processo que são críticas para as necessidades dos clientes, através da medição de KPI's, com vista ao aumento da qualidade do produto e à satisfação dos clientes (*Measure*). O fio condutor leva à análise da situação atual e à indicação das causas da variação dos parâmetros críticos (*Analyse*). Posteriormente, devem ser implementadas as melhorias nos parâmetros identificados (*Improve*). Por último, é necessário que todo o novo processo seja monitorizado e documentado, e, se necessário, devem ser refeitas algumas das fases do ciclo DMAIC (*Control*).

Lander & Liker (2007) apresentam uma abordagem distinta, referindo o desentendimento que diz respeito aos conceitos inerentes ao TPS. Ambos definem TPS como a organização e gestão dos princípios de uma empresa que ajudam a desenvolver o pensamento *lean* e a melhoria contínua. Para além disso, estruturam um VSM para a identificação de problemas num caso de estudo de uma determinada empresa.

Finalmente, Lacerda et al. (2016) apresentam um artigo sobre o uso da ferramenta VSM no processo de produção de partes de automóveis para uma empresa do setor automobilístico. Estes autores mencionam os sete tipos de desperdícios que são possíveis incorrer neste tipo de produção, salientando o sistema TPS e a metodologia SMED com o objetivo de reduzir os tempos de preparação das máquinas. Em suma, observou-se que a maioria dos artigos refere os mesmos conceitos/ferramentas *Lean* que a presente dissertação. Deste modo, conclui-se que a aplicação de um determinado conceito *Lean* não está ligado exclusivamente a uma indústria, podendo ter várias aplicabilidades em diversas áreas e indústrias.

### 3. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo são apresentados e caracterizados, sucintamente, os processos da empresa. A dissertação de mestrado foi desenvolvida na ALOFT, uma empresa localizada em Canidelo, Vila do Conde, com mais de 4000m<sup>2</sup> cobertos e 12.000m<sup>2</sup> totais (Aloft, 2022). Pertencente à indústria do calçado, atualmente a empresa envia os seus produtos para diversas partes do mundo. Os colaboradores são apaixonados pela técnica e *performance* do calçado com um objetivo em mente: entregar o melhor produto possível. Os principais processos vão desde o conceito até à aquisição do conhecimento, passando pelo *design*, pela engenharia, pelo desenvolvimento, pela testagem, pela produção e ainda pela análise de dados. Na Figura 6 é possível observar um exemplo das solas prontas para entregar ao cliente final.



Figura 6 - Solas finalizadas pela empresa ALOFT (Aloft, 2022)

Esta empresa está dividida em 4 setores: a borracha (*rubber*), o *Thermoplastic polyurethane* (TPU), o laboratório (*Lab*) e o setor das rotativas (*Rotary*), como se pode observar na Figura 7.

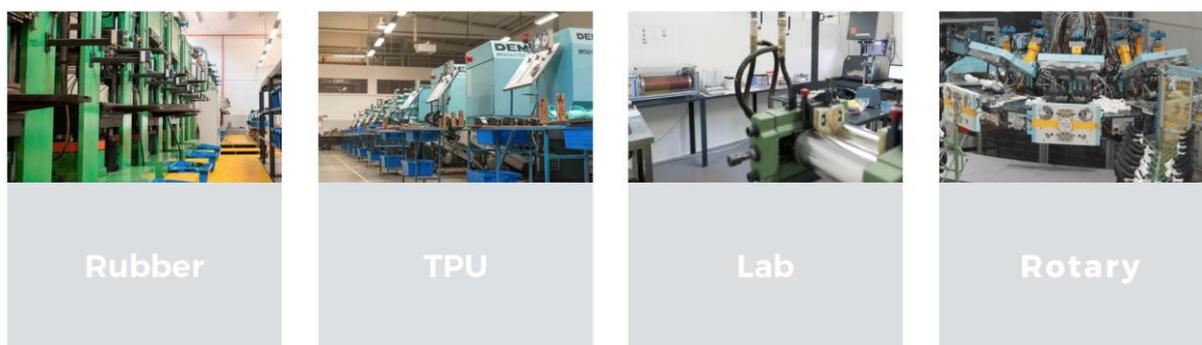


Figura 7 - Setores existentes na ALOFT (Aloft, 2022)

### **3.1 Setor da borracha**

Este setor labora num turno de oito horas, onde ocorrem processos como a mistura da matéria-prima, o corte de matéria-prima em pré-formatos por um processo automático, e o processo de maquinação de borracha para obter o produto final através de um sistema semiautomático, que labora em três turnos de oito horas.

### **3.2 Setor do *Thermoplastic polyurethane* (TPU)**

Este setor labora em três turnos de oito horas, onde ocorre a injeção de TPU nas máquinas. Nestas máquinas, é necessário controlar a temperatura e a pressão nos respetivos processos – que são automáticos ou, se precisarem da inserção de uma etiqueta na sola do produto, semiautomáticos.

### **3.3 Laboratório**

No laboratório fazem-se testes para o estudo de novos pigmentos e cores a inserir no material. Para além disso, estudam-se duas variáveis posteriormente aos pré-formatos da borracha estarem concluídos: o tempo de segurança (Ts) e o T90, que indica que 90% do material está pronto para ser produzido. Para a medição destas duas variáveis são realizados testes de biometria. No laboratório, são também realizados os seguintes testes:

- Testes de abrasão;
- Testes de densidade;
- Testes de desgaste;
- Testes de dureza;
- Testes de condutividade elétrica.

### **3.4 Setor das rotativas**

A secção das rotativas labora em dois turnos de doze horas. Para além disso, esta secção trabalha sete dias por semana. Nas rotativas existe injeção de material entre seis e oito moldes distintos por rotativa, o que possibilita uma maior quantidade de produção nesta secção.

### 3.5 Zona do acabamento/Expedição

Por último, existe uma zona de acabamento e expedição, onde laboram dois turnos de oito horas, que consiste na rebarbagem das solas dos sapatos e em pequenas reparações que são possíveis corrigir aquando do aparecimento de defeitos. Finalmente, os artigos são embalados e expedidos.

### 3.6 Programa utilizado na empresa: *Wingiic*

O programa *Wingiic* é muitas vezes utilizado pela indústria do calçado. No entanto, é facilmente adaptado para qualquer tipo de indústria (*Wingiic*, 2022). Este programa apresenta diversas funcionalidades, como:

- Planeamento da produção, tendo em conta todas as restrições necessárias tanto por falta de matéria-prima, como por incapacidade de produção devido a falta de máquinas, moldes ou mão-de-obra;
- Gestão e monitorização dos KPI's;
- *Design* do produto;
- Partilha de informação por todas as secções da empresa, possibilitando verificar em que zona se encontra uma determinada encomenda, se ainda se encontra em produção ou se já se encontra armazenada;
- Possibilidade de filtrar informação;
- Capacidade de exportação de ficheiros;
- Gestão de dados técnicos como processos de fabrico, fichas técnicas ou mesmo fichas de orçamentação;
- Gestão comercial (como clientes, preços, catálogos, encomendas, *packing lists* e informação quanto às necessidades brutas de materiais);
- Gestão de aprovisionamentos como fornecedores, *stocks*, ordens de compra e receções de materiais;
- Gestão de *stocks*, como movimentos e transferências;
- Preparação da produção - ordens e planos de fabrico;
- Controlo da produção e da qualidade;
- Expedição - desde as *packing lists* às documentações para faturação e etiquetas para as caixas a serem expedidas.

Este programa é utilizado por toda a empresa, possibilitando melhorias na comunicação e no *tracking* de cada uma das encomendas a serem produzidas.

### 3.7 Estrutura Organizacional

A ALOFT, Lda é constituída por aproximadamente 120 colaboradores, distribuídos por 6 departamentos principais: comercial, *design*, produção, qualidade, financeiro e de desenvolvimento. Todos estes departamentos e as suas relações com as restantes funções da empresa podem ser observados na Figura 8.

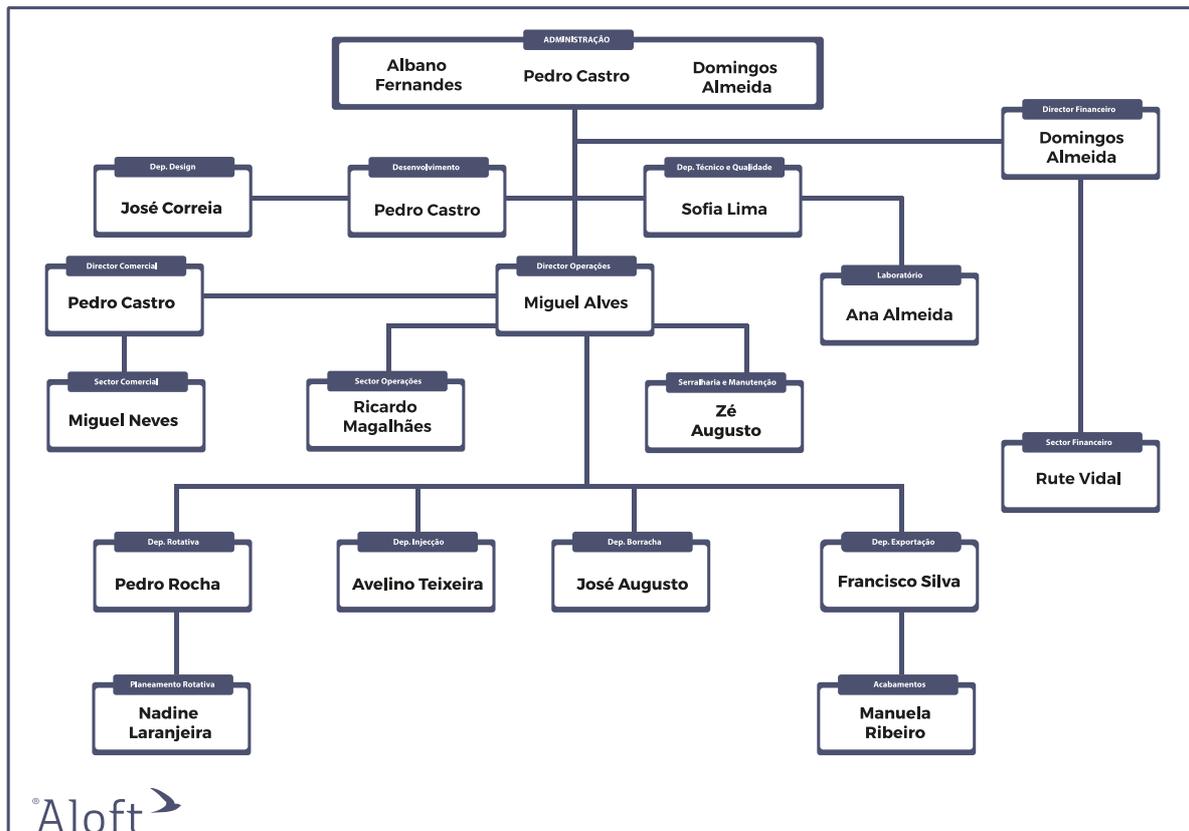


Figura 8 - Organograma da empresa

## 4. DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO DO PROCESSO ATUAL

Este capítulo tem como principal intuito a descrição do processo produtivo nas secções da borracha e das rotativas, bem como a identificação de problemas associados. Estas foram as duas secções escolhidas, por parte da empresa, para atuação imediata. Para a identificação dos problemas, recorreu-se à observação no chão de fábrica do processo atual, ao diálogo com os colaboradores da empresa e à análise de documentação interna. Para além disso, puseram-se em prática várias ferramentas *lean*.

### 4.1 Secção da borracha

Para a correta interpretação dos pontos a melhorar nesta secção, é necessário descrever o processo produtivo de forma detalhada da mesma, desde a matéria-prima ao produto final.

#### 4.1.1 Especificação do cliente

O cliente começa por especificar diferentes tipos de variáveis que pretende, desde os valores da densidade, abrasão, desgaste, atrito, dureza, condutividade elétrica, flexão, sílica e resistência ao solo - variáveis a serem testadas em laboratório – e desenho, o que implica a escolha das cores e dos tamanhos.

#### 4.1.2 Preparação da mistura

Após a receção da matéria-prima, dá-se a mistura dos materiais, dos quais fazem parte os antioxidantes, por forma a não manchar as solas, os aceleradores, que funcionam como agentes de vulcanização, a sílica para conferir a dureza necessária, a borracha e as cores pretendidas. O colaborador verifica a folha da encomenda com as respetivas quantidades, pesa todos os materiais e coloca-os num carrinho que será transportado até ao misturador, como se pode observar na Figura 9 . No *banbury*, ou misturador, o colaborador deverá ter em atenção os tempos e a ordem de todos os produtos a juntar na mistura. Para isso, verifica uma folha de instrução com a especificação dessas mesmas diretrizes.



*Figura 9 - Matéria-prima para a elaboração de uma nova encomenda*

#### 4.1.3 Cilindro

Após o processo anterior estar completo, a mistura passa por um processo de “alisamento”, em que o cilindro trabalha com uma temperatura elevada, aquecendo o preparado (Figura 10). Nesta fase são também adicionados aceleradores para ajudar na vulcanização.



*Figura 10 - Funcionamento do cilindro*

Posteriormente, a mistura passa para o processo em que se irão realizar os pré-formatos (Figura 11) e, após arrefecidos, estes são colocados junto das máquinas monocolores e bicolores.



*Figura 11 - Representação dos pré-formatos retirados da barwell*

#### 4.1.4 Máquinas de formação das solas

Nas máquinas da borracha, é possível fazer a distinção de dois processos:

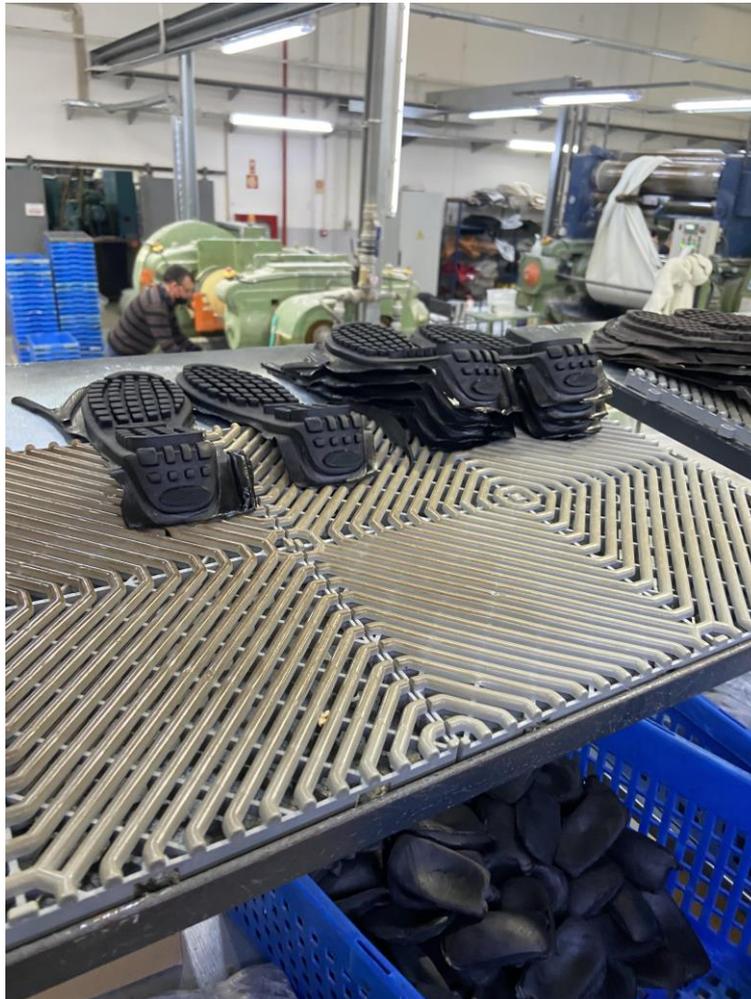
- Máquinas monocolores (Figura 12): os pré-formatos são colocados nos respetivos moldes, a máquina é iniciada e, após um tempo de ciclo de aproximadamente 5 minutos, são retiradas as solas e é realizado um procedimento de controlo de qualidade on à gestão visual.



*Figura 12 - Máquinas da secção da borracha*

- Máquinas bicolores: ambas as cores dos pré-formatos são colocadas em moldes distintos e, após 2 minutos, é retirado o molde intermédio que irá possibilitar a junção das cores. O tempo de ciclo deste último processo de junção é de aproximadamente 10 minutos.

Na Figura 13 é possível observar as solas após o processo de maquinação, antes de irem para o acabamento/embalamento.



*Figura 13 - Exemplo das solas*

#### 4.1.5 Zona de acabamento/expedição

Por último, as solas passam por uma fase de acabamento que envolve processos desde a rebarbagem, a pintura de solas devido a defeitos encontrados, o seu embalamento e a etiquetagem. Na Figura 14 é possível visualizar a zona de acabamento/embalamento para as secções da borracha e da injeção.



*Figura 14 - Zona de acabamento/embalamento*

Para a representação visual de todo o processo que ocorre atualmente na secção da borracha, foi realizado um fluxograma, sendo que a sua notação se encontra representada no Apêndice I. O fluxograma que representa toda a secção da borracha juntamente com o embalamento encontra-se no Apêndice II. A descrição de cada uma das tarefas é observada no Apêndice III.

Este fluxograma apenas permite visualizar e diferenciar as operações que não acrescentam valor das que acrescentam (representadas por um círculo), não incluindo qualquer tipo de informação quanto ao tempo de cada atividade, à distância percorrida em cada transporte ou à quantidade transportada.

## **4.2 Secção das rotativas**

Neste segmento é descrito o processo produtivo de forma detalhada de todas as zonas correspondentes à secção das rotativas, desde a matéria-prima até à expedição dos produtos.

### **4.2.1 Abastecimento de matéria-prima**

Neste processo, apenas uma pessoa trabalha no turno diário, recebendo a matéria-prima e verificando se os valores da densidade e dureza entregues pelo fornecedor correspondem aos valores delimitados pela empresa. No caso de corresponder, é dada entrada do material no programa *Wingiic* da empresa.

Para o abastecimento da matéria-prima, dá-se a mistura do material Policloreto de vinila (PVC) ou *Styrene Ethylene Butadiene Styrene* (SEBS), dependendo do modelo a ser criado, juntamente com 30% de moído. Posteriormente, a mistura é colocada num saco que servirá de abastecimento para as rotativas, como se pode observar na Figura 15.



*Figura 15 - Representação do material de abastecimento das rotativas*

#### 4.2.2 Rotativas

Nesta zona existem três rotativas, uma delas apresenta seis moldes e as restantes oito moldes. Após a injeção da sola e do cano, as solas são colocadas em caixas que seguem para o acabamento e embalagem. De notar que é necessário realizar sempre a saída dos produtos. É possível visualizar o exemplo de uma rotativa na Figura 16.



*Figura 16 - Representação das rotativas*

#### 4.2.3 Zona de acabamento/Embalagem

Após a receção dos produtos, estes são colocados num mecanismo rolante (carrossel), onde ocorrerá a rebarbagem dos sapatos, a colocação de palmilhas, a colocação de etiquetas, a costura de meias, o controlo de qualidade através da gestão visual e uma última limpeza do produto, sendo que este processo varia de modelo para modelo.

Posteriormente, cada uma das caixas é embalada e faz-se a sua picagem para dar saída dos produtos. No fim, as embalagens são transportadas para a zona da expedição. É possível observar um exemplo da zona de acabamento na Figura 17.

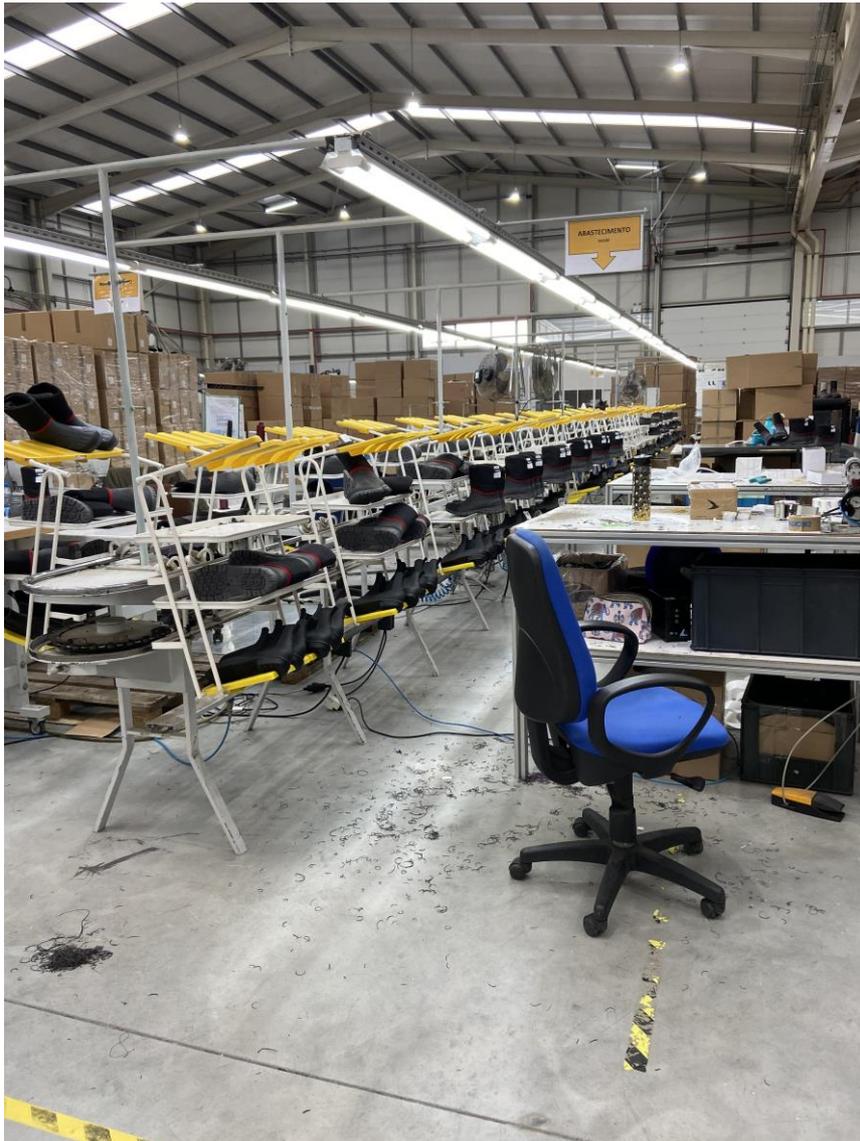


Figura 17 - Zona de acabamento das rotativas

#### 4.2.4 Expedição

Na zona da expedição, os colaboradores verificam se a encomenda entregue pelo embalamento irá ser expedida na mesma semana. No caso de ser expedida nessa semana, colocam a encomenda junto do cais de saída. Caso contrário, armazenam a encomenda, realizam a picagem do produto e identificam a estante em que fica armazenada. A disciplina utilizada é a de *First In First Out* (FIFO), posta em prática aquando do *picking* de cada encomenda.

### 4.3 Análise crítica do estado atual

Nesta secção é descrita a situação atual nas secções da borracha e da rotativa recorrendo à aplicação de ferramentas de diagnóstico *lean*.

#### 4.3.1 VSM da secção da borracha

Na secção da borracha foi aplicada a ferramenta *Value Stream Mapping*, como forma de identificação de problemas. Para isso, foi necessário identificar a família de produtos a ser estudada. Foi realizada, então, uma análise ABC com as encomendas para o ano de 2022. No Apêndice IV verifica-se que cerca de 20% dos artigos representam 63% das encomendas, correspondente à classe A; cerca de 30% dos artigos representam 24% das encomendas, correspondente à classe B; e, por último, 50% dos artigos representam 13% das encomendas, correspondente à classe C. Como é possível observar na Figura 18, o modelo “SOLA SANDAL 100 OUTDOOR W CASTANHA” é o que representa maior quantidade de encomendas (em pares), com uma percentagem de 36% das encomendas. Desta forma, o modelo “SANDAL 100 OUTDOOR” para diferentes tamanhos e cores corresponde à família de produtos a ser estudada no VSM.

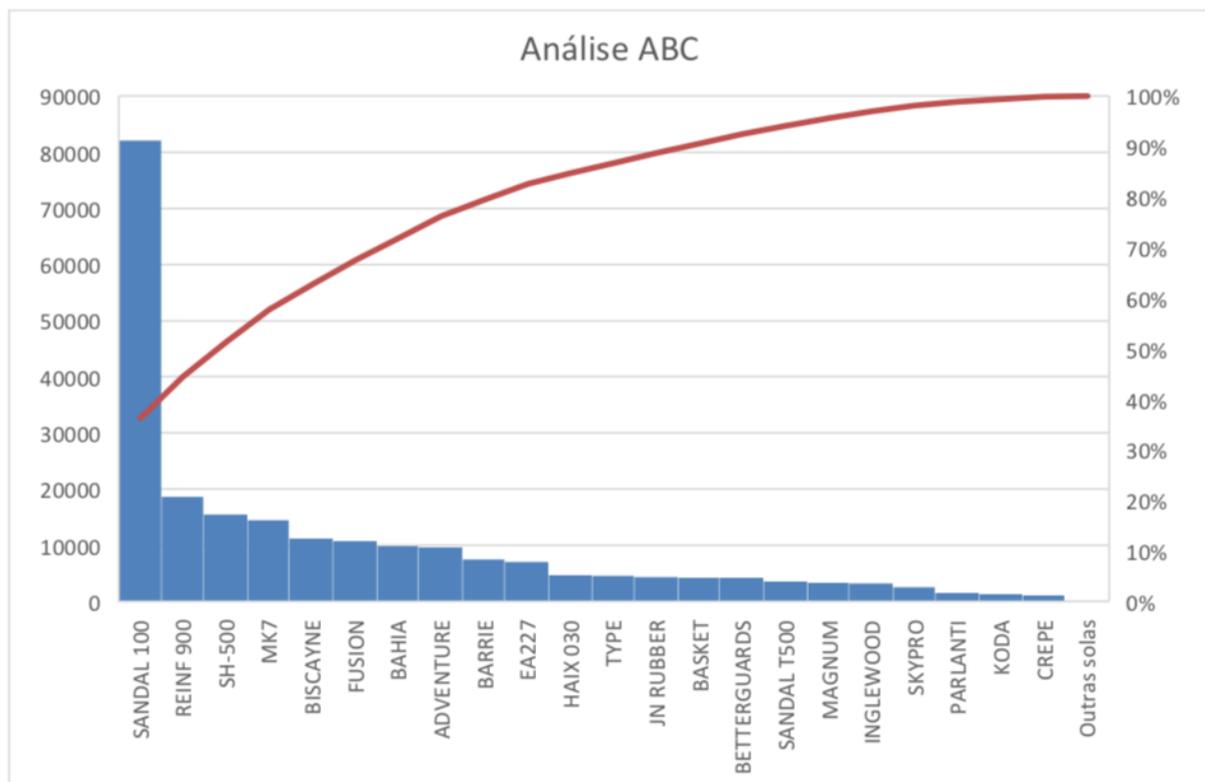


Figura 18 - Diagrama de pareto da secção da borracha

Após a escolha da família de produtos, é necessário entender como funcionariam as encomendas com o cliente e o pedido de matéria-prima com o fornecedor. Deste modo, quando a encomenda é realizada e confirmada pelo cliente, a empresa encomenda e confirma a matéria-prima necessária. Após a receção da encomenda, são realizados os planos semanais de produção, que possibilitam o início da produção. Para a realização do VSM foi fundamental proceder à medição de tempos de todas as operações desta

secção, anteriormente identificadas, com exceção das máquinas de borracha, sobre as quais a empresa forneceu o estudo dos tempos.

Como se pode observar no Apêndice V, o *banbury* demora, em média, 590 segundos para preparar a mistura, sendo que o tempo de ciclo, por par, seria de 5,1 segundos. Relativamente ao cilindro, o tempo de processamento é de 932 segundos e apresenta um tempo de ciclo de 11,8 segundos. Da *barwell* sai um par de pré-formatos a cada 3,6 segundos, no entanto, como são necessários dois operadores a realizar a mesma tarefa, o tempo de processamento é de 7,2 segundos, o que também acontece na colocação dos pré-formatos em caixas. No caso do arrefecimento, este apresenta um tempo de processamento de 600 segundos com um tempo de ciclo de 6,5 segundos. Já as máquinas de borracha, o tempo de processamento é de 210 segundos, mas como são necessárias 3 máquinas para a realização do mesmo modelo esta tarefa apresenta um tempo de ciclo de 70 segundos. Por último, o tempo de ciclo do acabamento corresponde a 19 segundos, sendo que o tempo de processamento total para uma sola é de 35,7 segundos.

Para analisar as máquinas de borracha, foi necessária a medição dos tempos de *setup*, visto que não existiam dados sobre essa variável. Depois de ter uma amostra suficientemente grande, segundo a Equação 5, foi contabilizado todo o inventário presente na secção entre cada uma das operações. A produção desta secção funciona segundo a disciplina *make to order* e não *make to stock*, ou seja, a produção funciona apenas por encomenda e não para *stock*. Desta forma, visto que a empresa funcionava com produção *pull*, entre algumas das operações não havia inventário. Por fim, mediu-se a disponibilidade das máquinas através do cálculo do OEE que será apresentado. O VSM encontra-se representado no Apêndice V.

#### Registo do *setup*

Na Tabela 1 são descritas cada uma das tarefas de mudança do molde, assim como o tempo despendido para a sua realização. Os tempos retirados têm em conta o tempo desde o último artigo produzido sem defeitos do lote antigo até ao primeiro produto produzido sem defeitos do lote seguinte. Estes tempos foram retirados várias vezes tendo em conta a seguinte Equação 5:

*Equação 5 - Cálculo de verificação da amostra*

$$N' = \left( \frac{Z \times \sigma}{\varepsilon \times m} \right)^2 = \left( \frac{1,96 \times \sigma}{0,05 \times m} \right)^2$$

Constatou-se um grau de confiança de 95% e o valor de Z segundo uma distribuição normal será de 1,96. Considerou-se uma margem de erro de 5%, pelo que  $\varepsilon = 0,05$ . Para além disso, é necessário ter em conta o tamanho da amostra ( $m$ ) e o desvio padrão entre cada uma das observações ( $\sigma$ ). O valor

de  $N'$  corresponde ao número de registos necessários para satisfazer um grau de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%. Este valor deverá ser inferior ao valor de  $N$  - número de registos efetuados. Assim, após a obtenção de um valor de registos superior ao valor  $N'$ , foi calculada a média desses tempos. A média encontra-se na Tabela 1.

*Tabela 1 - Registo dos tempos de setup*

Tarefa descrita	Tempo despendido (seg.)
Verificação do plano de produção atual	27
Verificação do plano de produção seguinte	28
Suspensão da máquina	
Desenroscar os 2 parafusos em cada lado da parte frente	21
Movimentação do operador	11
Desenroscar os 2 parafusos em cada lado da parte detrás	20
Movimentação do operador	7
Descensão da parte superior do molde	8
Transporte de uma mesa para junto da máquina	
Transporte do molde para cima da mesa	43
Limpeza da máquina com a pistola de ar	5
Transporte dos moldes até à prateleira	39
Arrumação do molde na prateleira	17
Transporte do carrinho até ao novo molde	26
Procura e colocação do molde na mesa	21
Transporte da mesa até um local próximo da máquina	38
Colocação do molde na máquina	27
Posicionamento do molde com a ajuda de um parafuso	41
Enroscamento de todos os parafusos	37
Movimentação do operador	12
Enroscamento dos parafusos	21
Movimentação do operador	12
Colocação da máquina em funcionamento	

Tarefa descrita	Tempo despendido (seg.)
Alteração da identificação do artigo na máquina	27
Tempo de aquecimento dos moldes	1838
Colocação dos pré-formatos e recolha do par de solas	671
<b>Tempo total</b>	<b>2997s= 50min</b>

### Cálculo do OEE

Quanto ao cálculo do OEE, foram fornecidos, por parte da empresa, dados relativamente à última semana do mês de fevereiro de 2022 para cada uma das máquinas de borracha. Após uma análise detalhada, obtiveram-se os tempos dos turnos dessa semana, os tempos das paragens planeadas e das não planeadas. Desta forma, obteve-se o valor da variável disponibilidade tendo em conta a Equação 2. Para além disso, através das peças produzidas e do tempo de ciclo ideal para cada modelo, foi calculada a variável velocidade, segundo a Equação 3. Recorrendo ao número de peças boas, foi calculada a variável qualidade, tendo em conta a Equação 4. Finalmente, foi determinado o produto das três variáveis para obtenção do OEE e uma média de todas as máquinas para essa semana. Todos os valores calculados, por máquina, encontram-se no Apêndice VI. Na Tabela 2 é apresentado um resumo dos resultados obtidos.

*Tabela 2 - Valores de OEE por máquina monocolor da borracha*

	<b>Máquina 1</b>	<b>Máquina 2</b>	<b>Máquina 3</b>	<b>Máquina 4</b>	<b>Máquina 5</b>
<b>Disponibilidade</b>	97,78 %	95,56 %	91,33 %	98,89 %	96,67 %
<b>Qualidade</b>	99,29 %	98,81 %	98,09 %	98,77 %	98,89 %
<b>Velocidade</b>	71,16 %	69,62 %	74,76 %	63,66 %	76,04 %
<b>OEE</b>	69,08 %	65,74 %	66,98 %	62,18 %	72,68 %

Como é possível observar, todos os valores de OEE são próximos a 65%. Estes baixos valores de OEE devem-se aos baixos valores de velocidade, que rondam os 70%. Desta forma, é necessário apontar melhorias para este fator do OEE.

### Análise da equilibragem atual da linha de acabamento

Para além da medição do OEE, foi necessário medir a eficiência da linha de acabamento tendo em conta diversos modelos a serem produzidos. Após a obtenção de todos os tempos, tendo em conta uma amostra suficientemente grande (Equação 5), foram obtidos os seguintes valores médios da Tabela 3.

Tabela 3 - Tempos das operações da linha de acabamento

Solas	1	2	3	4	5	6
	Abastecimento (segundos)	Rebarbagem (segundos)	Limpeza (segundos)	Embalamento + Etiquetagem (segundos)	Tapete (segundos)	Embalamento final (segundos)
Sola <i>Outdoor</i> 100	7,5	19	-	2,3	30	5
	A	B		F	-	-
Sola <i>Inglewood</i>	10	45	18	2,3	30	5
	A	C	E	F	-	-
Sola <i>ARA NARA</i>	5	15	-	2,3	30	5
	A	D		G	-	-

Cada letra corresponde a um determinado colaborador. Por exemplo, a operadora B apenas trata da operação de rebarbagem da sola *outdoor* 100. As parcelas que não têm uma letra a simular o operador correspondem às operações automáticas.

Para além disso, a velocidade do carrossel é de 75 segundos/carrinho, isto é, de 75 em 75 segundos passa um carrinho com os produtos abastecidos. Atualmente, estão a ser abastecidos 4 pares/carrinho no caso da sola *outdoor* 100, as solas *inglewood* são abastecidas segundo uma sequência de 2 pares – 1 par, e 5 pares/ carrinho no caso da sola *ARA NARA*.

É possível verificar a existência de muitas pessoas numa linha de acabamento para um baixo tempo de ciclo. Para além disso, verifica-se que a distribuição de operações pelos colaboradores não é equilibrada devido à variabilidade de tempos existente entre as elas.

### Análise de resultados

Após a representação do VSM, foi calculado o *Lead Time* (LT), correspondente ao tempo de armazenamento do inventário; e o *Processing Time* (PT), correspondente ao tempo das atividades que acrescentam valor para o cliente.

Dentro da mesma secção existem horários laborais distintos, sendo que algumas operações laboram num turno de 9 horas, com uma pausa de almoço de 30min e duas de lanche de 15min, enquanto

outras operações dividem o trabalho em três turnos com uma paragem de 30 minutos em cada um deles. Por este facto, foi necessário recorrer a três tipos de LT e PT.

Pela análise ABC efetuada, a procura de 2022 para os primeiros quatro meses do modelo selecionado (Sola *Outdoor* 100) é de 82.104 pares, o que equivale a uma procura diária de 1642 pares. Este valor foi obtido através da divisão da procura do modelo pelo número de dias de trabalho que teriam disponíveis até à entrega do produto, o que, neste caso, corresponde a 50 dias. Por isso, o *Takt Time* (TT) para as operações de apenas 1 turno foi calculado segundo a Equação 6.

*Equação 6 - Cálculo do TT para 1 turno da secção da borracha*

$$TT = \frac{TDisponível}{Procura} = \frac{7,5 \times 60 \times 60}{1642} = 16,4 \text{ segundos}$$

Para o conjunto das operações selecionadas com apenas 1 turno do VSM (*Banbury*, cilindro, *barwell*, arrefecimento e colocação dos pré-formatos em caixas) foi obtido um Tempo de Ciclo (TC) de aproximadamente 11,8 segundos, uma vez que é o tempo da operação mais demorada (cilindro), como se pode observar no Apêndice V. Ou seja, de 11,8 segundos em 11,8 segundos sai um novo par de solas. Deste modo, como  $TC < TT$ , conclui-se que é possível responder às necessidades dos clientes. Relativamente às máquinas de borracha, que exigem 3 turnos diários, o cálculo do TT pode ser encontrado na Equação 7.

*Equação 7 - Cálculo do TT para as máquinas de borracha*

$$TT = \frac{TDisponível}{Procura} = \frac{7,5 \times 3 \times 60 \times 60}{1642} = 49,3 \text{ segundos}$$

Conclui-se que com um tempo de ciclo de aproximadamente 70 segundos não é possível responder às necessidades do cliente. O tempo de ciclo considerado foi aproximado à operação mais lenta, que corresponde à máquina da borracha, como se pode observar no Apêndice V.

Relativamente ao acabamento, que exige 2 turnos diários, o cálculo do TT pode ser encontrado na Equação 8.

*Equação 8 - Cálculo do TT para o acabamento*

$$TT = \frac{TDisponível}{Procura} = \frac{7,5 \times 2 \times 60 \times 60}{1642} = 32,9 \text{ segundos}$$

O tempo de ciclo é de 19 segundos, pelo que o  $TC < TT$ . Logo, é possível responder às necessidades do cliente.

Para além disso, após a contabilização do inventário durante uma semana, foi considerada uma média diária do número de pares entre cada uma das operações. Para a obtenção do WIP em dias, foi realizada

a divisão entre o número de pares entre as operações e a procura diária em pares para a Sola *Outdoor* 100. A título de exemplo, antes da operação do *banbury* foi possível contabilizar produtos de mistura para a realização de 41.143 pares, pelo que o WIP será de  $41.143/1642 = 25,06$  dias, sendo a procura diária de 1642 pares, como referido anteriormente. Foi este o processo usado para as restantes operações.

Foi ainda possível calcular o rácio de valor acrescentado para ambos os casos tendo em conta a seguinte Equação 9:

*Equação 9 - Cálculo do rácio de valor acrescentado*

$$RVA = \frac{\textit{Processing Time}}{\textit{Lead Time} \times \textit{Tempo Disponível}}$$

Desta forma, obtém-se um RVA = 0,315% para as operações de 1 turno referidas acima. Para as máquinas de borracha (operação com 3 turnos) foi obtido um RVA = 0,136%. Por último, obteve-se um RVA = 0,590% no acabamento (operação com 2 turnos). Conclui-se que ambos apresentam um baixo número de atividades que acrescentam valor para o cliente, sendo necessária a redução do WIP entre cada uma das operações.

#### 4.3.2 VSM da secção das rotativas

Na secção das rotativas foi também aplicada a ferramenta *Value Stream Mapping*, como ferramenta para a identificação de problemas. Foi novamente necessário identificar qual a família de produtos a ser estudada recorrendo à análise ABC com todas as encomendas para o ano de 2022.

No Apêndice VII verifica-se que 20% dos artigos representam 49% das encomendas, correspondente à classe A; 30% dos artigos representam 28% das encomendas, correspondente à classe B; e, por último, 50% dos artigos representam 33% das encomendas, correspondente à classe C. Como se observa na Figura 19, o modelo SBTS é o que representa maior quantidade de encomendas, correspondendo a 26% das encomendas. Por isso, o modelo SBTS para diferentes tamanhos corresponde à família de produtos a ser estudada no VSM. As encomendas são realizadas exclusivamente por um cliente que fornece previsões anuais do que será necessário produzir, e envia semanalmente a confirmação de todas essas produções. Os fornecedores recebem previsões semanais dos materiais necessários. A receção de matéria-prima ocorre 1x/semana e a expedição ocorre todas as 4<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> feiras.

Para a realização do VSM recorreu-se a documentos com informação dos tempos das operações (retirados por parte da empresa), assim como à análise do registo do inventário. Esses tempos foram retirados nas primeiras nove semanas do ano de 2022.

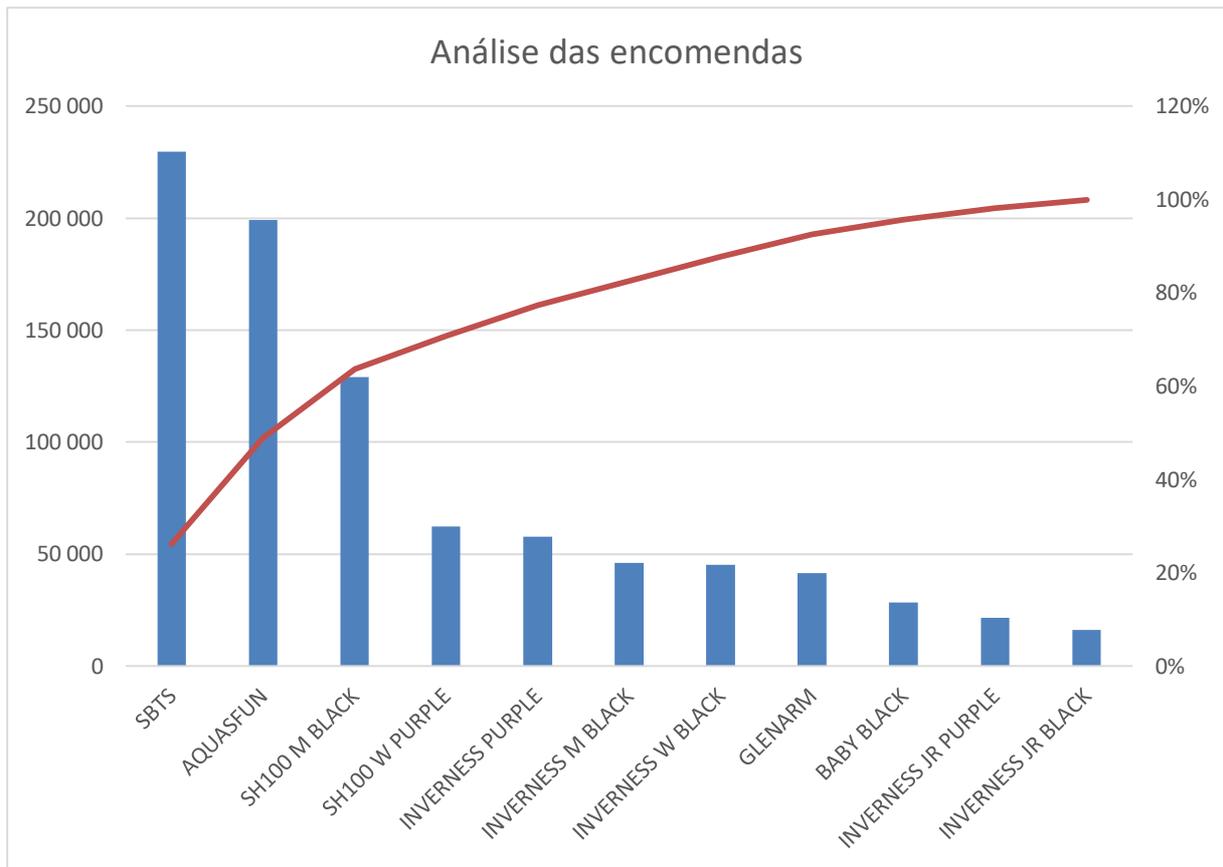


Figura 19 - Diagrama de pareto da secção das rotativas

As rotativas apresentam um tempo de ciclo de 65 segundos, com um tempo total de processamento de 1040 segundos. A linha de acabamento apresenta um tempo total de processamento de 128,2 segundos, sendo que uma sola sai a cada 29 segundos.

Mediram-se os tempos de *setup* das rotativas, tendo em conta que a amostra obedecia à Equação 5, uma vez que não haveria qualquer informação sobre estes valores. Por último, foi medida a disponibilidade das máquinas por meio do cálculo do OEE que será apresentado. O VSM desenvolvido encontra-se no Apêndice VIII.

#### Registo do *setup* das rotativas

Os tempos retirados para a mudança de molde nas rotativas encontram-se no Apêndice IX e constata-se que o tempo total médio é de 2h20min.

#### Cálculo do OEE para as rotativas

Quanto ao cálculo do OEE, este foi semelhante ao cálculo realizado para as máquinas de borracha, sendo que os valores apresentados se encontram no Apêndice X. A Tabela 4 resume os valores obtidos.

Como se pode observar, ambas as rotativas apresentam bons valores de OEE com a exceção da rotativa 2, que apresenta um baixo valor, cerca de 61%, devido a um baixo valor da variável velocidade de 65%.

Tabela 4 - Valores do OEE da secção das rotativas

	<b>Rotativa 1</b>	<b>Rotativa 2</b>	<b>Rotativa 3</b>
<b>Disponibilidade</b>	96,33 %	94,93 %	92,66 %
<b>Qualidade</b>	98,73 %	98,93 %	99,01 %
<b>Velocidade</b>	97,99 %	64,73 %	81,90 %
<b>OEE</b>	93,20 %	60,79 %	75,14 %

### Análise de resultados

Após a representação do VSM, foi calculado o *Lead Time (LT)*, correspondente ao tempo de armazenamento do inventário; e o *Processing Time (PT)*, correspondente ao tempo das atividades que acrescentam valor para o cliente. Nesta secção, as rotativas funcionam com dois turnos de 12 horas, não existindo qualquer pausa, visto que há alternância de cargos. O acabamento labora com dois turnos de 8 horas cada, existindo uma pausa de 30 minutos para cada turno.

A procura anual é de 229.602 pares (com apenas 15 dias de férias), pelo que a procura diária é de 656 pares. Foi obtido um TT = 132 segundos com um TC = 65 segundos. Desta forma, é possível responder às necessidades dos clientes. Após o cálculo do WIP, como procedido anteriormente no VSM da borracha, calculou-se o valor de RVA para as rotativas, e o valor obtido foi 0,0814%.

Tendo em conta que os operadores da secção do acabamento não trabalham aos fins de semana e têm direito a 22 dias de férias, o valor da procura diária obtido foi de 965 pares. Resultando, assim, num TT = 56 segundos e num TC = 22 segundos, sendo, também aqui, possível dar resposta às necessidades dos clientes para o modelo estudado em questão (SBTS). O RVA obtido para o acabamento foi de 0,0088%. Dado o baixo valor de atividades que acrescentam valor, conclui-se que há possibilidade de melhorias tanto nas rotativas como no acabamento. Por fim, a elevada quantidade de WIP no acabamento sugere a necessidade de uma análise mais detalhada.

#### 4.3.3 Análise detalhada do acabamento das rotativas

Inicialmente, construiu-se um fluxograma para perceber as atividades que estariam a acrescentar valor ao produto. A notação inerente a esta ferramenta está explicada no Apêndice I, em que o triângulo retrata o armazém de expedição, as setas correspondem ao transporte dos produtos, os círculos representam as operações e os retângulos correspondem às inspeções a realizar.

O fluxograma do acabamento das rotativas encontra-se no Apêndice XI e a descrição de cada uma das tarefas encontra-se no Apêndice XII.

Este fluxograma apenas permite visualizar e diferenciar as operações que não acrescentam valor das que acrescentam (representadas por um círculo), não contendo qualquer tipo de informação quanto ao tempo de cada atividade, à distância percorrida em cada transporte ou à quantidade transportada. Como auxílio, executou-se um diagrama de processo. Como se observa na Tabela 5, apenas 48% das atividades acrescentam valor para o cliente, ocorrendo num desperdício de uma distância igual a 47 metros. Apesar do baixo valor de atividades que acrescentam valor para o cliente, estas são indispensáveis para o bom funcionamento do produto.

Tabela 5 - Diagrama de processo da linha de acabamento das rotativas

				Distância (m)	Tempo (seg)	Quantidade (pares)	Descrição
							Saída do armazém
				3	10	1	Transporte para o carrossel
					18		Abastecimento da linha
				10	266	1	Transporte para a costura
					20,3		Costura
				25	666	1	Transporte para a etiquetagem
					8,1		Etiquetagem
					3		Inspeção de rebarbas
					17,4		Rebarbagem
				3	80	1	Transporte
					4		Inspeção de linhas
					6,1		Corte das linhas
					2		Inspeção de limpeza
					9,8		Limpar par
					5,8		Unir par
					5		Embalar par
				5	15	1	Transporte para o embalamento
					14,9		Embalamento
					5,2		Etiquetar caixa
				1	3,7	16	Transporte para o armazém
							Entrada no armazém
2	6	10	3				
10%	29%	48%	14%	47	1160,3		<b>TOTAIS</b>

Por este facto, foi também necessário medir a eficiência da linha de acabamento. A eficiência é dada pela Equação 10:

Equação 10 - Cálculo da eficiência da linha

$$Eficiência = \frac{Quantidade\ Embalada \times Tempo\ de\ Processamento}{Número\ de\ Postos\ de\ Trabalho \times Tempo\ Disponível}$$

Começou-se por obter os tempos de cada uma das operações. Neste caso, a empresa forneceu os dados presentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Tempos de acabamento das rotativas

	Tempo (seg) - SBTS	Colaboradores (SBTS)	Tempo (seg) - Glenarm	Colaboradores (Glenarm)
Abastecer linha + ver defeitos	18,0	A	18	L
Coser	20,3	B	-	-
Rebarbar	17,4	C	20,7	F
Rebarbar + tirar cano	-	-	22,8	G
Fazer presilhas	-	-	7,1	H
Colocar presilhas	-	-	30,6	I
Colocar palmilhas	-	-	6,5	J
Colocar cartão	-	-	6,1	J
Etiquetar par	8,1	C	13,3	K
Cortar linhas	6,1	D	6,2	K
Unir par	5,8	D	13,7	J
Limpar par	9,8	D	-	-
Embalar par	3,9	D	5	K
Tapete	15,0	-	15	-
Embalar	14,9	E	14,6	E
Etiquetar caixa	5,2	E	5,5	E
Arrumar	3,7	E	3,5	E

Posteriormente, o tempo de processamento e a quantidade embalada para cada modelo foram analisados. Os dados fornecidos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Tempos e quantidades embaladas por modelo

Modelo	Tempo de processamento	Quantidade embalada
SBTS	2,14 minutos	928 unidades
Glenarm	3,14 minutos	683 unidades

Tendo em conta a Equação 10, a eficiência calculada foi de 76,5% para 12 operadores presentes na linha.

#### 4.4 Identificação de problemas

Esta parte da dissertação pretende descrever todos os problemas que foram identificados na empresa, tanto com a observação do processo atual no chão de fábrica, como pela utilização de ferramentas ou técnicas *Lean* anteriormente descritas.

#### 4.4.1 Quantidade de matéria-prima e falta de limpeza/organização na zona do armazém

Através da aplicação do VSM na secção da borracha, verificou-se a existência de uma elevada quantidade de matéria-prima (MP) na zona do armazém. Para além disso, surgiram queixas por parte dos operadores relativamente à falta de espaço nesta zona e percebeu-se que havia necessidade de atuar para obter melhorias. Nesta secção foi possível observar não só uma utilização ineficiente do espaço, como também uma falta de limpeza e organização em toda a secção, visível na Figura 20.



*Figura 20 - Armazém de matéria-prima*

Para um melhor estudo desta zona de trabalho, foi realizada uma auditoria 5S para verificar o seu estado atual. O *template* realizado será proposto para adaptação da empresa noutras secções. Esta auditoria encontra-se dividida nos 5S's anteriormente referidos, sendo que quanto mais próxima do valor zero estiver a pontuação, mais limpa e organizada estará a secção. É possível observar a descrição da escala no Apêndice XIII. No Apêndice XIII, observa-se um elevado grau de pontuação, com cerca de 103 pontos, principalmente devido à organização e disciplina. O elevado grau nestes dois S's pode ser observado na Figura 21. Sendo que esta pontuação corresponde a uma eficiência de cerca de 34%.

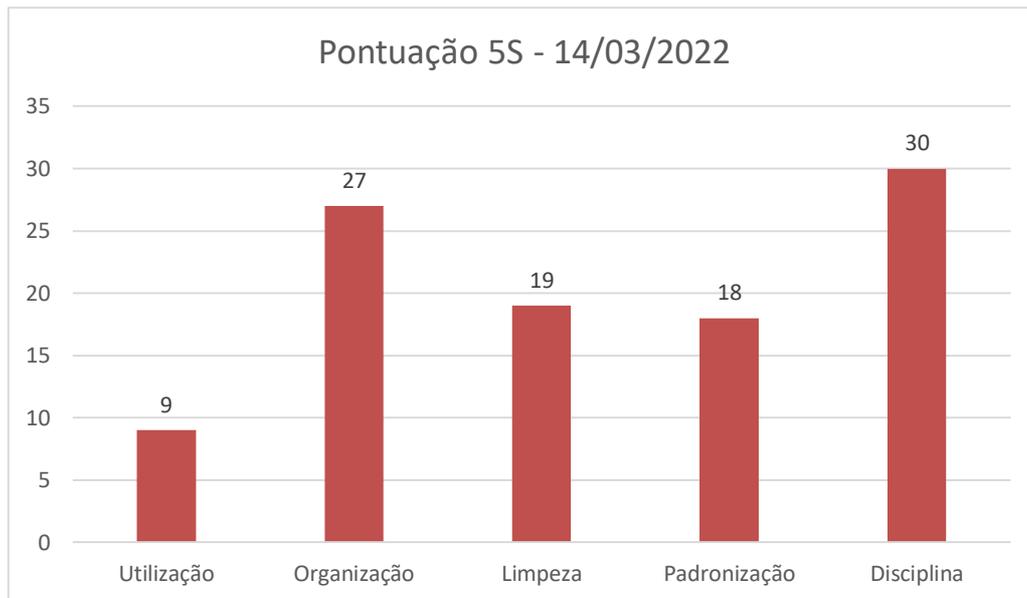


Figura 21 - Análise da auditoria 5S (situação atual) na secção da borracha

#### 4.4.2 Tempos de *setup* na secção da borracha

Um dos problemas identificados com a aplicação do VSM, da observação do processo atual no chão de fábrica e do diálogo com o engenheiro responsável pela gestão industrial da empresa foi a ocorrência de elevados tempos de *setup* nas trocas de molde das máquinas de injeção da borracha. O tempo de troca de molde estaria próximo dos 50 minutos.

#### 4.4.3 Tempos de *setup* na secção da rotativa

Para além do elevado tempo de *setup* na borracha, foi também possível observar um elevado tempo de *setup* nas rotativas, com um tempo de aproximadamente 140 minutos para a mudança de seis postos de trabalho.

#### 4.4.4 *Work-In-Process* (WIP) na secção das rotativas

Um dos problemas identificados nesta secção foi o elevado WIP que contribuiu para o baixo rácio de valor acrescentado. Desta forma, foi necessário analisar com mais detalhe o setor do acabamento, obtendo espaço para melhorias nesta secção.

#### 4.4.5 Falta de normalização no processo de mudança de moldes nas secções da borracha e rotativa

Para além do elevado tempo na mudança de moldes, apenas os chefes de turno conhecem este processo. Quando a mudança de molde era realizada por um colaborador, o tempo duplicava ou até

mesmo triplicava. Desta forma, deve proceder-se à observação do chefe de turno e à normalização do seu trabalho, por forma a compreender que soluções existem para solucionar este problema.

#### 4.4.6 Falta de limpeza e organização na secção das rotativas

Na secção das rotativas observou-se falta de organização (Figura 22).



*Figura 22 - Falta de organização no setor das rotativas*

A falta de limpeza em muitos postos de trabalho foi também notória (Figura 23).



*Figura 23 - Falta de limpeza no setor das rotativas*

Isto deve-se ao facto de as delimitações no chão de fábrica não serem respeitadas, de não haver zonas de arrumação/armazenamento destinadas para esse efeito e de haver acumulação de material desnecessário para a realização do trabalho em questão. Para perceber melhor quais os problemas nesta secção, foi realizada uma auditoria, com o mesmo *template* da auditoria realizada anteriormente. No Apêndice XIV observa-se uma pontuação final de 78 em 155, o que corresponde a uma eficiência de 50%. Como se pode observar na Figura 24, os S's correspondente à limpeza e à disciplina apresentam maior espaço para implementação de melhorias.

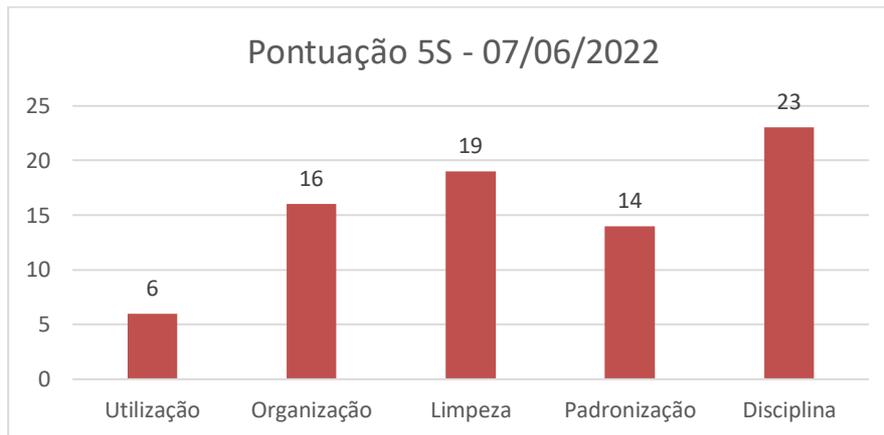


Figura 24 - Análise da auditoria 5S (situação atual) na secção da rotativa

#### 4.4.7 Valor de eficiência da linha de acabamento da secção das rotativas

Verificou-se, ainda, a falta de eficiência na linha de acabamento, com cerca de 76,5%, pelo que será necessário verificar se a equilibragem atual será a mais correta.

## 5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Nesta secção, são apresentadas as propostas de melhoria para os problemas encontrados. Todas as propostas foram analisadas segundo matriz de *payoff-effort*. Inicialmente, foi necessário examinar o esforço incorrido em cada uma das melhorias representadas na Tabela 8, segundo a escala de custo no Apêndice XV e a escala de tempo no Apêndice XVI. Quanto maior for o tempo e o custo de implementação de cada proposta, maior será o esforço incorrido com a implementação da mesma.

Tabela 8 - Análise do tempo e custo de cada proposta de melhoria

Proposta	Tempo	Cálculo para custo	Custo
Folha de trabalho normalizada (borracha)	4 dias	4h durante 4 dias (3€/hora)	50,00 €
Folha de trabalho normalizada (rotativas)	4 dias	4h durante 4 dias (3€/hora)	50,00 €
SMED (borracha)	4 dias	4h durante 4 dias (3€/hora)	50,00 €
SMED (rotativas)	4 dias	4 dias de trabalho (3€/hora)	100,00 €
Equilibragem do acabamento (borracha)	2 semanas	8 dias de trabalho (3€/hora)	200,00 €
Equilibragem do acabamento (rotativas)	2 semanas	8 dias de trabalho (3€/hora)	200,00 €
Aplicação da ferramenta 5S (Armazém MP)	2 semanas	8 dias de trabalho (400,00€) + estantes novas (5000,00€)	7 400,00 €
Formação dos operadores SMED + 5S	4 dias	4 sessões de SMED + 4 sessões de 5S (1h)	120,00 €

A média destas duas variáveis encontra-se no Apêndice XVII. Posteriormente, foi analisado o potencial que essa proposta teria na empresa, recorrendo à escala de probabilidade de sucesso presente no Apêndice XVIII e à escala de impacto que se encontra no Apêndice XIX, que resultam nos valores apresentados no Apêndice XX. Neste caso, quanto maior for o potencial e a probabilidade de sucesso de cada proposta, maior será o valor de *payoff* da mesma. Conclui-se, assim, que quanto menor for o

esforço de implementação e quanto maior for o *payoff*, mais vantajosa estará a proposta para a sua progressão. Por último, colocaram-se todas as propostas de melhoria na matriz de *pay-off effort*, como se pode observar na Tabela 9. As propostas de melhoria presentes no segundo quadrante representam uma *quick win*, pelo que será interessante avançar. Quanto à ferramenta 5S, será necessário conversar com a empresa para verificar se seria viável implementar novas estantes na zona do armazém de matéria-prima/produto em curso.

Tabela 9 - Matriz de *payoff-effort*

<i>Potencial Payoff</i>	<i>Quick Win</i>	<i>Do we have the time and Money?</i>
	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; padding: 5px; background-color: #c8e6c9; margin-bottom: 5px;">Folha de trabalho normalizado</div> <div style="width: 50%; padding: 5px; background-color: #c8e6c9; margin-bottom: 5px;">SMED</div> <div style="width: 100%; padding: 5px; background-color: #fff9c4; margin-bottom: 5px;">Ferramenta 5S</div> <div style="width: 50%; padding: 5px; background-color: #c8e6c9; margin-bottom: 5px;">Formação dos operadores</div> <div style="width: 50%; padding: 5px; background-color: #c8e6c9; margin-bottom: 5px;">Balanceamento da linha de acabamento</div> </div>	
	<i>"Filler" Improvements</i>	<i>Kill It</i>
		<i>Effort</i>

Para além desta análise, foi ainda realizado um estudo mais detalhado sobre soluções a implementar na empresa provenientes do uso da ferramenta *5W2H* (Apêndice XXI).

### 5.1 Implementação da metodologia SMED na secção da borracha

Após a elaboração dos 5W2H, percebeu-se que a melhor solução a implementar para reduzir os elevados tempos de preparação das máquinas da borracha seria a metodologia SMED. Como referido anteriormente, a primeira fase da metodologia SMED é a identificação das operações internas e externas inerentes a esta tarefa. A sua identificação pode ser observada no Apêndice XXII (Tabela 31), com um

tempo total de *setup* de 50 minutos. De salientar que estes tempos foram retirados múltiplas vezes e o valor final corresponde a uma média.

Após a descrição de todas as operações, identificaram-se as que passariam de internas para externas, como se observa no Apêndice XXII (Tabela 32). Após a implementação destas melhorias, foi possível obter um tempo de 2743 segundos no tempo de *setup*, poupando cerca de 254 segundos.

Para além destas melhorias, é ainda proposta uma segunda fase: a conversão do aquecimento de moldes para operação externa. Ou seja, é proposta a aquisição de máquinas de aquecimento de molde, de forma a reduzir o tempo perdido no aquecimento. Esta última proposta ainda está a ser estudada, pelo que ainda não foi implementada.

## **5.2 Folha e instrução de Trabalho Normalizado para aplicação do SMED na borracha**

Para normalizar a tarefa de mudança de molde, foi necessária a realização de uma instrução do trabalho para que todos os colaboradores aprendessem a executar a tarefa da mesma forma. Esta instrução está dividida em três partes: as tarefas do passo 1, que são realizadas enquanto a máquina está em funcionamento a acabar de realizar a encomenda anterior. As tarefas do passo 2, que são realizadas com a máquina parada; e as tarefas do passo 3, que são realizadas quando a máquina estiver em funcionamento para começar a encomenda seguinte. A instrução de trabalho encontra-se representada no Apêndice XXIII. Após a sua correção, a instrução de trabalho foi validada pelo chefe de secção, explicada ao colaborador que realiza a mudança de moldes, e colocada junto às máquinas de borracha, como se pode observar na Figura 25.



*Figura 25 - Instrução de trabalho implementada na secção da borracha*

Para além disto, redigiu-se uma folha de trabalho normalizado com os tempos que serão necessários para a realização da mudança de moldes. De notar que, a linha preta representa a mudança que seria realizada sem aplicação do SMED e a linha castanha a mudança que é realizada com a sua aplicação, como se pode observar na Figura 26. De salientar que estes tempos não têm em conta o tempo de aquecimento dos moldes nem o de espera até à produção do primeiro artigo bom, uma vez que estas tarefas já não são realizadas pelo mesmo operador que efetua a mudança dos moldes.

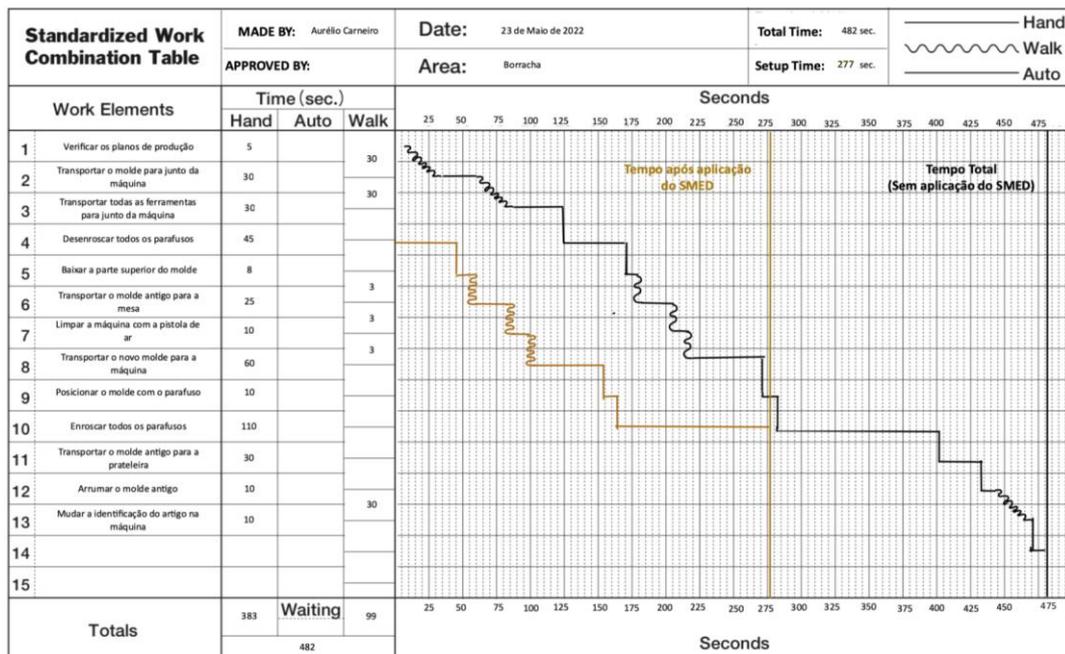


Figura 26 - Folha de trabalho normalizado para a secção da borracha

### 5.3 Implementação da metodologia SMED na secção das rotativas

Foi ainda possível perceber, recorrendo ao VSM, o elevado tempo de preparação das rotativas, com um tempo de 140 minutos. A aplicação do SMED é uma prática vantajosa segundo a ferramenta *5W2H*, pelo que a metodologia foi implementada. A fase I de separação de operações internas e externas encontra-se no Apêndice XXIV (Tabela 34 e Tabela 35).

### 5.4 Folha e instrução de Trabalho Normalizado para aplicação do SMED nas rotativas

Relativamente à instrução de trabalho na secção das rotativas, esta teve uma estrutura semelhante à da secção da borracha, estando dividida nas 3 partes anteriormente referidas. Pode ser consultada no Apêndice XXV. Dada a sua complexidade, foi elaborado um suporte (Apêndice XXVI) a esta instrução com

imagens de algumas das tarefas da mudança de molde a realizar. Este suporte é vantajoso, uma vez que permite uma rápida abordagem para novos colaboradores que comecem a executar esta tarefa.

Para além disto, fez-se uma folha de trabalho normalizado com os tempos que serão necessários para a realização da mudança de moldes. Como visto anteriormente, a linha preta representa a mudança que seria realizada sem aplicação do SMED, e a castanha a mudança que é realizada com a sua aplicação, como se observa na Figura 27 e na Figura 28. De salientar que o valor n corresponde ao número de postos de trabalho a serem mudados. Por exemplo, caso ocorram 3 mudanças de molde, a duração da operação 6 será de  $60 \times 3 = 180$  segundos. Ainda nas referidas tabelas, é possível observar que no caso de apenas se mudar um molde ( $n=1$ ), o tempo de setup seria de 1887 segundos sem a aplicação do SMED e 1033 segundos com a aplicação do SMED, poupando-se, desta forma, 800 segundos (aproximadamente 13 minutos e 20 segundos).

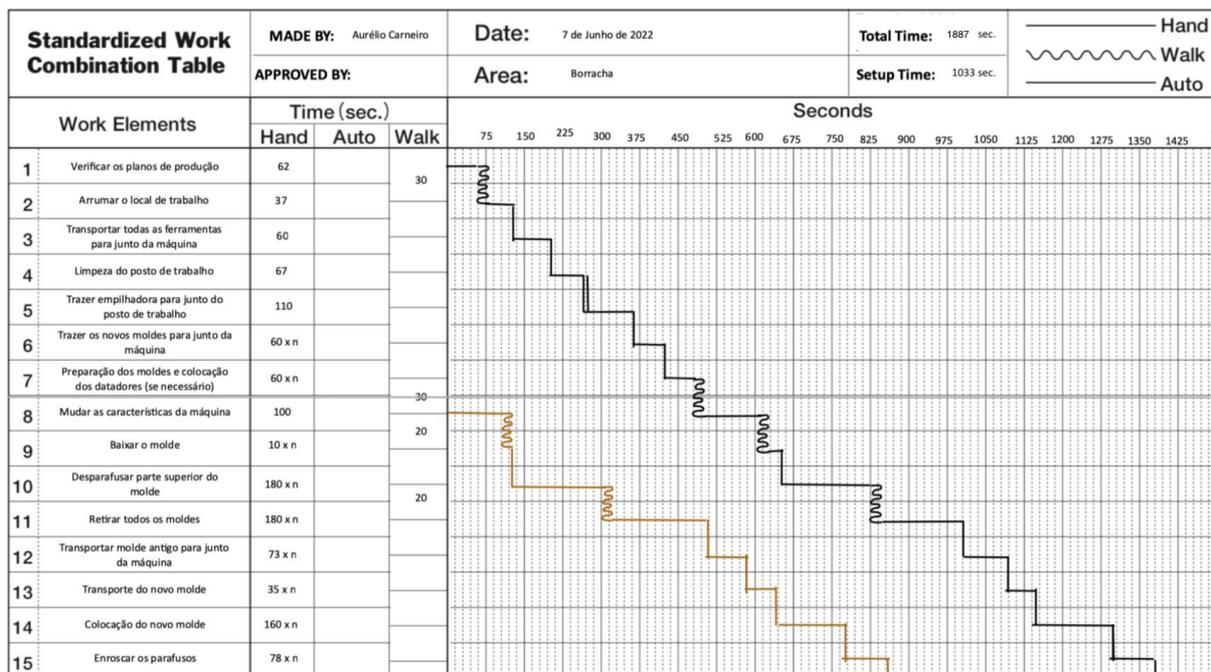


Figura 27 - Folha de trabalho normalizado (parte 1) para a secção da rotativa

A continuação da folha de trabalho normalizado da Figura 27 encontra-se na Figura 28.

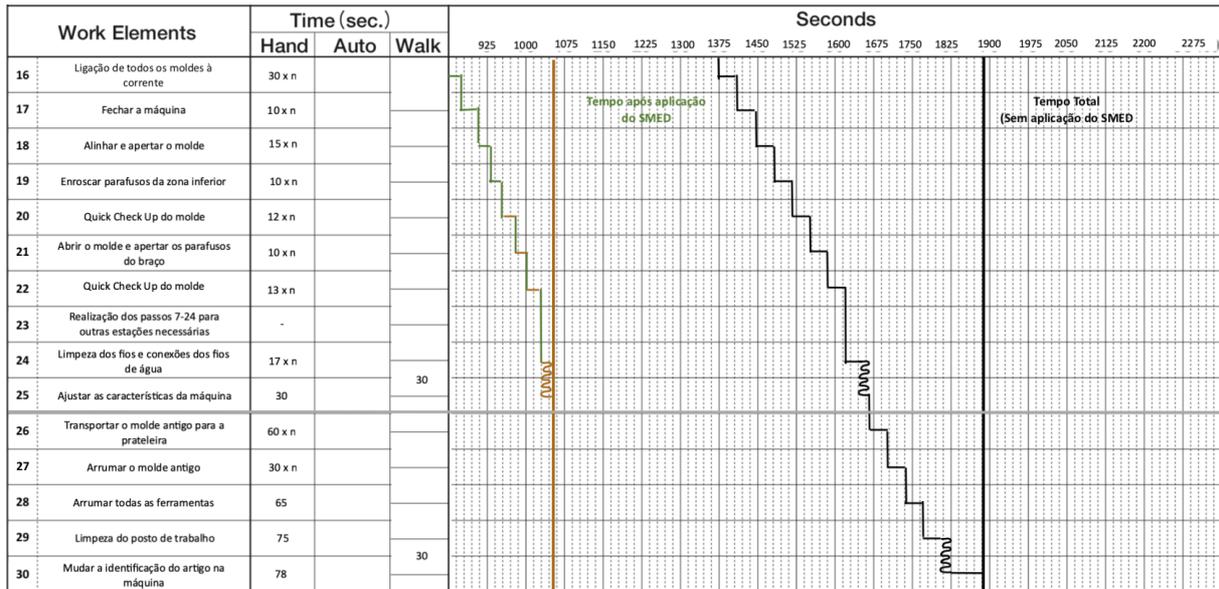


Figura 28 - Folha de trabalho normalizado (parte 2) para a secção da rotativa

## 5.5 Implementação de 5S na zona da matéria-prima

Devido à elevada quantidade de WIP e matéria-prima em *stock*, este espaço torna-se desorganizado, com falta de limpeza e controlo para a realização das encomendas, como se observa na Figura 29. Para além disso, é possível encontrar material de limpeza no meio do armazém junto à matéria prima.



Figura 29 - Armazém ALOFT

Este problema levou a elevados tempos de procura de material e elevados custos de *stock*. Por isso, foi considerada a implementação de 5S nesta zona da empresa, dada a elevada pontuação na auditoria 5S do estado atual.

Inicialmente, foi cumprida uma triagem de todo o material, removendo tudo o que não fosse considerado como matéria-prima ou produto em curso.

Após a realização do primeiro passo, desenharam-se as novas estantes para reaproveitar de forma mais eficaz o espaço disponível para armazenamento, tendo em conta o peso máximo por prateleira, bem como as dimensões de cada saco de matéria-prima. Foram, então, desenhados esboços para a obtenção de orçamentos de diversas empresas.

Para a implementação das estantes, foi contabilizado todo o material presente no armazém durante vários dias. Assim, foram observadas, em média, 56 paletes de moidos de 105cmx105cm e 180cm de altura, representado pelo saco na Figura 30.



*Figura 30 - Armazenamento de moidos*

Na Figura 31, encontra-se um exemplo das 45 paletes com caixas de produto em curso de 120cm x 80cm e 170 cm de altura.



*Figura 31 - Armazenamento de produto em curso*

Por último, foram observadas 50 paletes de matéria-prima de 120cm x 100cm e 90 cm de altura, representado na Figura 32.



*Figura 32 - Armazenamento de matéria-prima*

Desta forma, devido à possibilidade de serem implementadas seis estantes, as três primeiras destinam-se ao armazenamento de paletes com caixas, possibilitando o armazenamento de três paletes por coluna, com uma folga de  $2,70 - 0,8 \times 3 = 0,3\text{m}$  (Figura 33).

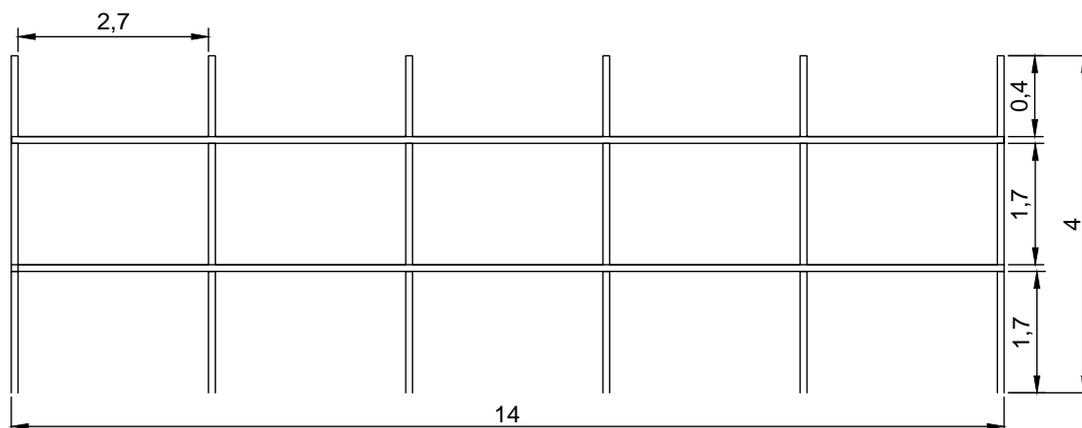


Figura 33 - Desenho das estantes 2 e 3 (vista frontal)

Relativamente às três últimas estantes (Figura 34), estas serão destinadas ao armazenamento de paletes com moídos, possibilitando o armazenamento de duas paletes por coluna, obtendo uma folga de  $2,2 - 1,05 \times 2 = 0,1\text{m}$ .

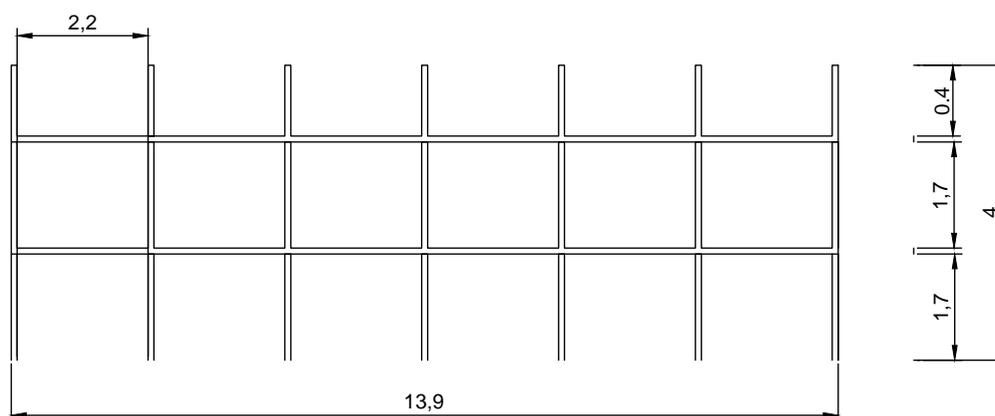


Figura 34 - Desenho das estantes 4, 5 e 6 (vista frontal)

Por último, é importante salientar que o comprimento da primeira estante (Figura 35) será menor, devido à existência de uma porta de passagem para a secção do acabamento. O extintor aqui existente foi tido em conta para o desenho destas novas estantes.

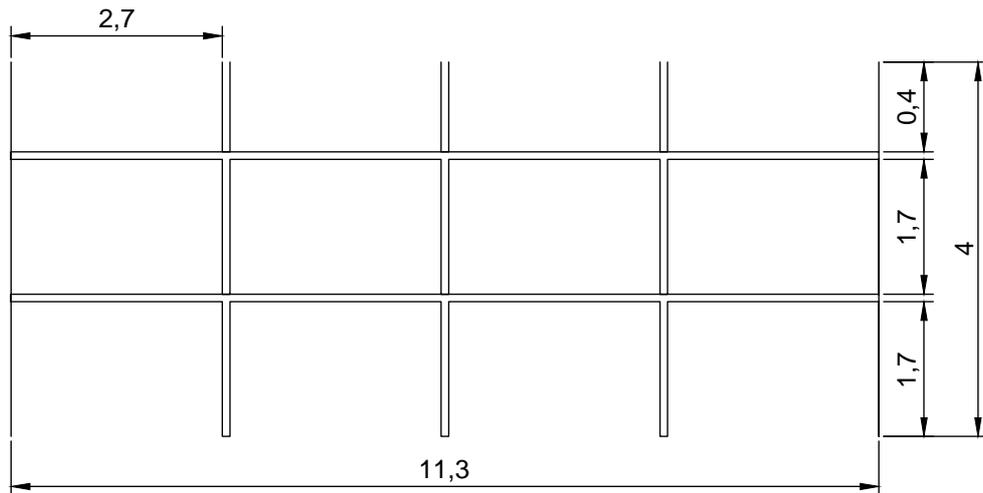


Figura 35 - Desenho da estante 1 (vista frontal)

Quanto ao armazenamento da matéria-prima, esta será armazenada apenas no terceiro nível de cada uma das estantes desenhadas.

O armazenamento evidencia alguma flexibilidade, podendo nem sempre corresponder a esta divisão. A representação do *layout* de toda a secção das estantes, na vista superior, encontra-se na Figura 36.

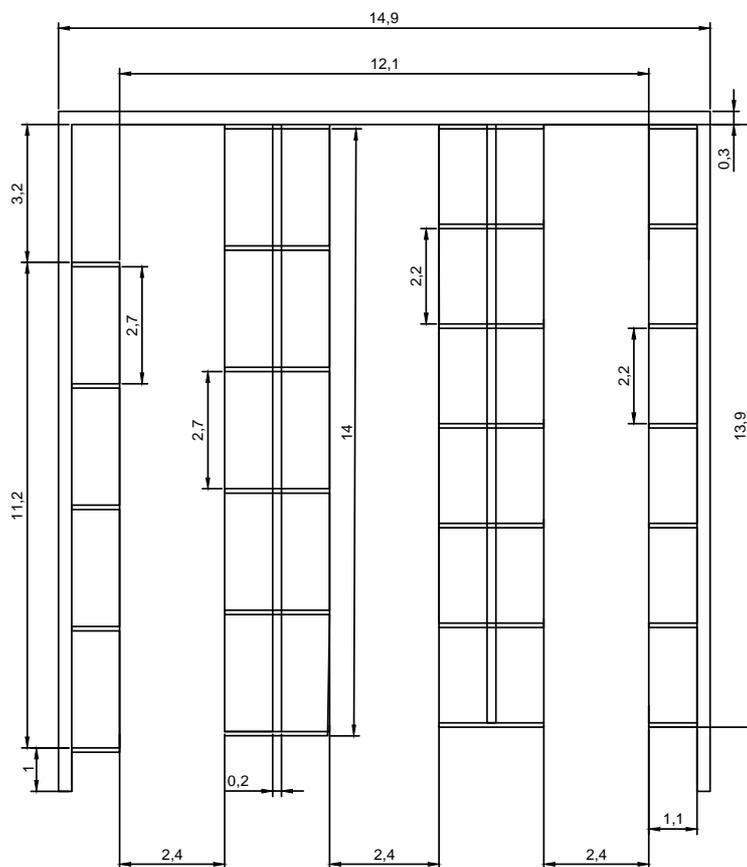


Figura 36 - Layout do armazém após melhoria (vista superior)

Após feito o pedido de orçamento das estantes, chegou-se à conclusão de que o mesmo teria um custo associado de 6618,00 €. Por aprovação da empresa, foi dada a sua ordem de construção. As estantes implementadas podem ser observadas na Figura 37 e no Apêndice XXVII.



*Figura 37 - Estantes implementadas*

Posteriormente, todas as prateleiras foram sinalizadas, considerando que o primeiro número corresponde ao da estante e o segundo ao nível da estante, como se pode observar na Figura 38.



*Figura 38 - Identificação das estantes e níveis*

Para além disso, foram numeradas as filas para cada estante (Figura 39), o que facilitou, dessa forma, a sinalização das áreas de armazenamento e o *picking*.



Figura 39 - Identificação das filas das estantes

Deverão também ser implementados fluxos para atividades na área e a demarcação de passagens.

Em seguida, limpou-se toda a secção, desde os pisos aos utensílios presentes na área. Ainda neste passo, foi definido um responsável de limpeza e um supervisor para verificarem se as operações de limpeza são realizadas diariamente.

Após pôr em prática os três primeiros S's, foi necessário verificar se estes estavam realmente a ser cumpridos. Para isso, foi implementada uma *Check list* de limpeza com a informação dos responsáveis e da frequência de organização/limpeza, assim como o respetivo horário das tarefas. A *Check list* em questão encontra-se no Apêndice XXVIII. Para além disso, foi criada uma tabela de sugestões que será verificada e atualizada semanalmente. A tabela encontra-se dividida em cinco colunas: a primeira referente aos problemas encontrados por parte dos colaboradores; a segunda com possíveis ideias para a resolução desses mesmos problemas; e a terceira no caso de aprovação da ideia. Após aprovada, é implementada na empresa, passando para a coluna “em curso” e, quando estiver concluída, passará para a última. A tabela em questão encontra-se no Apêndice XXIX. Tanto a *Check List* de limpeza como a folha de sugestões, após validadas pelo Engenheiro Miguel Alves, foram colocadas junto ao escritório de armazenamento de matéria-prima, como se pode observar no Apêndice XXX.

Por último, é necessário assegurar que este tipo de metodologia continua na empresa como um sistema duradouro. Essa será a função do último S: autodisciplinar a empresa e todos os colaboradores que trabalham não só nesta secção, mas também noutras secções da empresa. Neste passo, é necessário

verificar se as tarefas estão realmente a ser cumpridas, se os colaboradores demonstram interesse pelo cumprimento dos *5S* e se praticam as normas de segurança. Por isso, foi realizada uma segunda auditoria após a aplicação de todas as melhorias referidas anteriormente.

Devido à importância do último S, seria relevante neste passo a fomentação de reuniões periódicas com o objetivo de discutir a viabilidade de se fazerem auditorias mensais. Através das mesmas, seria possível verificar a evolução desta metodologia, estudar a exequibilidade da metodologia noutras áreas, implementar o sistema de auditoria por pontos, por forma a criar uma certa competitividade entre cada uma das secções da empresa e, por último, estabelecer metas relativamente à pontuação obtida.

Após a concretização dos *5S*, foi imediatamente realizada uma nova auditoria para verificar qual seria a pontuação final atual e também para definir novas metas a partir desse valor medido.

## **5.6 Proposta de *5S* na linha de acabamento da secção da rotativa**

Como foi verificado anteriormente, é necessário agir sobre a falta de limpeza e organização da linha de acabamento. Desta forma, propõe-se a aplicação da metodologia *5S* como resolução para este problema. Em primeiro lugar, será necessário realizar uma triagem de todo o material, removendo do espaço de trabalho aquele que não for considerado como necessário.

De seguida, é necessário manter o espaço de trabalho limpo em toda a secção, desde os pisos até aos utensílios presentes na área. Para isso, foram definidos responsáveis de limpeza e um supervisor para verificarem se as operações de limpeza são realizadas diariamente.

Foi proposta uma *Check list* de limpeza com a informação dos responsáveis, a frequência da organização e das limpezas e os seus respetivos horários. O *template* utilizado foi o mesmo que o realizado na secção anterior. A *Check list* cumprida encontra-se no Apêndice XXXI.

Por último, é necessário que este tipo de metodologia continue na empresa por muitos anos. Uma das maneiras de fomentar a disciplina e o rigor é através de reuniões semanais. Este passo é de extrema importância, uma vez que a chefe de turno denotou esta necessidade. Para além disto, a auditoria foi entregue ao responsável da secção para que ele a possa analisar mais detalhadamente, assim como o seu *template* para a realização de possíveis auditorias futuras.

## **5.7 Equilibragem da linha de acabamento da borracha**

Tendo em conta um  $TC = 75/4 = 19$  segundos, cada uma das operações foi distribuída pelos postos de trabalho. O tempo de ciclo foi obtido tendo em conta que de 75 em 75 segundos passa um novo carrinho

e são abastecidos 4 pares por carrinho. Logo, de 75 em 75 segundos, saem 4 pares para embalagem (Tabela 10).

Tabela 10 - Equilibragem da linha de acabamento para o modelo Outdoor

Posto de trabalho	Operação	Descrição da operação	Tempo da operação (seg)	Tempo restante (seg)
1	A	Abastecimento da linha	15	4
2	B	Rebarbagem	19	0
3	C	Embalamento	1,5	17,5
	D	Fita-cola	0,075	17,425
	E	Etiquetagem	0,25	17,175

Após retirar todos os tempos necessários da linha de acabamento para o modelo de Sola Outdoor 100, foi realizado o diagrama de precedências (Figura 40). Os tempos das operações encontram-se em segundos.

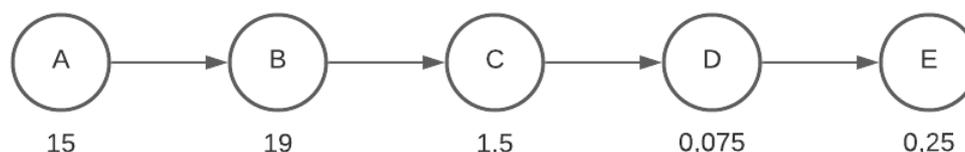


Figura 40 - Diagrama de precedências para o modelo "Sola Outdoor 100"

Dado o tempo restante do posto de trabalho 3 (Tabela 10), será possível juntar os dois postos de trabalho (Posto de trabalho 1 e Posto de trabalho 3), ficando apenas uma pessoa responsável pelas quatro tarefas (A, C, D e E). Isto é possível porque a zona de embalagem se encontra próxima da zona de abastecimento.

Dado que é rara a existência de um só modelo na linha de acabamento, o estudo foi alongado até uma data em que se produzisse o modelo SANDAL OUTDOOR 100 simultaneamente a outros tipos de modelos.

A descrição de cada uma das operações, bem como o respetivo tempo, encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Descrição das operações e respectivos tempos da linha de acabamento

<b>Modelo</b>	<b>Abastecimento (A)</b>	<b>Rebarbagem (B)</b>	<b>Limpeza (C)</b>	<b>Embalamento +Etiquetagem (D)</b>
<i>Sandal Outdoor</i> 100 (1)	7,5	19	-	2,3
<i>Sola Inglewood</i> (2)	10	45	18	2,3
<i>Sola ARA NARA</i> (3)	5	15	-	2,3

O diagrama de precedências encontra-se na Figura 41.

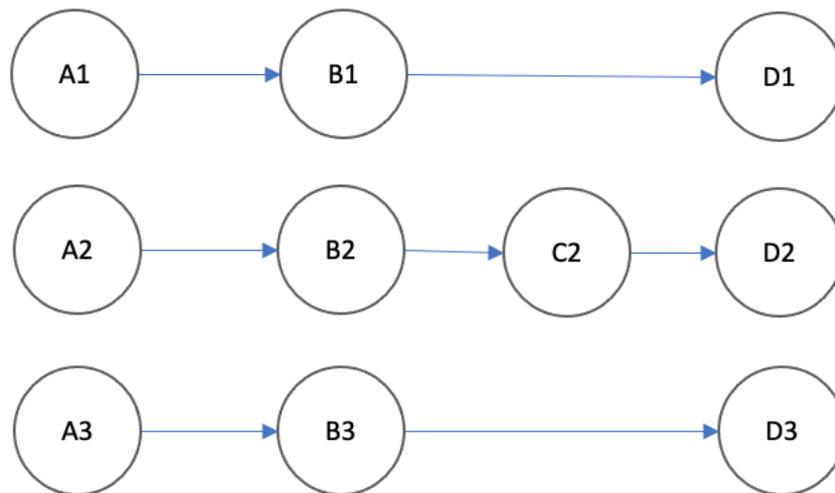


Figura 41 - Diagrama de precedências para vários modelos

Considerou-se o abastecimento da sola *Outdoor* 100 de 4 pares / carrinho. O abastecimento da sola *Inglewood* com uma sequência de 2 pares – 1 par – 2 pares – 1 par, pelo que, em média, são considerados 1,5 pares / carrinho; e a sola *ARA NARA* com 5 pares / carrinho. No caso da sola *Inglewood*, concretamente, seria possível abastecê-las na sequência 2 pares – 2 pares – 1 par, obtendo, assim, o tempo de ciclo da Equação 11, que seria o mesmo que o tempo da operação mais demorada (rebarbagem).

$$TC \text{ (teórico)} = \frac{75}{\frac{2 + 2 + 1}{3}} = 45 \text{ segundos}$$

No entanto, quando experimentado no chão de fábrica, verificou-se que a colaboradora teria dificuldade em rebarbar todos esses pares, uma vez que a operação extra de limpeza da máquina, devido ao excesso de rebarba, não lhe permitia terminar esta sequência. Como trabalho futuro, é proposto o estudo das razões que levam a rebarba a ficar presa junto à máquina, no caso desta sola.

Tendo em conta o abastecimento de cada uma das solas, o TC (Sola *Outdoor* 100) =  $75/4 = 19$  segundos; TC (Sola *Inglewood*) =  $75 / 1,5 = 50$  segundos e o TC (Sola *ARA NARA*) =  $75/5 = 15$  segundos. Para calcular o tempo total disponível para cada posto de trabalho, foi calculado o tempo máximo que demora a operação mais lenta (rebarbagem). Obteve-se  $19 \times 4 = 76$  segundos/carrinho para o primeiro modelo,  $45 \times 1,5 = 67,5$  segundos/carrinho para o segundo modelo e  $15 \times 5 = 75$  segundos/carrinho para o terceiro modelo. Desta forma, conclui-se que a operação mais demorada é a rebarbagem do primeiro modelo, como se observa na Tabela 12. Após a equilibragem, presente na Tabela 12, conclui-se que a única diferença em relação à equilibragem atual reside no posto de trabalho 5. Atualmente, neste posto, estão designadas uma pessoa para a operação da limpeza e uma a duas pessoas para o embalamento e etiquetagem, e a proposta de melhoria passaria por decretar estas tarefas a uma pessoa apenas. No entanto, isto implicaria a deslocação da máquina de limpeza para junto da área de embalamento.

Tabela 12 - Equilibragem dos postos de trabalho da linha de acabamento

Posto de Trabalho	Operação	Tempo da operação (seg)	Tempo Restante (seg)
1	Abastecimento 1º modelo	$7,5 \times 4 = 30$	$76 - 30 = 46$
	Abastecimento 2º modelo	$10 \times 1,5 = 15$	$46 - 15 = 31$
	Abastecimento 3º modelo	$5 \times 5 = 25$	$31 - 25 = 6$
2	Rebarbagem 1º modelo	$19 \times 4 = 76$	$76 - 76 = 0$
3	Rebarbagem 2º modelo	$45 \times 1,5 = 67,5$	$76 - 67,5 = 8,5$
4	Rebarbagem 3º modelo	$15 \times 5 = 75$	$76 - 75 = 1$
5	Limpeza 2º modelo	$18 \times 1,5 = 27$	$76 - 27 = 49$
	Embalagem + Etiquetagem (3 modelos)	$2,3 \times 4 + 2,3 \times 1,5 + 2,3 \times 5 = 24,15$	$49 - 24,15 = 24,85$

### 5.8 Equilibragem da linha de acabamento da rotativa

Tendo em conta um TC = 29 segundos, visto que saem dois pares a cada 59,5 segundos (assumindo a velocidade do carrossel nas rotativas), cada uma das operações foi distribuída pelos postos de trabalho necessários (Tabela 13). A descrição de cada uma das operações encontra-se no Apêndice XXXII.

Tabela 13 - Equilibragem da linha de acabamento para o modelo SBTS

Posto de Trabalho	Operação	Tempo da operação (seg)	Tempo Restante (seg)
1	A	18	11
2	B	20,3	8,7
3	C	17,4	11,6
	D	8,1	3,5
4	E	6,1	22,9
	F	5,8	17,1
	G	9,8	7,3
	H	3,9	3,4
5	I	14,9	14,1
	J	5,2	8,9
	K	3,7	5,2

Após retirar todos os tempos necessários da linha de acabamento para o modelo SBTS, foi realizado um diagrama de precedências (Figura 42). Os tempos apresentados no seguinte diagrama encontram-se em segundos.

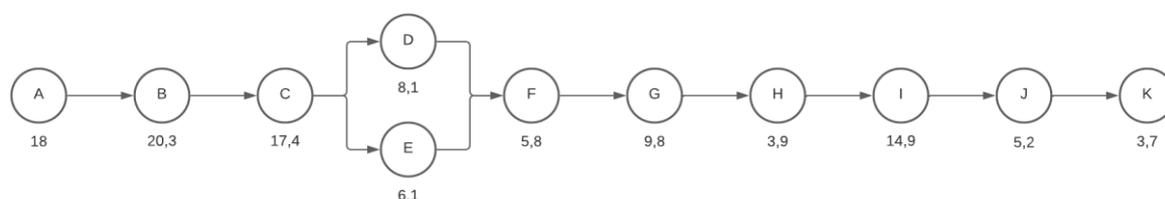


Figura 42 - Diagrama de precedências para modelo SBTS

Como se pode observar, a divisão das tarefas seria distribuída por 5 postos de trabalho. Atualmente, esta é a equilibragem que se encontra já na linha de acabamento do modelo SBTS, pelo que estes cinco postos de trabalho deverão continuar a ser divididos pelas cinco pessoas.

## 5.9 Proposta de Manutenção Preventiva

Após a elaboração do cálculo do OEE para todas as máquinas, verificou-se que o fator mais baixo que estaria a prejudicar a eficácia da máquina era a velocidade. Ao estudar este valor, verificou-se que

pequenas paragens não são contabilizadas pelos colaboradores. Contabilizando todas as paragens, o fator velocidade melhoraria e a disponibilidade tornar-se-ia mais impactante em todas as máquinas, isto é, seria o fator com mais necessidade de atuação. Uma das formas de melhorar a disponibilidade seria com a introdução de Manutenção Preventiva na empresa. No caso da ALOFT, os ficheiros de manutenção preventiva estavam confusos, dispersos e sem sequência lógica. Por este motivo, foi feito num único ficheiro de *Excel* e *word* com todos os passos para a realização da manutenção preventiva, de forma a motivar não só o departamento da manutenção, como também o da produção. Neste novo ficheiro foram também incorporadas novas melhorias e apresentadas oito secções: a manutenção do armazém, o acabamento, a injeção, a oficina, a borracha, a rotativa, a área técnica e a área de segurança. Em cada uma das secções é possível encontrar o nome do equipamento, o número do equipamento, as tarefas a realizar, a sua periodicidade (mensal) e o responsável de manutenção que ainda será atribuído. Por fim, é apresentada uma linha de verificação de cada uma das tarefas de manutenção a realizar, como se observa no Apêndice XXXIII.

## 6. ANÁLISE DE RESULTADOS

O presente capítulo serve para apresentar os resultados obtidos das propostas de melhoria anteriormente descritas.

### 6.1 Resultados Reais

Este subcapítulo tem como intuito a apresentação dos resultados reais resultantes da implementação das melhorias na empresa.

#### 6.1.1 Aplicação do SMED na secção da borracha

Para o cálculo da melhoria observada na aplicação do SMED foi considerado o custo do modelo e o respetivo tempo de ciclo. Tendo em conta que o tempo de *setup* antes da aplicação do SMED era de 2997 segundos, e após a aplicação do SMED obteve-se um tempo de 2743 segundos, a poupança foi de  $2997 - 2743 = 254$  segundos, como se observa na Tabela 14. Depois deste cálculo, procedeu-se ao cálculo do número de pares poupados para cada modelo através da divisão do tempo poupado, em segundos, pelo tempo de ciclo de cada modelo. Por último, multiplicou-se o número de pares poupados pelo custo de cada modelo, obtendo uma média total de 1,26€/modelo/par poupados aquando de uma mudança de molde. Atualmente, são realizadas, em média, 244 mudanças de molde por mês (Tabela 15). Desta forma, a empresa teria ganhos na ordem dos  $244 \times 1,26€ = 307,44€/mês$ .

De salientar que a implementação das melhorias em questão apenas foi possível devido à existência de dois carrinhos de transporte. Caso contrário, seria necessário adquirir-se um carrinho com o tamanho adequado. A impossibilidade de transporte de dois moldes no mesmo carrinho deve-se à falta de segurança quando os moldes são transportados na vertical. De salientar que foi prevista uma poupança de 174 segundos no tempo de mudança de molde. No entanto, com a aplicação desta metodologia, conseguiu-se uma poupança média de 254 segundos, o que ilustra uma melhoria de quase 10%.

Tabela 14 - Custo poupado com a aplicação do SMED

Borracha	Custo do modelo	Tempo Ciclo (seg)	Tempo poupado (seg)	Número de pares poupados	Custo poupado
Sandal 100	2,14 €	690	254	0,4	0,79 €
MK7	5,83 €	750	254	0,3	1,97 €
Basket	3,78 €	690	254	0,4	1,39 €
Barrier	3,66 €	1395	254	0,2	0,67 €
SkyPro	2,98 €	710	254	0,4	1,07 €
Rubber Type	3,21 €	800	254	0,3	1,02 €
REINF 900	5,19 €	760	254	0,3	1,73 €
Fusion	2,41 €	688	254	0,4	0,89 €
Parlenti Black	3,72 €	726	254	0,3	1,30 €
Magnum	2,41 €	690	254	0,4	0,89 €
Rasto (2356)	2,67 €	690	254	0,4	0,98 €
Biscayne	2,43 €	730	254	0,3	0,85 €
EA227B	10,02 €	850	254	0,3	2,99 €
Haix	4,44 €	860	254	0,3	1,31 €
Basket	2,89 €	690	254	0,4	1,06 €
Média					1,26 €

Na Figura 43 é apresentado um gráfico que resume as melhorias correspondentes a estas fases.

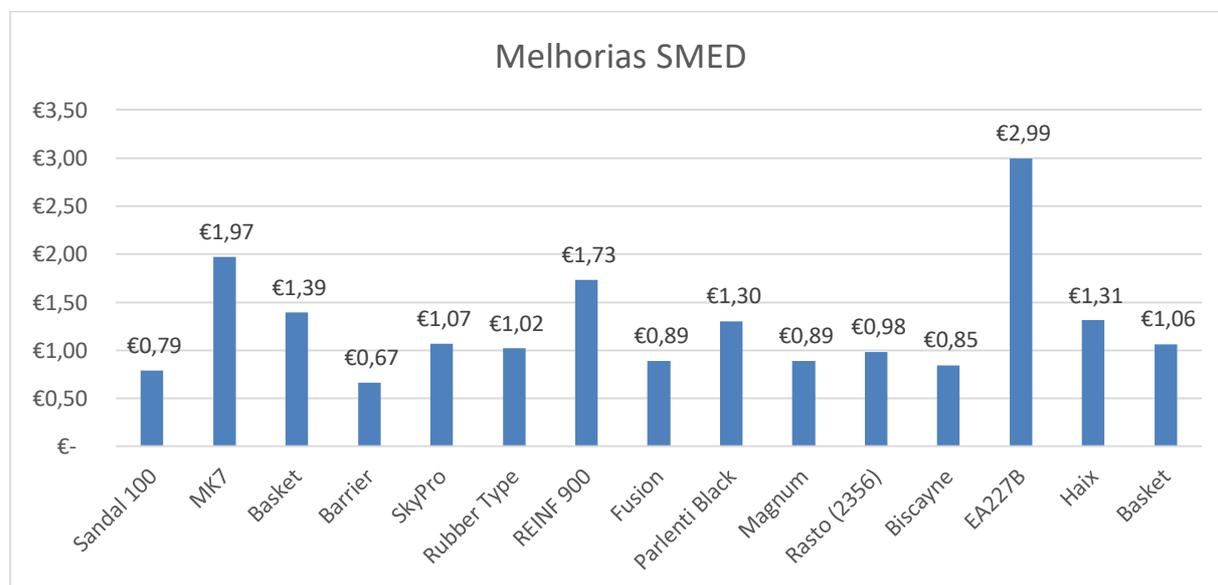


Figura 43 - Melhorias observadas com a fase I do SMED

### 6.1.2 Aplicação dos 5S no armazém

Com a aplicação de 5S no armazém, isto é, com a implementação das estantes, da *Check list* de limpeza, da caixa de sugestões de melhoria e de metas, foi possível uma melhoria nas auditorias de 34% para

93% de eficiência. A auditoria realizada encontra-se no Apêndice XXXIV. Pela seguinte Figura 44 é possível concluir que a organização e a disciplina ainda são pontos com possibilidade de melhoria, pelo que as futuras sugestões irão de encontra a estes 2S's. Assim, a nova meta apresentada como desafio aos colaboradores do armazém e à empresa, através das propostas de melhoria, é de 95%.

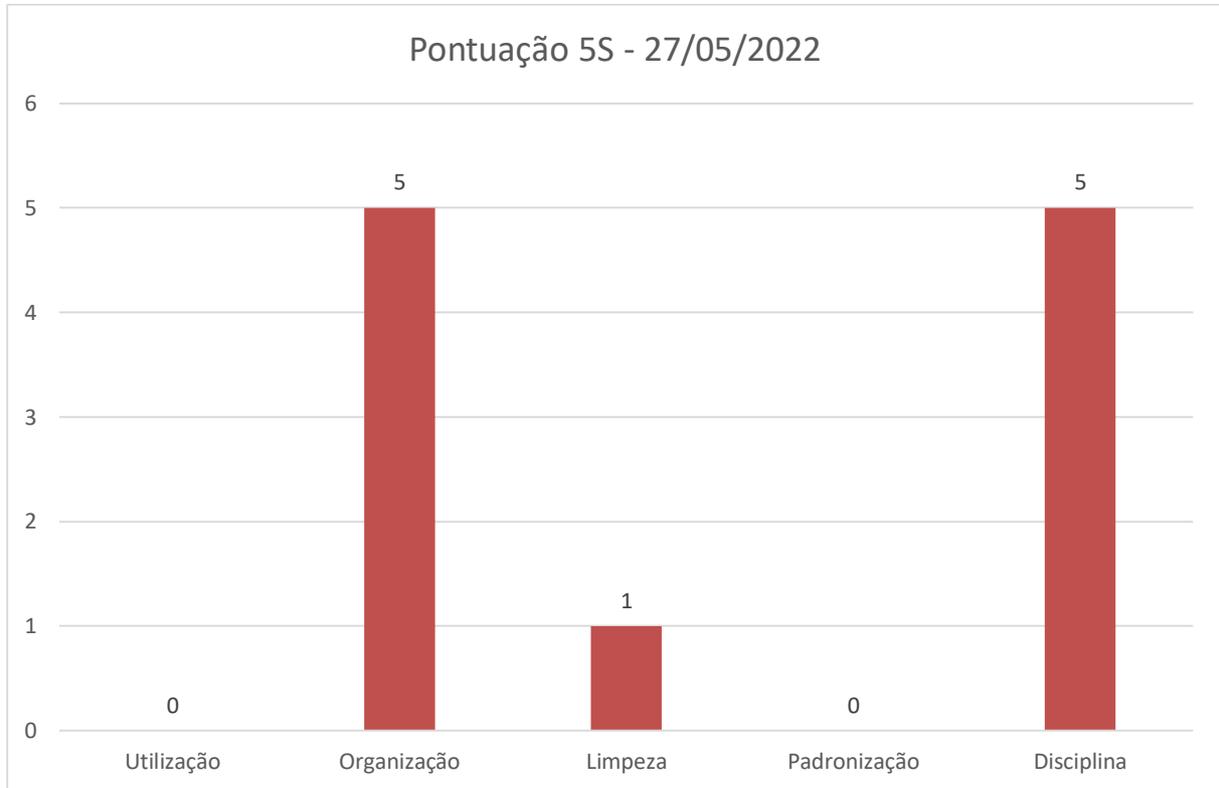


Figura 44 - Análise da auditoria 5S (após melhorias)

### 6.1.3 Aplicação do SMED nas rotativas

Através da aplicação do SMED, foi possível poupar  $8440 - 5318 = 3122$  segundos (aproximadamente 52 minutos), o que corresponde a menos 37% do tempo de *setup* das máquinas. Na Figura 45 são apresentados os tempos antes e depois da aplicação do SMED.

Depois da aplicação destas duas fases, foi realizado o cálculo do custo de poupança médio por par por modelo, semelhante à análise da borracha. A tabela que mostra o custo poupado por mudança de molde para diferentes tipos de modelos encontra-se no Apêndice XXXV, ilustrativo de um custo de poupança médio de 273,24€.

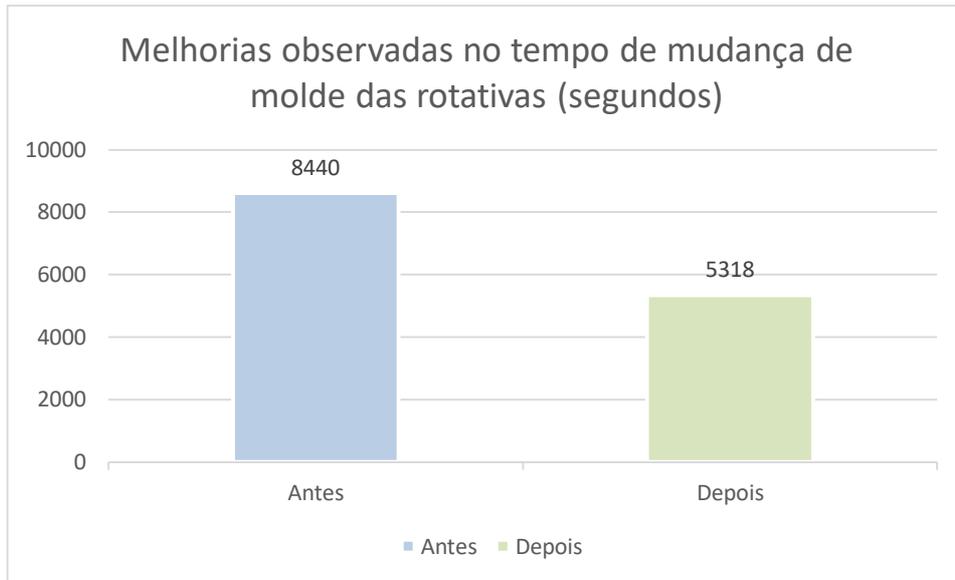


Figura 45 - Melhorias na rotativa (SMED)

Como se pode observar na Figura 46, a redução dos custos poderá ir dos 200€ aos 500€ por molde.

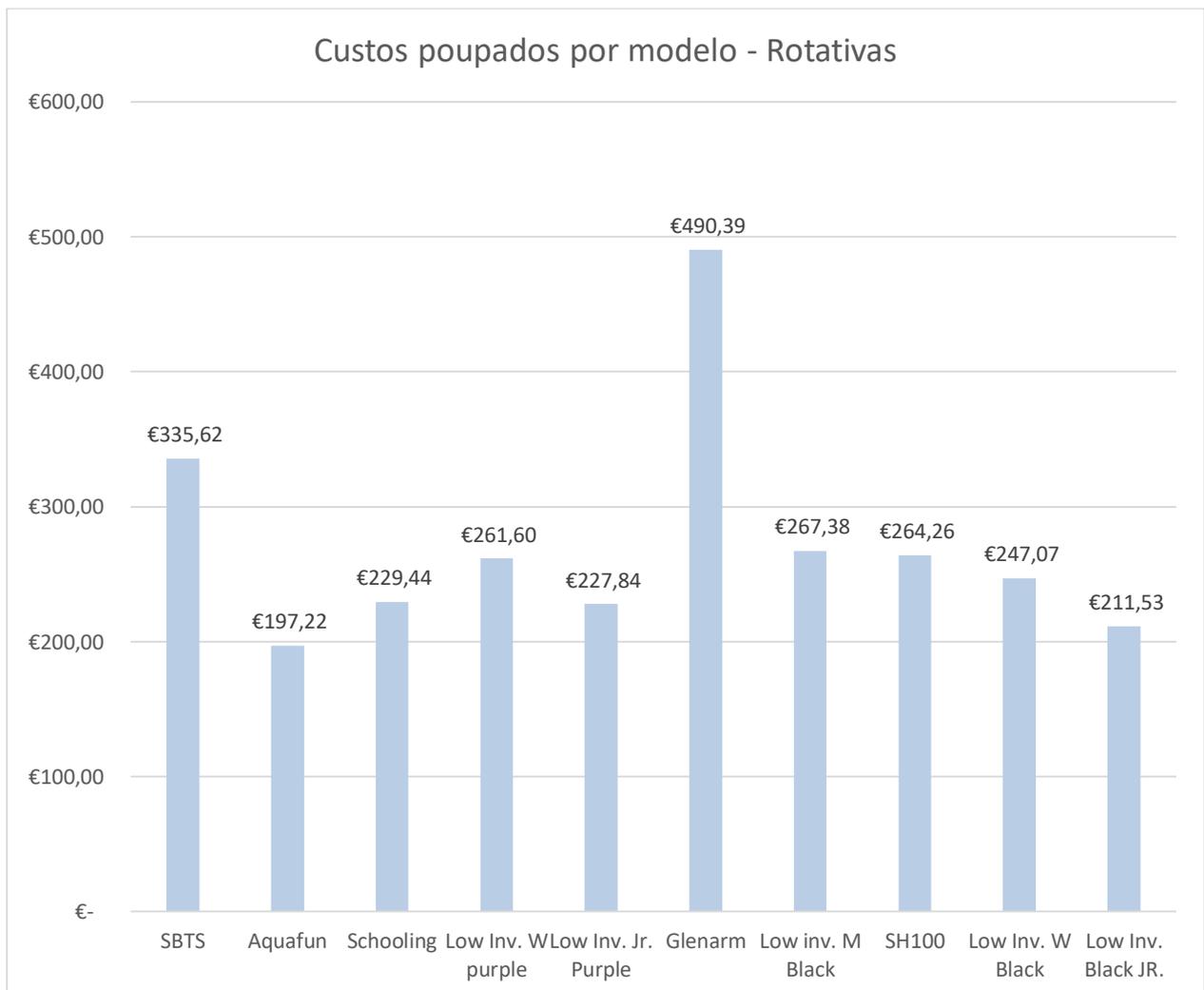


Figura 46 - Melhorias de custos com a aplicação de SMED nas rotativas

## 6.2 Resultados Estimados

Este subcapítulo tem como intuito a apresentação dos resultados estimados caso fosse possível implementar as respetivas propostas de melhoria na empresa. Estas melhorias ainda não foram implementadas porque ainda se encontram em estudo juntamente com a empresa.

### 6.2.1 Aplicação do SMED na borracha (Fase II)

Relativamente às melhorias na secção da borracha, estas são menores comparativamente aos ganhos anteriores. Um exemplo de uma poderia ser a instalação de máquinas de aquecimento de moldes por indução.

Após uma longa pesquisa de orçamentos, o melhor encontrado foi de 9 288,96 € para uma máquina de aquecimento de molde de 60kw, o que levaria cerca de 6 minutos para aquecer o molde até aos 165°C, temperatura esta que estaria pronta para a produção das solas de borracha. Foi ainda possível obter um orçamento de 12 148,34€ para uma máquina de aquecimento de molde de 80kw, que demoraria cerca de 4min até atingir a temperatura de 165°C.

Depois de um diálogo com o chefe de secção, considerou-se importante contabilizar uma margem de 20% na aquisição dos moldes de 60kw, pelo que se definiu que o tempo para aquecer os moldes até uma temperatura de 165°C seria de 7 minutos, ou 420 segundos. Desta forma, tendo em conta que seriam necessários 1838 segundos, segundo a Tabela 1, o tempo poupado para o aquecimento dos moldes seria de  $1838 - 420 = 1418$  segundos (aproximadamente 24 minutos), o que apresenta uma melhoria de 77,1%.

Após a obtenção destes valores, foi feita uma análise de custo para verificar qual o tempo de recuperação no caso de adquirirem cada um dos moldes.

As poupanças resultantes da aplicação do aquecimento de moldes de 60kw encontra-se no Apêndice XXXVI. Na Figura 47 é apresentado um gráfico que resume as melhorias correspondentes a essa aplicação. Com o cumprimento desta fase, a poupança média seria de 7,04€/par/modelo.

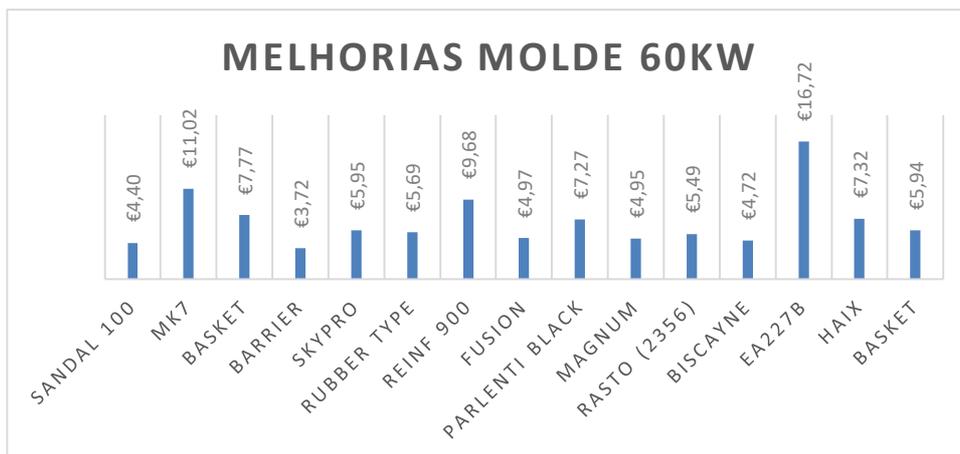


Figura 47 - Melhorias observadas na fase II do SMED (molde 60kw)

Relativamente ao molde de 80kw, considerou-se uma margem de 25% relativamente ao tempo de aquecimento de moldes inicial, pelo que se definiu que seriam  $4 + 4 \times 0,25 = 5$  minutos para a duração de aquecimento de moldes até uma temperatura de 165°C. A poupança de tempo corresponderia a  $1838 - 5 \times 60 = 1538$  segundos (aproximadamente 26 minutos), equivalente a uma melhoria de 84%. As poupanças de custo resultantes da aplicação do aquecimento de moldes de 80kw encontram-se no Apêndice XXXVI na Tabela 46. Na Figura 48 é apresentado um gráfico que resume as melhorias correspondentes a essa aplicação. Com o cumprimento desta fase, a poupança média seria de 7,64€/par/modelo.

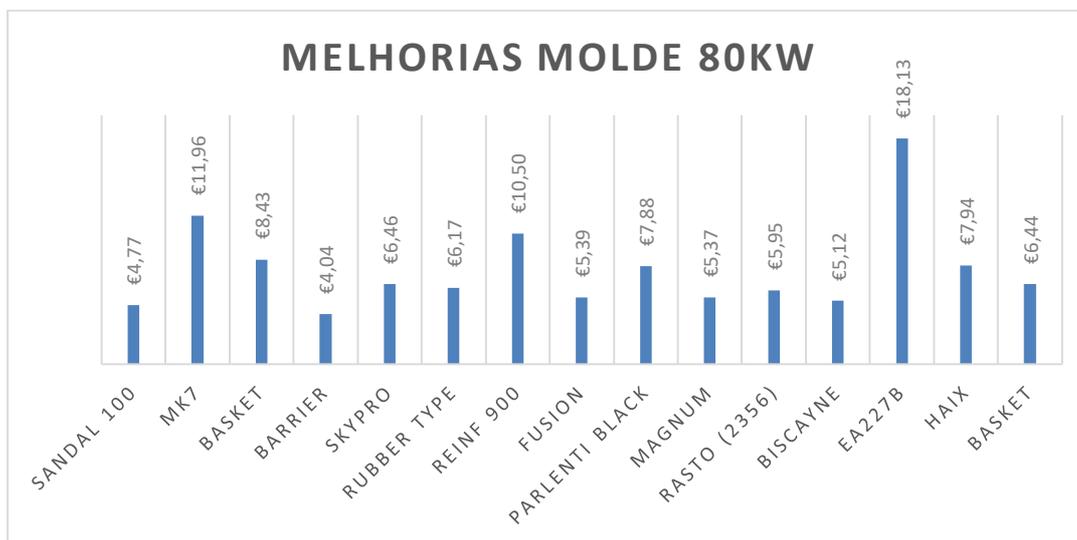


Figura 48 - Melhorias observadas na fase II do SMED (molde 80kw)

Após uma análise das mudanças de molde que foram realizadas no mês de abril concluiu-se que, em média, são mudados 11 moldes por dia. Considerando 22 dias de trabalho, a média mensal será de 244 moldes, sendo que o máximo obtido foi de 18 moldes diários, como se observa na Tabela 15.

Tabela 15 - Registo de mudanças de molde para o mês de Abril

Data	Número de mudanças de molde registadas
01/abr	12
04/abr	3
05/abr	10
06/abr	7
07/abr	13
08/abr	8
11/abr	11
12/abr	5
13/abr	11
14/abr	13
19/abr	18
20/abr	15
21/abr	13
22/abr	15
26/abr	13
27/abr	14
28/abr	7
29/abr	12
Média diária	11
Média mensal	244
Máximo	18

#### Análise do custo energético da máquina de aquecimento de moldes

Tendo em conta que são realizadas em média 11 mudanças de molde/dia, calculou-se o produto desse valor pelo tempo de aquecimento do molde de 60 kw (7 minutos), e o que se obteve foi um tempo despendido médio diário de 77 minutos.

Desta forma, o tempo diário despendido no aquecimento de moldes seria segundo a Equação 12.

*Equação 12 – Tempo diário despendido para o aquecimento de moldes*

$$11 \times 7 = 77 \text{ minutos} = 1,28 \text{ horas}$$

O total de kWh gastos diariamente encontra-se na seguinte Equação 13.

*Equação 13 - kWh gastos diariamente*

$$1,28 \times 60 = 77 \text{ kWh}$$

Tendo em conta que o preço kWh, segundo o contrato EDP com a empresa, é de 0,11€/kWh, o custo diário encontra-se na Equação 14.

*Equação 14 - Custo diário energético*

$$\text{Custo diário} = 77 \times 0,11 = 8,47\text{€/dia}$$

Considerando 22 dias de trabalho/mês, o custo mensal é de 186,34€ (Equação 15).

*Equação 15 - Custo mensal gasto com a aquisição da máquina de aquecimento de moldes*

$$\text{Custo mensal} = 8,47 \times 22 = 186,34\text{€}$$

O mesmo procedimento foi realizado para se obter o custo mensal para o molde de 80kWh. Foi calculado o tempo despendido diário para o aquecimento de moldes (Equação 16), o kWh despendidos (Equação 17), chegando-se ao resultado do custo diário (Equação 18) e mensal previsto (Equação 19).

*Equação 16 - Tempo diário despendido para o aquecimento de moldes (Máquina 80kw)*

$$\text{Tempo despendido} = 11 \times 5 = 55 \text{ minutos} = 0,92 \text{ horas}$$

*Equação 17 - Cálculo kwh para a máquina de 80kw*

$$\text{Cálculo (kwh)} = 0,92 \times 80 = 73,6 \text{ kwh}$$

*Equação 18 - Custo energético diário previsto*

$$\text{Custo diário} = 73,6 \times 0,11 = 8,1\text{€/dia}$$

*Equação 19 - Custo mensal diário previsto*

$$\text{Custo mensal} = 8,1 \times 22 = 178,2\text{€}$$

Posteriormente, foi calculado o tempo de recuperação simples para os moldes de 60kw e para os moldes de 80kw. No primeiro mês apenas foi considerado o preço de aquisição, e nos restantes meses foi considerado a soma do produto entre a poupança média e o número de moldes mudados, e a subtração do custo energético mensal calculado. O tempo de recuperação calculado encontra-se na seguinte Tabela 16.

Por tudo isto, conclui-se que ao fim de 7 meses conseguir-se-ia recuperar o investimento na aquisição da máquina de 60kw, e que, ao fim de 8 meses, conseguir-se-ia recuperar o investimento na aquisição da máquina de 80kw.

Tabela 16 - Tempo de recuperação simples para máquina de aquecimento de moldes

Mês	Molde 60kw	Molde 80kw
set/22	(9 288,96) €	(12 148,34) €
out/22	(7 756,26) €	(10 461,04) €
nov/22	(6 223,55) €	(8 773,73) €
dez/22	(4 690,85) €	(7 086,43) €
jan/23	(3 158,14) €	(5 399,13) €
fev/23	(1 625,44) €	(3 711,83) €
mar/23	(92,73) €	(2 024,52) €
abr/23	1 439,97 €	(337,22) €
mai/23	2 972,68 €	1 350,08 €
jun/23	4 505,38 €	3 037,39 €
jul/23	6 038,08 €	4 724,69 €
ago/23	7 570,79 €	6 411,99 €
set/23	9 103,49 €	8 099,30 €
out/23	10 636,20 €	9 786,60 €
nov/23	12 168,90 €	11 473,90 €
dez/23	13 701,61 €	13 161,20 €
jan/24	15 234,31 €	14 848,51 €
fev/24	16 767,02 €	16 535,81 €
mar/24	18 299,72 €	18 223,11 €
abr/24	19 832,42 €	19 910,42 €
mai/24	21 365,13 €	21 597,72 €
jun/24	22 897,83 €	23 285,02 €
jul/24	24 430,54 €	24 972,33 €
ago/24	25 963,24 €	26 659,63 €
set/24	27 495,95 €	28 346,93 €

Na Figura 49 observa-se os tempos obtidos antes e após a aplicação de SMED. Sendo que com a fase I se conseguiu um ganho de 8,5%, com a aplicação da fase II para um molde de 60kw ter-se-ia um ganho de 51,7%, e para um molde de 80kw ter-se-ia um ganho de 56,10%.

O orçamento apresentado foi obtido por uma empresa localizada na China. Dada a preferência da ALOFT por empresas sediadas em Portugal, o que reduz o risco de aquisição do equipamento no caso de avaria, foi necessário recorrer a orçamentos a nível nacional. Por este facto e para facilitar o estudo da aquisição de uma máquina com funcionalidades diferentes, foram feitos todos os cálculos necessários, em *excel*, para obter automaticamente o tempo de recuperação.

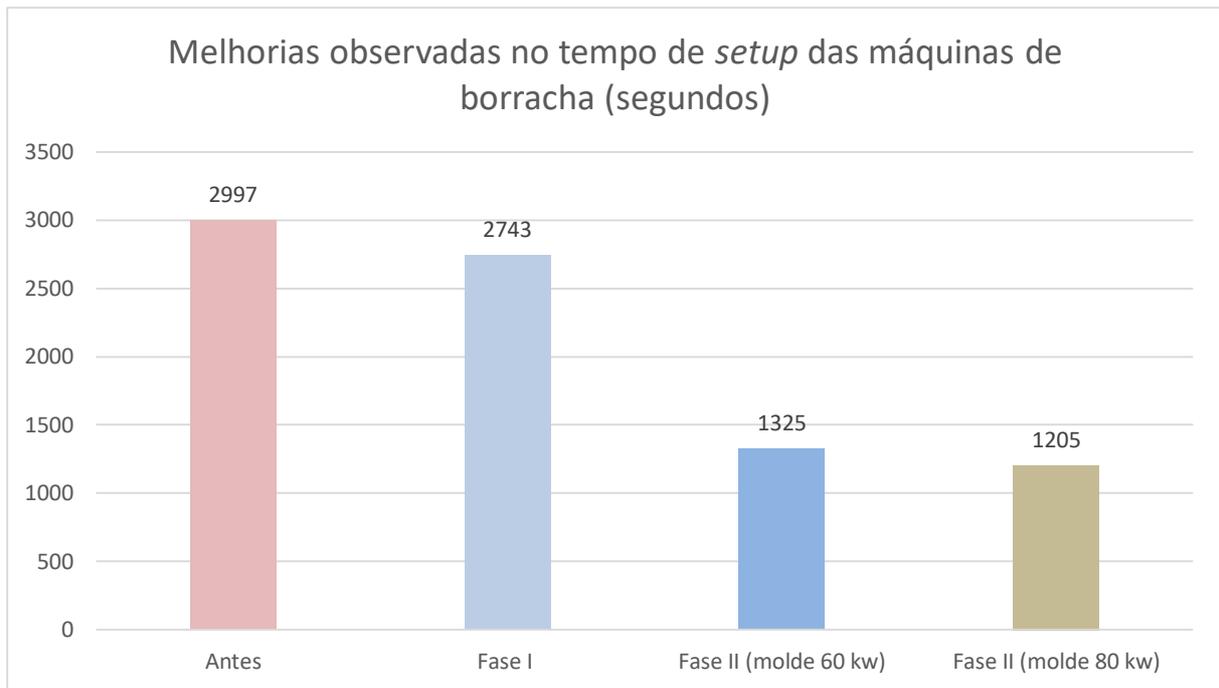


Figura 49 – Melhorias do tempo de *setup* na secção da borracha (SMED)

#### 6.2.2 Aplicação dos 5S com estantes sinalizadas e demarcações de passagens no armazém

Foi realizada uma estimativa de uma nova auditoria após a implementação de reuniões mensais, da sinalização das prateleiras e áreas de armazenamento e da demarcação de fluxos, áreas de passagens e de *stock*. Com a implementação destas melhorias, a eficiência subiria de 90% para 99%. A estimativa da auditoria realizada encontra-se no Apêndice XXXVII. Como se pode observar na Figura 50, o senso de limpeza passa a ser o S com possibilidade de melhoria, o que pode ser feito recorrendo à manutenção do estado das instalações.

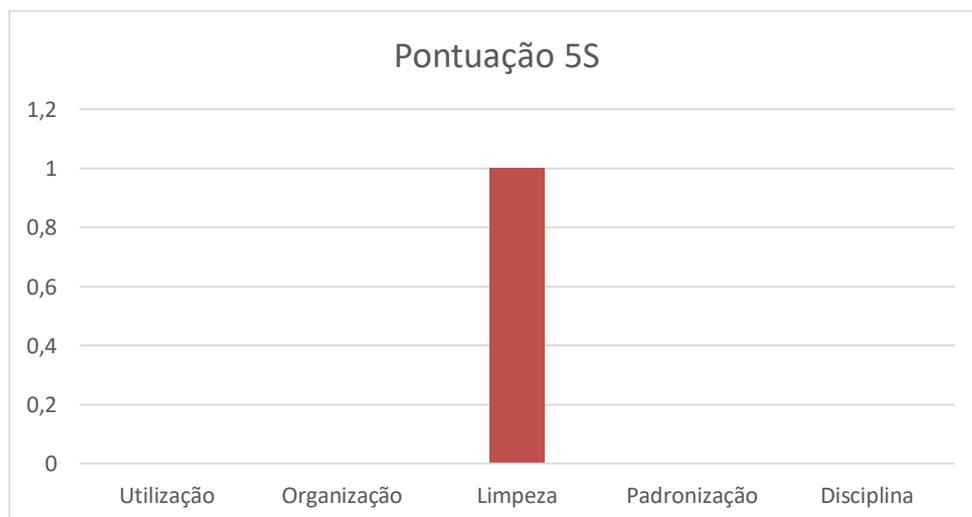


Figura 50 - Análise da possível auditoria 5S após melhorias propostas

## 7. CONCLUSÕES

Este capítulo destina-se às principais conclusões que foram retiradas ao longo deste projeto, assim como à apresentação de um plano de trabalho futuro que a empresa deve continuar a adotar, ou começar dependendo dos casos.

### 7.1 Considerações finais

O tema principal deste projeto debruçou-se, essencialmente, sobre a aplicação de conceitos *Lean Manufacturing* na indústria do calçado, sendo que os principais objetivos seriam: a melhoria do desempenho do processo da empresa, a redução dos tempos de *setup*, a envolvimento do departamento de manutenção com a empresa, e a implementação de boas práticas relativamente à organização e limpeza.

Após a identificação dos principais problemas recorrendo a ferramentas como o VSM e o OEE, foram analisadas quais as ferramentas *Lean* que seriam mais vantajosas para pôr em prática na empresa. Para esta análise recorreu-se à matriz de *Payoff-Effort*.

Posteriormente, surgiu a proposta/implementação da metodologia SMED nas secções da borracha e da rotativa, com implementação de folhas de trabalho normalizado. Com a aplicação desta ferramenta obteve-se uma redução de 4 minutos no tempo de *setup* do setor da borracha, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 10%. Relativamente ao setor das rotativas, foi possível reduzir o tempo de *setup* em 52 minutos, pelo que se pode concluir que a melhoria foi de 37%.

Para a resolução do problema de falta de limpeza e organização da empresa, procedeu-se à aplicação da ferramenta *5S*, dando-se posteriormente uma melhoria na sua eficiência de 34% para 93%, isto é, ocorreu uma melhoria de 59% a nível da auditoria *5S*.

Para além disso, foi ainda realizada a equilibragem de cada uma das linhas de acabamento, e foi atualizado e posto em prática o plano de manutenção preventiva em todas as secções da empresa, de forma a aumentar a envolvimento do setor de manutenção com a restante empresa, como referido anteriormente.

Assim, e apesar de todas as dificuldades encontradas durante a realização deste estudo, como é o caso da pandemia, que dificultou o trabalho devido à falta de operadores em algumas semanas, ou ainda devido à resistência por parte de alguns colaboradores à mudança na sua maneira de trabalhar, pode concluir-se que os objetivos apresentados no início deste estudo foram alcançados e ainda foi possível abordar outros temas para além dos inicialmente definidos.

## 7.2 Trabalho futuro

Neste subcapítulo será referido todo o trabalho que não foi possível abordar e que será importante ter continuidade assegurada pela empresa.

Em primeiro lugar, destaca-se a importância de manter a realização dos *5S* implementados, principalmente a verificação diária da *Check List* de limpeza no setor do armazém e no do acabamento da rotativa. Seria também interessante expandir esta *Check List* para outras áreas da empresa. De seguida, é fundamental manter sempre a folha de manutenção preventiva atualizada, aquando da aquisição de novos equipamentos, e manter o seu preenchimento mensal, dada a importância que este cuidado pode ter numa empresa.

Para além disso, a confirmação/realização conforme as folhas de trabalho normalizado e as instruções de trabalho sobre as mudanças de molde, tanto no setor da borracha, como no setor da rotativa, é também importante, devido à elevada diferença obtida nos tempos de *setup*.

Relativamente ao que ainda não foi implementado, é de salientar a continuação do estudo das máquinas de aquecimento de molde e a continuação do estudo da equilibragem da linha de acabamento do setor da borracha. Inicialmente, o estudo da aquisição de máquinas de aquecimento de moldes deverá ter em atenção outro tipo de fornecedores e, através da utilização do ficheiro *excel* já realizado, será facilmente visível qual dos equipamentos será mais vantajoso adquirir e qual o tempo de recuperação dos mesmos. Por último, na continuação do estudo da equilibragem da linha de acabamento da borracha, deverá ser estudada a razão pela qual a rebarba extra da sola *Inglewood* se prende mais na máquina do que outras solas, e verificar se existe alguma solução para este problema. Ainda na secção do acabamento, seria vantajoso verificar se a alteração do *layout* com a colocação da máquina de limpeza das solas junto à área de embalamento das mesmas seria uma solução exequível.

Para concluir, reforça-se que é tão necessário continuar novos estudos e pensar sempre em novas melhorias, como também manter as melhorias já implementadas e verificar se elas estão realmente a ser cumpridas com regularidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

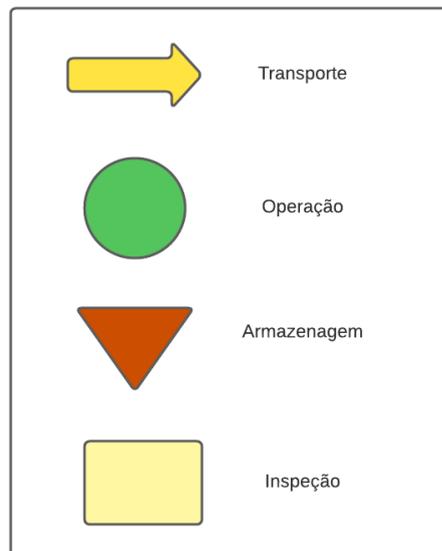
- Abreu, F., & Moreira, F. (2020). *Organização de Sistemas de Produção II 5S - Técnica de Organização de Postos de Trabalho*. 1–11 (Powerpoint de apoio à unidade curricular de Organização e Sistemas de Produção).
- Abu, F., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Zakuan, N., Streimikiene, D., & Kyriakopoulos, G. L. (2021). An sem approach for the barrier analysis in lean implementation in manufacturing industries. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13041978>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *25*(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Aloft. (2022). <https://we-aloft.com/>
- Alves, C. (2020). *Standards , standardization e Standard work Tópicos*. 1–19 (Powerpoint de apoio à unidade curricular de Organização de Sistemas de Produção).
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *17*(1), 56–72. <https://doi.org/10.1108/17410380610639506>
- 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>
- Céspedes-Mota, A., Shenoy, D., & Cárdenas-Barrón, L. E. (2021). Application of Lean Manufacturing Concepts to Evolving a Policy for Engineering Education. *Education Sciences*, *11*(11), 755. <https://doi.org/10.3390/educsci11110755>
- Chavez, Z., Mokudai, T., & Uyama, M. (2018). Divergence between Value Stream Mapping Western Understanding and Material and Information Flow Chart Principles: A Japanese Automotive Supplier's Perspective. *Journal of Service Science and Management*, *11*(2).
- Cho, F., Sugiromi, Y., & 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.
- Cochran, J. K., & Kim, S. S. (1998). Optimum junction point location and inventory levels in serial hybrid push/pull production systems. *International Journal of Production Research*, *36*(4), 1141–1155. <https://doi.org/10.1080/002075498193561>
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, *18*(3), 263–281. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>
- Dillinger, F., Kagerer, M., & Reinhart, G. (2021). Concept for the development of a Lean 4.0 reference implementation strategy for manufacturing companies. *Procedia CIRP*, *104*, 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.056>
- Godfrey, P. (2002). Overall equipment effectiveness. *Manufacturing Engineer*, *81*(3), 109–112. <https://doi.org/10.1049/me:20020302>
- Hirano, H. (1996). *5S-for-Operators Hirano,1995 libro.pdf* (p. 121). Productivity Press.
- Jain, A., Bhatti, R., Singh Deep, H., & kumar Sharma, S. (2012). Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences ResearchXplore International Research Journal Consortium*, *1*(1), 2319–4413.
- Kanbanize. (2022). <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/mapeamento-da-cadeia-de-valor>
- Kimura, O., & Terada, H. (1980). No Title. *International Journal of Production Research*, *19*(3), 241–253.
- Krajewski, L., King, B., Ritzman, L., & Wong, D. (1987). *Kanban, MRP, and Shaping the Manufacturing Environment*.

- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708–1720. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- 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>
- Lean Enterprise Institute. (n.d.). *Toyota Production System*. <https://www.lean.org/lexicon-terms/toyota-production-system/>
- Lee, J., & Jang, Y. (1998). Factors influencing the success of management consulting projects. *International Journal of Project Management*, 16(2), 67–72.
- Loureiro, P. M. T. (2016). *Implementação de Ferramentas Lean na Indústria Nacional*. 56. [https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41843/1/Dissertação\\_Pedro Miguel Teixeira Loureiro\\_2016.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41843/1/Dissertação_Pedro_Miguel_Teixeira_Loureiro_2016.pdf)
- Loyd, N., Harris, G., Gholston, S., & Berkowitz, D. (2020). Development of a lean assessment tool and measuring the effect of culture from employee perception. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(7), 1439–1456. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0375>
- Madewell, M. (1998). Total productive maintenance. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/982092>
- 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. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time* (3rd ed.). Engineering & Management Press.
- Moreira, A. C., & Pais, G. C. S. (2011). Single minute exchange of die. A case study implementation. *Journal of Technology Management and Innovation*, 6(1), 129–146. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000100011>
- 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. In *Productivity Press, Cambridge, Mass.*
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press, New York.
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1–3), 276–279. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.102>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Productivity Press, Cambridge, MA.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press, Boca Raton.
- Sousa, R. (2021a). *Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM - Value Stream Mapping) (Powerpoint de apoio à unidade curricular de Ferramentas Avançadas Lean)*.
- Sousa, R. (2021b). *Redução de Tempos de Preparação (Powerpoint de apoio à unidade curricular de Ferramentas Avançadas Lean)*.
- Sousa, R., & Carvalho, D. (2021). *Produção Pull (Powerpoint de apoio à unidade curricular de Ferramentas Avançadas Lean)*.

- Ungan, M. C. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Wingjic. (2022). <https://oficinaware.pt/produtos/wingjic-software/>
- Womack, J P, & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, James P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation: Free Press.*
- Womack, James P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World.* Free Press.
- Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1–2), 457–474. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1177-3>

## APÊNDICES

### Apêndice I **NOTAÇÃO DO FLUXOGRAMA**



*Figura 51 - Notação do Fluxograma*

Apêndice II **EXPLICAÇÃO DAS OPERAÇÕES DA SECÇÃO DA BORRACHA**

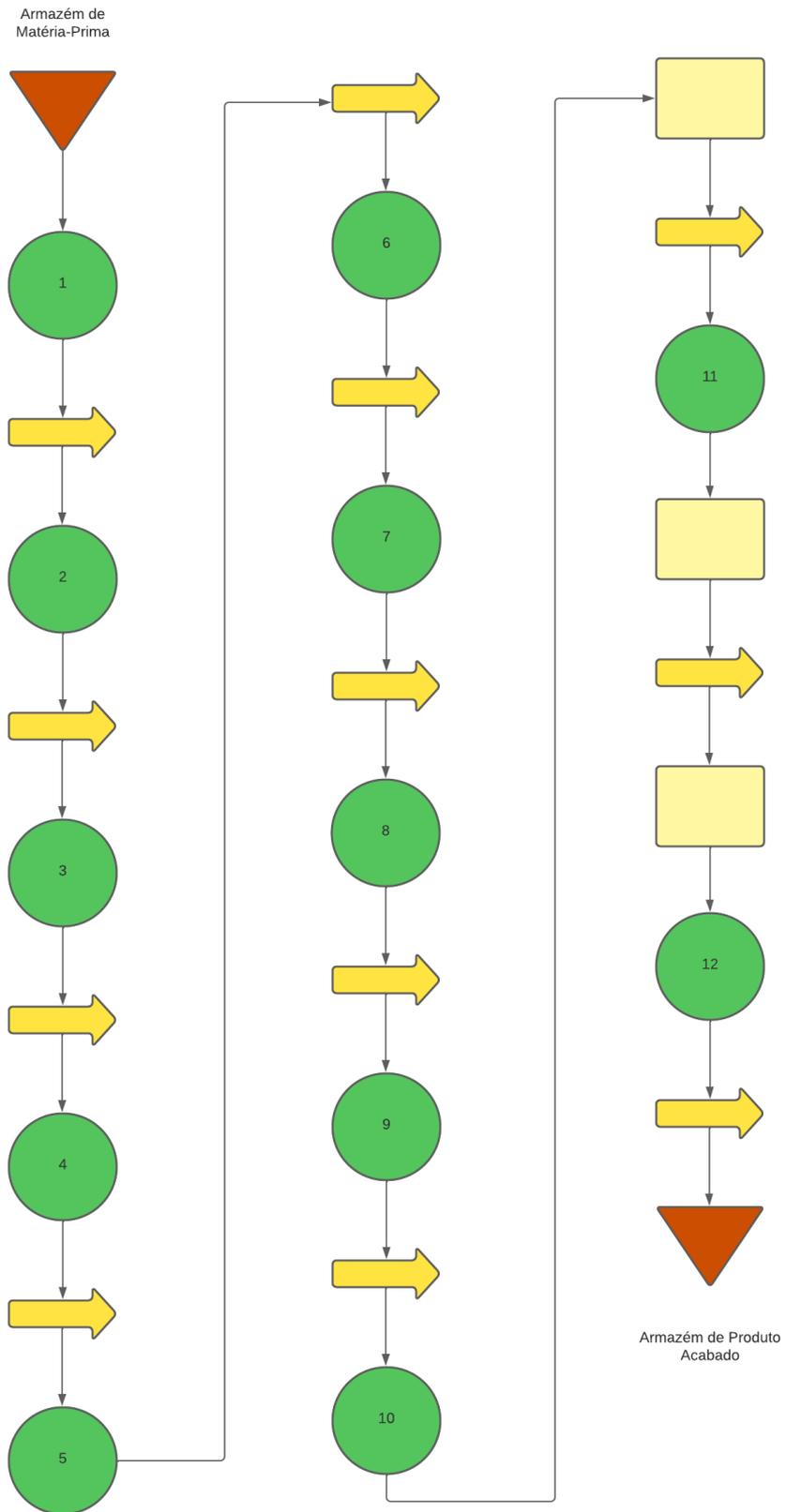


Figura 52 - Fluxograma da secção da borracha

Apêndice III **OPERAÇÕES DA SECÇÃO DA BORRACHA**

*Tabela 17 - Operações da secção da borracha*

<b>Operação</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	Verificação da encomenda
<b>2</b>	Preparação da encomenda
<b>3</b>	Preparação da mistura
<b>4</b>	Alisamento da mistura
<b>5</b>	Arrefecimento da mistura
<b>6</b>	Junção de aceleradores
<b>7</b>	Formação dos pré-formatos
<b>8</b>	Arrefecimento dos pré-formatos
<b>9</b>	Colocação dos pré-formatos em caixas
<b>10</b>	Formação das solas
<b>11</b>	Acabamento
<b>12</b>	Embalamento

Apêndice IV **ANÁLISE ABC NA SECÇÃO DA BORRACHA**

Tabela 18 - Análise ABC das encomendas para secção da borracha

	Nome da sola	Qtd enc. (pares)	%	%ACUM	Classes
1	SANDAL 100	82104	36,310%	36,31%	A
2	REINF 900	18626	8,237%	44,55%	
3	SH-500	15525	6,866%	51,41%	
4	MK7	14465	6,397%	57,81%	
5	BISCAYNE	11240	4,971%	62,78%	
6	FUSION	10775	4,765%	67,55%	B
7	BAHIA	9910	4,383%	71,93%	
8	ADVENTURE	9653	4,269%	76,20%	
9	BARRIE	7493	3,314%	79,51%	
10	EA227	7058	3,121%	82,63%	
11	HAIX 030	4732	2,093%	84,72%	
12	TYPE	4610	2,039%	86,76%	
13	JN RUBBER	4393	1,943%	88,71%	C
14	BASKET	4295	1,899%	90,61%	
15	BETTERGUARDS	4291	1,898%	92,50%	
16	SANDAL T500	3628	1,604%	94,11%	
17	MAGNUM	3322	1,469%	95,58%	
18	INGLEWOOD	3232	1,429%	97,01%	
19	SKYPRO	2599	1,149%	98,16%	
20	PARLANTI	1585	0,701%	98,86%	
21	KODA	1300	0,575%	99,43%	
22	CREPE	1100	0,486%	99,92%	
23	Outras solas	186	0,082%	100,00%	
	<b>Total</b>	<b>226122</b>	<b>100,000%</b>	<b>100,00%</b>	

## Apêndice V VSM DA SITUAÇÃO ATUAL NA SECÇÃO DA BORRACHA

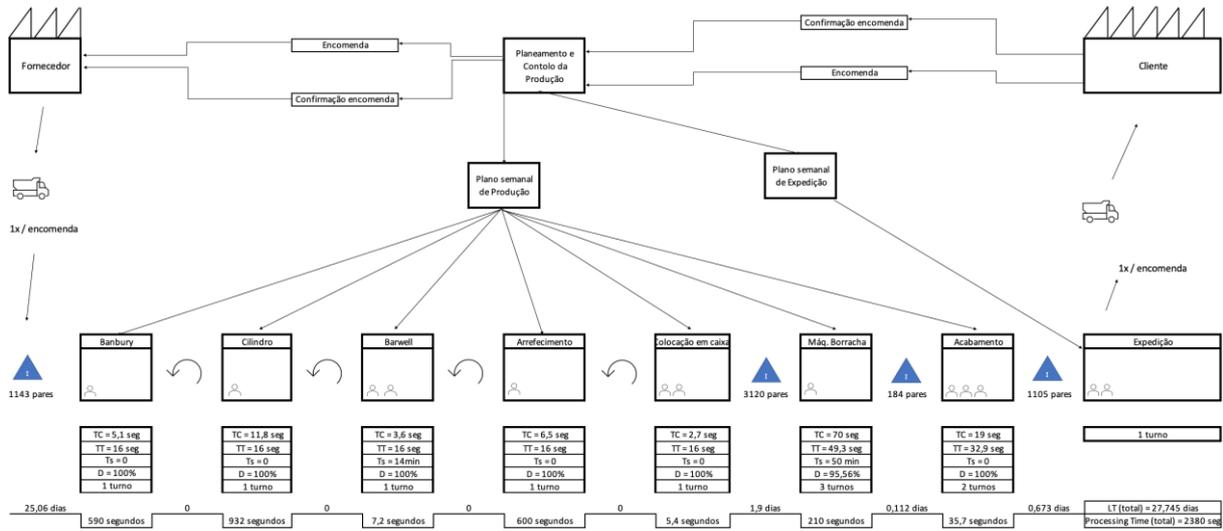


Figura 53 - Aplicação do VSM na secção da borracha

## Apêndice VI VALORES DO OEE POR MÁQUINA NA SECÇÃO DA BORRACHA

Tabela 19 - Valor de OEE por máquina

Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5
Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)
Tempo de turno 120	Tempo de turno 120	Tempo de turno 120	Tempo de turno 120	Tempo de turno 120
Paragens planeadas 7,5	Paragens planeadas 7,5	Paragens planeadas 7,5	Paragens planeadas 7,5	Paragens planeadas 7,5
Tempo Planeado Produção 112,5	Tempo Planeado Produção 112,5	Tempo Planeado Produção 112,5	Tempo Planeado Produção 112,5	Tempo Planeado Produção 112,5
Paragens não planeadas 2,5	Paragens não planeadas 5	Paragens não planeadas 9,75	Paragens não planeadas 1,25	Paragens não planeadas 3,75
Tempo de funcionamento 110	Tempo de funcionamento 107,5	Tempo de funcionamento 102,75	Tempo de funcionamento 111,25	Tempo de funcionamento 108,75
<b>Disponibilidade = 97,78%</b>	<b>Disponibilidade = 95,56%</b>	<b>Disponibilidade = 91,33%</b>	<b>Disponibilidade = 98,89%</b>	<b>Disponibilidade = 96,67%</b>
Peças produzidas total 425	Peças produzidas total 421	Peças produzidas total 419	Peças produzidas total 406	Peças produzidas total 449
Peças boas total 422	Peças boas total 416	Peças boas total 411	Peças boas total 401	Peças boas total 444
<b>Qualidade = 99,29%</b>	<b>Qualidade = 98,81%</b>	<b>Qualidade = 98,09%</b>	<b>Qualidade = 98,77%</b>	<b>Qualidade = 98,89%</b>
Tempo ciclo ideal (Fusion) 663	Tempo ciclo ideal (sandal) 640	Tempo ciclo ideal (inglewood) 660	Tempo ciclo ideal (Biscayne) 628	Tempo ciclo ideal (Fusion) 663
<b>Velocidade = 71,16%</b>	<b>Velocidade = 69,62%</b>	<b>Velocidade = 74,76%</b>	<b>Velocidade = 63,66%</b>	<b>Velocidade = 76,04%</b>
<b>OEE = 69,08%</b>	<b>OEE = 65,74%</b>	<b>OEE = 66,98%</b>	<b>OEE = 62,18%</b>	<b>OEE = 72,68%</b>

## Apêndice VII ANÁLISE ABC PARA A SECÇÃO DAS ROTATIVAS

Tabela 20 - Análise ABC para a secção das rotativas

	Quantidade	% Quantidade	% Acumulada	Classes
8543212 BTS 100 AD BLACK	229 602	0,261895555	26%	A
8528089 NEW AQUAFUN CLEAR BLUE	199 194	0,227210666	49%	
8344304 BOOTS SH100 WARM M BLACK	129 015	0,147160979	64%	
8344698 BOOTS SH100 WARM WOMAN GREY	62 360	0,071130943	71%	B
8152244 LOW WELLIES INV. 100W PURPLE	57 768	0,065893078	77%	
8110746 LOW WELLIES INV. 100M BLACK	46 200	0,052698037	83%	C
8116785 LOW WELLIES INVERNESS 100W BLACK	45 206	0,051564231	88%	
8315493 WELLIES GLENARM 500	41511	0,047349528	92%	
8383760 LB 100 BABY BLACK	28 252	0,032225648	96%	
8152245 LOW WELLIES INV. 100JR PURPLE	21 400	0,024409913	98%	
8110750 LOW WELLIES INV.100J BLACK	16185	0,018461423	100%	
TOTAL	876 693	1	100%	

## Apêndice VIII VSM DA SITUAÇÃO ATUAL NAS ROTATIVAS

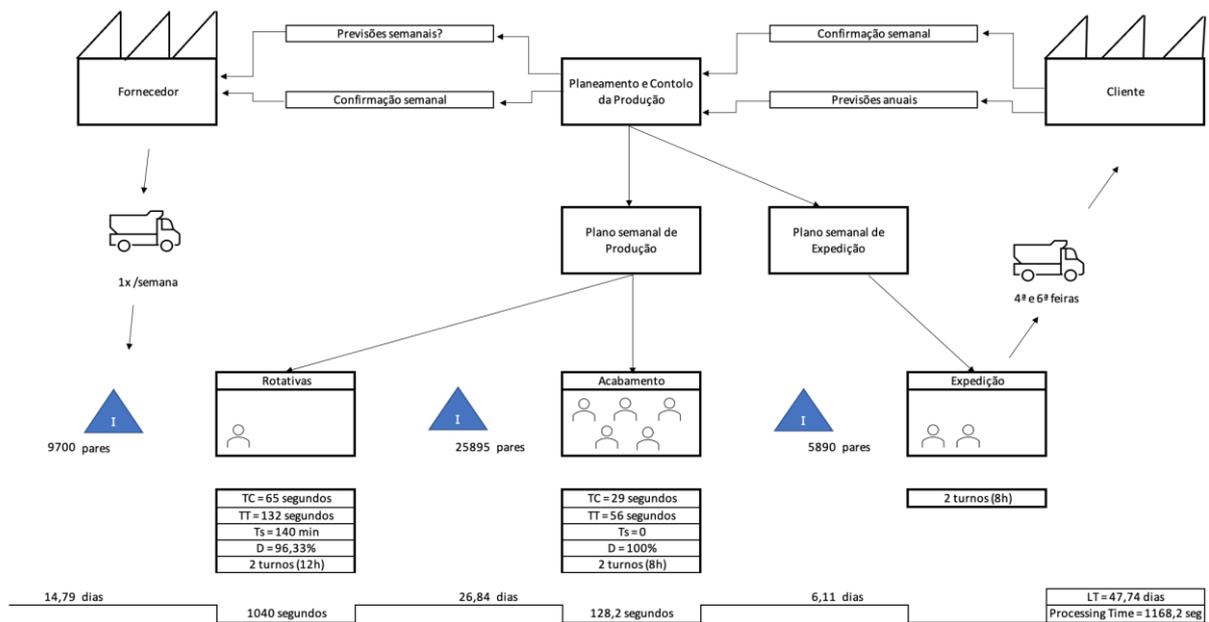


Figura 54 - Aplicação do VSM na secção das rotativas

Apêndice IX **TEMPOS DESPENDIDOS NO *SETUP* DAS ROTATIVAS**

*Tabela 21 - Setup das rotativas*

<b>Tarefa descrita</b>	<b>Tempo despendido (seg.)</b>
Parar a máquina	2
Arrumar os pares antigos	25
Arrumar defeitos de produtos antigos	12
Mudar as características da máquina	47
Buscar luvas	47
Mudar as características da máquina	68
Limpar a máquina	20
Limpar o posto de trabalho	21
Outras arrumações	124
Mudar características da máquina	305
Transportar empilhadora	110
Transportar palete	10
Procurar ferramentas	65
Baixar molde	30
Desparafusar	45
Buscar luvas	30
Juntar o molde (Baixar parte superior)	22
Retirar moldes com ranhuras (zona frontal)	104
Retirar moldes com ranhuras (zona lateral)	170
Com empilhadora, a palete é colocada junto à máquina	60
Retirar molde superior e fios	70
Colocar o molde antigo perto da máquina	30
Transportar o novo molde	77
Colocar molde superior	100
Ajustar molde novo	60
Colocar moldes pelas ranhuras	100

<b>Tarefa descrita</b>	<b>Tempo despendido (seg.)</b>
Colocar molde de novo (ficou incorreto)	50
Colocar fio	65
Transportar moldes até à máquina	23
Transportar p/ mesa	80
Fechar a máquina	42
Alinhar o molde	85
Apertar	8
Buscar ferramentas	170
Apertar	113
Aparafusar parafusos retirados	92
Verificar movimentos de máquina	10
Transportar peça para segurar braço	240
Segurar braço	90
Arrumar ferramentas na mesa	15
Apertar parafusos da zona inferior	100
Transportar ferramentas	50
Apertar com chave inglesa	65
Procura de materiais necessários	52
Apertar novamente	100
Testar o funcionamento	50
Retirar molde pequeno	120
Testar o funcionamento	30
Limpeza	300
Colocar as caixas perto do PT	90
Buscar materiais a outros moldes	540
Colocar moldes pequenos	55
Limpar	450
Buscar ferramentas	180
Limpar os fios + conectar fios de água	300

Tarefa descrita	Tempo despendido (seg.)
Arrumar ferramentas	420
Ajustar características da máquina	300
Esperar até sair o primeiro produto sem defeito	2400
<b>Total</b>	<b>8440 seg = 2h20min</b>

## Apêndice X VALOR DO OEE POR ROTATIVA

Tabela 22 - Valor do OEE por rotativa

Rotativa 1	Rotativa 2	Rotativa 3
Tempo (h)	Tempo (h)	Tempo (h)
Tempo Planeado Produção 1008	Tempo Planeado Produção 1008	Tempo Planeado Produção 1008
Paragens planeadas 0	Paragens planeadas 0	Paragens planeadas 0
Tempo de abertura 1008	Tempo de abertura 1008	Tempo de abertura 1008
Paragens não planeadas 37	Paragens não planeadas 51,1	Paragens não planeadas 74
Tempo de funcionamento 971	Tempo de funcionamento 956,9	Tempo de funcionamento 934
<u>Disponibilidade</u> = 96,33%	<u>Disponibilidade</u> 94,93%	<u>Disponibilidade</u> = 92,66%
Peças produzidas (AquaFun) 12832	Peças produzidas (SH100) 49553	Peças produzidas (InvB) 16494
Peças boas 12670	Peças boas 49023	Peças boas 16276
Peças produzidas (SBTS) 56851	<u>Qualidade</u> 98,93%	Peças produzidas (InvP) 29847
56126	Tempo de ciclo ideal 45	Peças boas 29607
Peças produzidas total 69683	<u>Velocidade</u> 64,73%	Peças produzidas 46341
Peças boas total 68796	<b>OEE = 60,79%</b>	Peças boas 45883
<u>Qualidade</u> = 98,73%		<u>Qualidade</u> = 99,01%
Tempo ciclo ideal (AquaFun) 41		Tempo ciclo ideal (InvB) 62
Tempo ciclo ideal (SBTS) 51		Tempo de ciclo ideal (InvP) 58
<u>Velocidade</u> = 97,99%		<u>Velocidade</u> = 81,90%
<b>OEE= 93,20%</b>		<b>OEE = 75,14%</b>

Apêndice XI **FLUXOGRAMA DA LINHA DE ACABAMENTO DAS ROTATIVAS**

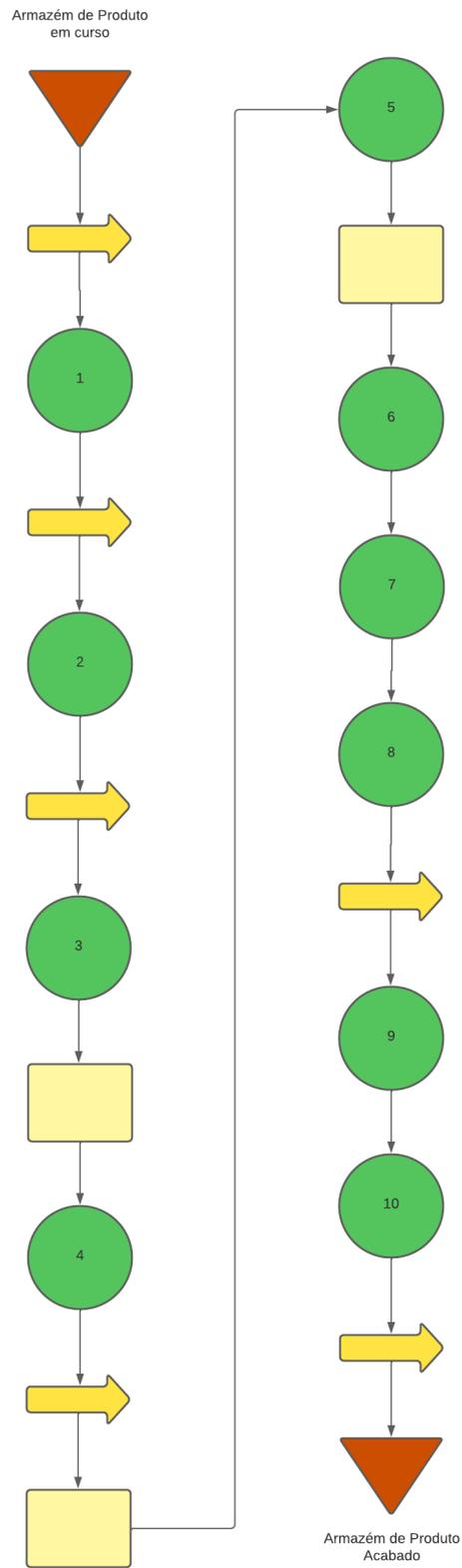


Figura 55 - Fluxograma da linha de acabamento

Apêndice XII **DESCRIÇÃO DAS TAREFAS DO ACABAMENTO DAS ROTATIVAS**

*Tabela 23 - Descrição de operações da linha de acabamento das rotativas*

<b>Operação</b>	<b>Tarefa</b>
<b>1</b>	Abastecimento da linha
<b>2</b>	Costura
<b>3</b>	Etiquetagem
<b>4</b>	Rebarbagem
<b>5</b>	Corte das linhas
<b>6</b>	Limpeza do par
<b>7</b>	Junção do par
<b>8</b>	Embalamento do par
<b>9</b>	Embalamento da caixa
<b>10</b>	Etiquetagem da caixa



## AUDITORIAS 5S

Auditor: Aurélio Fernando Martins Carneiro Área: Armazém Data: 14 / 03 / 2022

Nota: 0 – Tudo está a ser realizado de forma correta ou NA; 1 – Quase tudo está a ser realizado; 2 – Existem espaço para melhoria;  
3 – Há alguns pontos fracos; 4 – Muitos pontos fracos; 5 – Ainda não está em uso ou totalmente desorganizado.

Itens Auditados		Pontuação					
		0	1	2	3	4	5
Senso de Utilização	Há materiais ou objetos desnecessários?						X
	Todos os equipamentos ou utensílios estão a ser utilizados?		X				
	Verificar se há fios elétricos espalhados no meio do chão ou mesmo mal posicionados nas paredes.			X			
	Há informações ou papéis desnecessários?		X				
	Existem objetos pessoais no local de trabalho?	X					
	É óbvio quais os itens que foram marcados como desnecessários?	X					
	<b>Total Utilização</b>	9					
Sendo de organização	As prateleiras e outras áreas de armazenamento estão devidamente sinalizadas?					X	
	Os materiais/equipamentos/objetos estão em locais adequados e organizados?						X
	Os locais onde os materiais são guardados, estão identificados corretamente?						X
	As áreas de trânsito estão desobstruídas?						X
	Os equipamentos de segurança estão de fácil acesso?	X					
	Existem fluxos estabelecidos para atividades na área?						X
	Existe demarcação das passagens e áreas de stock em processo?				X		
	Os equipamentos de combate a incêndios estão em boas condições e prontos para uso?	X					
<b>Total Organização</b>	27						
Sendo de limpeza	Os equipamentos/utensílios estão limpos?					X	
	Os pisos são mantidos brilhantes, limpos e sem resíduos?				X		
	Qual o estado das instalações?		X				
	Existe uma pessoa responsável por supervisionar as operações de limpeza?				X		
	Existe check list de limpeza para a área?						X
	Os operadores costumam varrer o chão e limpar sem serem avisados?				X		
	<b>Total Limpeza</b>	19					
Senso de pradronização	O check list de limpeza da área contempla padronização, responsáveis e frequência?						X
	As ideias de melhoria estão a ser aceites?						X
	Existe tabela de atribuição de responsáveis?						X
	Os três primeiros S estão a ser mantidos?				X		
	<b>Total Padronização</b>	18					
Senso de disciplina	Os materiais quando não estão a ser utilizados, encontram-se devidamente arrumados?						X
	Os colaboradores demonstram interesse pelo cumprimento dos 5S?			X			
	As tarefas estão a ser executadas conforme determinadas?						X
	Os colaboradores praticam as normas de segurança?				X		
	Existem reuniões periódicas?						X
	Existe formulário de auditoria na área?						X
	Existem metas estabelecidas?						X
	<b>Total Disciplina</b>	30					
<b>PONTUAÇÃO GERAL = 103 ; EFICIÊNCIA = 34%</b>							

Figura 56 - Folha de auditorias 5S



## AUDITORIAS 5S

**Auditor:** Aurélio Fernando Martins Carneiro **Área:** Rotativa **Data:** 16 / 06 / 2022

Nota: 0 – Tudo está a ser realizado de forma correta ou NA; 1 – Quase tudo está a ser realizado; 2 – Existem espaço para melhoria; 3 – Há alguns pontos fracos; 4 – Muitos pontos fracos; 5 – Ainda não está em uso ou totalmente desorganizado.

Itens Auditados		Pontuação					
		0	1	2	3	4	5
Senso de Utilização	Há materiais ou objetos desnecessários?			X			
	Todos os equipamentos ou utensílios estão a ser utilizados?	X					
	Verificar se há fios elétricos espalhados no meio do chão ou mesmo mal posicionados nas paredes.	X					
	Há informações ou papéis desnecessários?	X					
	Existem objetos pessoais no local de trabalho?			X			
	É óbvio quais os itens que foram marcados como desnecessários?			X			
	<b>Total Utilização</b>	6					
Sendo de organização	As prateleiras e outras áreas de armazenamento estão devidamente sinalizadas?	X					
	Os materiais/equipamentos/objetos estão em locais adequados e organizados?						X
	Os locais onde os materiais são guardados, estão identificados corretamente?				X		
	As áreas de trânsito estão desobstruídas?					X	
	Os equipamentos de segurança estão de fácil acesso?	X					
	Existem fluxos estabelecidos para atividades na área?		X				
	Existe demarcação das passagens e áreas de stock em processo?				X		
	Os equipamentos de combate a incêndios estão em boas condições e prontos para uso?	X					
<b>Total Organização</b>	16						
Sendo de limpeza	Os equipamentos/utensílios estão limpos?	X					
	Os pisos são mantidos brilhantes, limpos e sem resíduos?						X
	Qual o estado das instalações?		X				
	Existe uma pessoa responsável por supervisionar as operações de limpeza?						X
	Existe check list de limpeza para a área?						X
	Os operadores costumam varrer o chão e limpar sem serem avisados?				X		
<b>Total Limpeza</b>	19						
Senso de padronização	O check list de limpeza da área contempla padronização, responsáveis e frequência?						X
	As ideias de melhoria estão a ser aceites?	X					
	Existe tabela de atribuição de responsáveis?						X
	Os três primeiros S estão a ser mantidos?					X	
<b>Total Padronização</b>	14						
Senso de disciplina	Os materiais quando não estão a ser utilizados, encontram-se devidamente arrumados?		X				
	Os colaboradores demonstram interesse pelo cumprimento dos 5S?				X		
	As tarefas estão a ser executadas conforme determinadas?		X				
	Os colaboradores praticam as normas de segurança?				X		
	Existem reuniões periódicas?						X
	Existe formulário de auditoria na área?						X
	Existem metas estabelecidas?						X
<b>Total Disciplina</b>	23						
<b>PONTUAÇÃO GERAL = 78/155 ; EFICIÊNCIA = 50%</b>							

Apêndice XV **ESCALA DE CUSTO UTILIZADA PARA A MATRIZ DE ESFORÇO**

*Tabela 24 - Escala de custo*

<b>Custo</b>	<b>Escala</b>
<b>&lt; 100 €</b>	1
<b>100,00 € – 199,00 €</b>	2
<b>200,00 € – 499,00 €</b>	3
<b>500,00 € - 999,00 €</b>	4
<b>1 000,00 € - 4 999,00 €</b>	5
<b>5 000,00 € - 9 999,00 €</b>	6
<b>10 000,00 € - 49 999,00 €</b>	7
<b>50 000,00 € - 74 999,00 €</b>	8
<b>75 000,00 € - 100 000,00 €</b>	9
<b>&gt;100 000,00 €</b>	10

Apêndice XVI **ESCALA DE TEMPO UTILIZADA PARA A MATRIZ DE ESFORÇO**

*Tabela 25 - Escala de tempo*

<b>Tempo</b>	<b>Escala</b>
<b>&lt; 1 dia</b>	1
<b>1– 3 dias</b>	2
<b>4– 7 dias</b>	3
<b>1- 2 semanas</b>	4
<b>3– 4 semanas</b>	5
<b>1– 2 meses</b>	6
<b>3– 6 meses</b>	7
<b>7– 12 meses</b>	8
<b>1 – 2 anos</b>	9
<b>&gt;2 anos</b>	10

Apêndice XVII **ANÁLISE DOS VALORES DE ESFORÇO**

*Tabela 26 - Valores de esforço para cada proposta de melhoria*

<b>Proposta</b>	<b>Custo</b>	<b>Tempo</b>	<b>Média</b>
Folha de trabalho normalizada (borracha)	1	2	1.5
Folha de trabalho normalizada (rotativas)	1	2	1.5
SMED (borracha)	1	3	2
SMED (rotativas)	2	3	2.5
Equilibragem do acabamento (borracha)	3	4	3.5
Equilibragem do acabamento (rotativas)	3	4	3.5
Aplicação da ferramenta 5S (MP)	7	4	5.5
Formação dos operadores SMED + 5S	1	2	1.5

Apêndice XVIII **ESCALA DA PROBABILIDADE DE SUCESSO PARA A MATRIZ DE *PAYOFF***

*Tabela 27 - Escala de probabilidade de sucesso*

<b>Probabilidade de sucesso</b>	<b>Escala</b>
<b>&lt; 1 dia</b>	1
<b>1– 3 dias</b>	2
<b>4– 7 dias</b>	3
<b>1- 2 semanas</b>	4
<b>3– 4 semanas</b>	5
<b>1– 2 meses</b>	6
<b>3– 6 meses</b>	7
<b>7– 12 meses</b>	8
<b>1 – 2 anos</b>	9
<b>&gt;2 anos</b>	10

Apêndice XIX **ESCALA DE IMPACTO PARA A MATRIZ DE *PAYOFF***

*Tabela 28 - Escala de impacto*

<b>Impacto</b>	<b>Escala</b>
<b>Nenhum</b>	1
	2
<b>Reduzido</b>	3
	4
<b>Razoável</b>	5
	6
<b>Elevado</b>	7
	8
<b>Muito elevado</b>	9
<b>Extremo</b>	10

Apêndice XX **ANÁLISE DO IMPACTO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA**

*Tabela 29 - Valores de impacto para cada proposta de melhoria*

<b>Proposta</b>	Probabilidade de sucesso	Impacto	Média
Folha de trabalho normalizada (borracha)	6	7	6.5
Folha de trabalho normalizada (rotativas)	6	8	7
SMED (borracha)	8	8	8
SMED (rotativas)	8	9	8.5
Equilibragem do acabamento (borracha)	5	8	6.5
Equilibragem do acabamento (rotativas)	5	7	6
Aplicação da ferramenta 5S (MP)	9	9	9
Formação dos operadores SMED + 5S	3	7	5

Apêndice XXI **IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS**

Tabela 30 - Aplicação da ferramenta 5W2H

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much? (Estimativa)
Elevada quantidade de matéria-prima e falta de limpeza e organização na zona do armazém	Elevado tempo de procura da matéria-prima e difícil movimentação dentro do armazém	Armazém	Abril de 2022	Engenheiro e gestor industrial e operário responsável pelo armazém	Aplicação dos 5S	7.400,00€
Elevados tempos de setup	Incapacidade de resposta à procura. TC > TT	Secção da borracha	Abril de 2022	Engenheiro e gestor industrial, chefe de secção e operários	Aplicação do SMED	50,00€
Elevados tempos de setup	Elevado WIP	Secção da rotativa	Abril de 2022	Engenheiro e gestor industrial, chefe de secção e operários	Aplicação do SMED	100,00€
Falta de normalização dos processos	Falta de partilha de conhecimento entre os colaboradores	Secção das rotativas e da borracha	Março de 2022	Engenheiro e gestor industrial, chefe de secção e operários	Folha de trabalho normalizado	50,00 €
Falta de limpeza e organização	Tempo despendido na	Secção das rotativas	Março de 2022	Engenheiro e gestor industrial,	Aplicação da metodologia 5S	50,00€

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much? (Estimativa)
	procura de ferramentas			Chefe de secção e operários		
Baixa eficiência na linha de acabamento	Muitas movimentações, muitos colaboradores para pouca produção	Secção da borracha	Abril de 2022	Engenheiro e gestor industrial, Chefe de turno e operários	Equilibragem da linha de acabamento	200,00€
Baixa eficiência na linha de acabamento	Muitas movimentações, muitos colaboradores para pouca produção	Secção das rotativas	Abril de 2022	Engenheiro e gestor industrial, Chefe de turno e operários	Equilibragem da linha de acabamento	200,00€

Apêndice XXII **FASE I DA METODOLOGIA SMED NAS MÁQUINAS DA BORRACHA**

Tabela 31 - Fase I do SMED: identificação de operações internas e externas (borracha)

Tarefa descrita	Tipo de tarefa	Tempo despendido (seg.)
Verificação do plano de produção atual	Externa	27
Verificação do plano de produção seguinte	Externa	28
Parar a máquina		
Desenroscar os parafusos 2 em cada lado	Interna	21
Movimentação do operador	Interna	11
Desenroscar os parafusos 2 em cada lado	Interna	20
Movimentação do operador	Interna	7
Baixar a parte superior do molde	Interna	8
Transporte de uma mesa para junto da máquina	Interna	30
Transporte do molde para cima da mesa	Interna	43
Limpeza da máquina com a pistola de ar	Interna	5
Transporte dos moldes até à prateleira	Interna	39
Arrumação do molde na prateleira	Interna	17
Transporte do carrinho até ao novo molde	Interna	26
Procura e colocação do molde na mesa	Interna	21
Transporte da mesa até um local próximo da máquina	Interna	38
Colocar o molde na máquina	Interna	27
Posicionar o molde com a ajuda de um parafuso	Interna	41
Enroscar todos os parafusos	Interna	37
Movimentação do operador	Interna	12
Enroscar parafusos	Interna	21
Movimentação do operador	Interna	12
Tempo de aquecimento dos moldes	Interna	1838
Colocar a máquina a funcionar		
Mudar a identificação do artigo na máquina	Externa	27

Tarefa descrita	Tipo de tarefa	Tempo despendido (seg.)
Colocação dos pré-cortados e retirá-los	Externa	671

*Tabela 32 - Fase I do SMED: Passagem de operações internas em externas (borracha)*

Desenroscar os parafusos 2 em cada lado (total=4)	Interna	
Baixar a parte superior do molde	Interna	
Transporte de uma mesa para junto da máquina	Interna	Externa
Transporte do molde para cima da mesa	Interna	
Limpeza da máquina com a pistola de ar	Interna	
Transporte dos moldes até à prateleira	Interna	Externa
Arrumação do molde na prateleira	Interna	Externa
Transporte do carrinho até ao novo molde	Interna	Externa
Colocação do molde na mesa	Interna	Externa
Transporte da mesa até um local próximo da máquina	Interna	Externa
Colocar o molde na máquina	Interna	
Posicionar o molde com a ajuda de um parafuso	Interna	
Enroscar todos os parafusos	Interna	

Apêndice XXIII **INSTRUÇÃO DE TRABALHO – SECÇÃO DA BORRACHA**

Tabela 33 - Instrução de trabalho da mudança de molde na secção da borracha

Project Sponsor:  	<b>Work Instruction – Mudança de molde na secção da borracha</b>		Prepared by:	Aurélio Carneiro
			Version No.:	1
	Primary Objective:	Redução dos tempos de preparação das máquinas de borracha	Proposed Lean Partner/Approved by:	
			Department:	Borracha

Description:	No.:	Steps:	Key points:	Symbols:
Passo 1 - Enquanto a máquina está a realizar a encomenda anterior...	1	Verificação do plano de produção atual e seguinte	Verificação na zona superior da máquina	
	2	Preparação e Transporte do molde para junto da máquina		
	3	Transporte de todas as ferramentas necessárias para mudar o molde	Essencial trazer para perto da máquina, incluindo luvas	
Passo 2 - Enquanto a máquina está parada...	4	Baixar a prensa		
	5	Desenroscar todos os parafusos		
	6	Transporte do molde antigo para cima do carrinho		
	7	Limpeza da mesa (sem molde) com a pistola de ar		
	8	Transporte do novo molde para cima da máquina		
	9	Posicionar o molde com a ajuda de um parafuso		
	10	Enroscar todos os parafusos		
Passo 3 – Enquanto a máquina está a realizar a encomenda seguinte...	11	Transporte do molde antigo para perto da prateleira	Verificar lugar de arrumação correto	
	12	Arrumação do molde antigo, assim como as ferramentas	Esta arrumação apenas ocorre no dia seguinte, devido à temperatura do molde	

Apêndice XXIV **FASE I DA METODOLOGIA SMED NAS ROTATIVAS**

Tabela 34 - Fase I do SMED: identificação das operações internas e externas (rotativas)

<b>Número de operação</b>	<b>Tarefa descrita</b>	<b>Tempo despendido (seg.)</b>	<b>Pessoas</b>
0	Parar a máquina		
1	Arrumar os pares antigos	25	A
2	Arrumar defeitos de produtos antigos	12	A
3	Mudar as características da máquina	47	B
4	Buscar luvas	47	A
5	Mudar as características da máquina	68	B
6	Limpar a máquina	20	A
7	Limpar o posto de trabalho	21	A
8	Outras arrumações	124	A
9	Mudar características da máquina	305	B
10	Buscar empilhadora	110	A
11	Buscar palete	10	A
12	Procurar ferramentas	65	B
13	Baixar molde	30	A
14	Desparafusar parafusos zona superior	45	A
15	Buscar luvas	30	B
16	Fechar o molde (superior)	22	B
17	Abrir o molde (frontal)	104	A + B
18	Retirar ranhuras	170	A + B
19	Com empilhadora, a palete é colocada à beira da máquina	60	A
20	Retirar molde superior + fios	70	A + B
21	Colocar o molde antigo perto da máquina	33	A + B
22	Buscar o novo molde	77	B
23	Colocar molde superior	100	A + B
24	Colocar molde de novo (ficou incorreto)	60	A + B
25	Colocar moldes pelas ranhuras	100	A + B
26	Colocar molde de novo (ficou incorreto)	50	A + B
27	Proceder às conexões com os fios	65	A + B
28	Transportar moldes até à máquina	23	A + B

<b>Número de operação</b>	<b>Tarefa descrita</b>	<b>Tempo despendido (seg.)</b>	<b>Pessoas</b>
29	Transportar p/ mesa	80	A + B
30	Fechar máquina	42	A + B
31	Alinhar o molde	85	A
32	Apertar os parafusos na zona lateral	8	A
33	Procurar ferramentas	170	B
34	Apertar melhor os parafusos	113	A
35	Aparafusar parafusos retirados (zona superior)	92	A + B
36	Verificar movimentos de máquina	10	A
37	Buscar peça de gerar braço	240	B
38	Segurar braço	90	A
39	Arrumar ferramentas na mesa	15	B
40	Apertar parafusos parte inferior	100	B
41	Buscar ferramentas	50	A
42	Apertar melhor com chave inglesa	65	B
43	Engane no material, sendo necessário ir buscar mais	52	A
44	Apertar melhor	100	B
45	Testar o funcionamento	50	A
46	Retirar molde pequeno e voltar a colocar	120	A
47	Testar o funcionamento	30	A
48	Limpar de forma geral	300	B
49	Colocar as caixas perto do posto	90	B
50	Buscar materiais a outros moldes	540	A
51	Colocar moldes pequenos	55	B
52	Limpeza do posto de trabalho	450	B
53	Procurar ferramentas	180	A
54	Limpar os fios + conectar fios de água	300	A + B
55	Arrumar ferramentas	420	B
56	Ajustar características da máquina	300	B
57	Colocar a máquina em funcionamento		
58	Esperar até sair o primeiro produto sem defeito (Única operação externa)	2400	

Tabela 35 - Fase I do SMED: Passagem de operações internas em externas (rotativas)

<b>Número da operação</b>	<b>Tarefa descrita</b>	<b>Operação</b>	<b>Conversão</b>
1	Arrumar os pares antigos	Interna	Externa
2	Arrumar defeitos de produtos antigos	Interna	Externa
3	Mudar as características da máquina	Interna	
4	Buscar luvas	Interna	Externa
6	Mudar as características da máquina	Interna	
7	Limpar a máquina	Interna	
8	Limpar o posto de trabalho	Interna	Externa
9	Outras arrumações	Interna	Externa
10	Mudar características da máquina	Interna	
11	Buscar empilhadora	Interna	Externa
12	Buscar palete	Interna	Externa
13	Procurar ferramentas	Interna	Externa
14	Baixar molde	Interna	
15	Desparafusar	Interna	
16	Buscar luvas	Interna	Externa
17	Juntar o molde	Interna	
18	Recuperar a parte de baixo	Interna	
19	Retirar ranhuras	Interna	
20	Com empilhadora, a palete é colocada à beira da máquina	Interna	
21	Retirar molde superior + fios	Interna	
22	Colocar o molde perto da máquina	Interna	
23	Buscar o novo molde	Interna	Externa
24	Transportar o molde	Interna	
25	Colocar molde	Interna	
26	Enroscar molde	Interna	
27	Colocar molde de novo (ficou incorreto)	Interna	
28	Colocar fio	Interna	
29	Transportar moldes até à máquina	Interna	Externa

<b>Número da operação</b>	<b>Tarefa descrita</b>	<b>Operação</b>	<b>Conversão</b>
30	Transportar o molde para a mesa	Interna	Externa
31	Fechar máquina	Interna	
32	Alinhar o molde	Interna	
33	Apertar parafusos zona frontal	Interna	
34	Buscar ferramentas	Interna	Externa
35	Apertar parafusos zona lateral	Interna	
36	Aparafusar parafusos zona superior	Interna	
37	Verificar movimentos de máquina	Interna	
38	Buscar peça de gerar braço	Interna	Externa
39	Segurar braço	Interna	
40	Arrumar ferramentas na mesa	Interna	Externa
41	Apertar parafusos parte de baixo	Interna	
42	Buscar ferramentas	Interna	Externa
43	Apertar melhor com chave inglesa	Interna	
44	Engane no material	Interna	Externa
45	Apertar melhor	interna	
46	Testar o funcionamento	Interna	
47	Retirar molde pequeno e voltar a colocar	Interna	
48	Testar o funcionamento	Interna	
49	Limpar o posto de trabalho (PT)	Interna	Externa
50	Colocação de caixas perto do PT	Interna	Externa
51	Buscar materiais a outros moldes	Interna	Externa
52	Colocar moldes pequenos	Interna	
53	Limpar o PT	Interna	Externa
54	Buscar ferramenta	Interna	Externa
55	Limpar os fios + conectar fios de água	Interna	
56	Arrumar ferramentas	Interna	Externa
58	Ajustar características da máquina (em simultâneo c anterior: 375 + 300)	Interna	

Tabela 36 - Instrução de trabalho da mudança de molde na secção das rotativas

Project Sponsor:  	<b>Work Instruction – Mudança de molde na secção das rotativas</b>		Prepared by:	Aurélio Carneiro
			Version No.:	1
	Primary Objective:	Redução dos tempos de preparação das máquinas de injeção das rotativas	Proposed Lean Partner/Approved by:	
			Department:	Rotativa

Description:	No.:	Steps:	Key points:	Workers:	Symbols:
Passo 1 - Enquanto a máquina está a realizar a encomenda anterior...	1	Verificação do plano de produção atual e seguinte	Verificação na zona superior da máquina	A	
	2	Arrumação do local de trabalho	Arrumação de pares da encomenda antiga	B	
	3	Transporte de todas as ferramentas necessárias para mudar o molde	Essencial trazer para perto da máquina, incluindo luvas	A	
	4	Limpeza do posto de trabalho		B	
	5	Trazer empilhadora para junto do posto de trabalho		A	
	6	Trazer molde novo para junto da máquina		A	
	7	Preparação dos moldes	Separar e verificar a existência de braço (se necessário)	B	
	8	Colocação de datadores	Apenas é realizado se necessário	B	
Passo 2 - Enquanto a máquina está parada...	9	Mudar as características da máquina		A	
	10	Baixar molde		B	
	11	Desparafusar parte superior do molde		A + B	
	12	Retirar todos os moldes	Deslizar pelas ranhuras existentes	A + B	
	13	Transporte do molde antigo com a ajuda da empilhadora		A	

Passo 2 - Enquanto a máquina está parada...	14	Transporte do novo molde		A	
	15	Colocação do novo molde	Atenção: Pode ser necessário 2 pessoas para esta tarefa.	A + B	
	16	Enroscar parafusos		A + B	
	17	Ligação de todos os moldes à corrente		A + B	
	18	Fechar a máquina		B	
	19	Alinhar e apertar o molde		B	
	20	Enroscar restantes parafusos		A + B	
	21	Quick Check Up do molde	Pequenas movimentações como teste	A	
	22	Abrir o molde e apertar os parafusos do braço	Teste da movimentação do braço do molde	A + B	
	23	Quick Check Up do molde	Pequenas movimentações como teste	A	
	24	Realização dos passos 7-24 para outras estações necessárias	Poderá se no máximo até 6-8 postos por rotativa	A + B	
	25	Limpeza dos fios e conexão dos fios de água		A + B	
	26	Ajustar características da máquina	Realizado no monitor próximo da máquina	B	
	Passo 3 – Enquanto a máquina está a realizar a encomenda seguinte...	27	Transporte do molde antigo para a prateleira		A
28		Arrumação do molde antigo		A	
29		Arrumação de todas as ferramentas	Verificar lugar de arrumação correto	B	
30		Limpeza do posto de trabalho		A	
31		Mudar a identificação do artigo na máquina	Ter em conta a próxima encomenda a realizar	B	

Apêndice XXVI **APOIO DA INSTRUÇÃO DE TRABALHO (ROTATIVAS)**

Project Sponsor:  	<b>Work Instruction – Mudança de molde na secção das rotativas</b>		Prepared by: Aurélio Carneiro
			Version No.: 1
Primary Objective:	Redução dos tempos de preparação das máquinas de injeção das rotativas		Proposed Lean Partner/Approved by:
			Department: Rotativa

Steps:	Imagens de apoio:
5. Trazer empilhadora para junto do posto de trabalho	
10. Desparafusar parte superior	
21. Abrir molde e apertar os parafusos do braço	

<p>26. Ajustar características da máquina no monitor</p>	
<p>30. Limpeza do Posto de Trabalho</p>	

*Figura 57 - Apoio à instrução de trabalho*



*Figura 58 - Vista geral das estantes implementadas*

Apêndice XXVIII **CHECK LIST DE LIMPEZA (ARMAZÉM)**

Tabela 37 - Check List de Limpeza

Project Sponsor:  	<b>Check list de limpeza</b>		Prepared by:	Aurélio Carneiro	
			Version No.:	1	
	Primary Objective:	Melhorar continuamente a secção do armazém e melhorar a interação com os colaboradores da empresa	Proposed Lean Partner/ Approved by:		
			Department:		Armazém de matéria-prima

Tarefa	Horário	Responsável	Frequência
Limpeza do piso	08:00 – 08:30	Sr. Alberto	Diária
Verificação de zonas obstruídas, falta de limpeza ou arrumação	08:30 – 09:00	Sr. Alberto / Rui	Diária
Desobstruir as áreas de trânsito	16:00 – 16:20	Sr. Alberto / Rui	Diária
Retirar materiais e objetos desnecessários	16:20 – 16:30	Sr. Alberto	Diária
Verificar se há papeis ou informações desnecessárias	16:30 – 16:40	Sr. Alberto	Diária
Organizar e limpar todos os materiais	16:40 – 16:50	Sr. Alberto	Diária
Limpar os pisos	16:30 – 17:00	Sr. Alberto	Diária
Verificação de todos os passos da Check list	16:50 – 17:00	Sr. Alberto	Diária

Apêndice XXIX **FOLHA DE SUGESTÕES DE MELHORIAS (ARMAZÉM)**

Tabela 38 - Folha de sugestões de melhorias para o armazém

Project Sponsor: 	<b>Folha de sugestões de melhorias</b>		Prepared by:	Aurélio Carneiro
			Version No.:	1
Primary Objective:	Melhorar continuamente a secção do armazém e melhorar a interação com os colaboradores da empresa	Proposed Lean Partner/Approved by:		
		Department:	Armazém de matéria-prima	

Problemas	Ideias	Aprovadas	Em curso	Concluídas

Apêndice XXX **PROPOSTAS IMPLEMENTADAS NA SECÇÃO DO ARMAZENAMENTO**

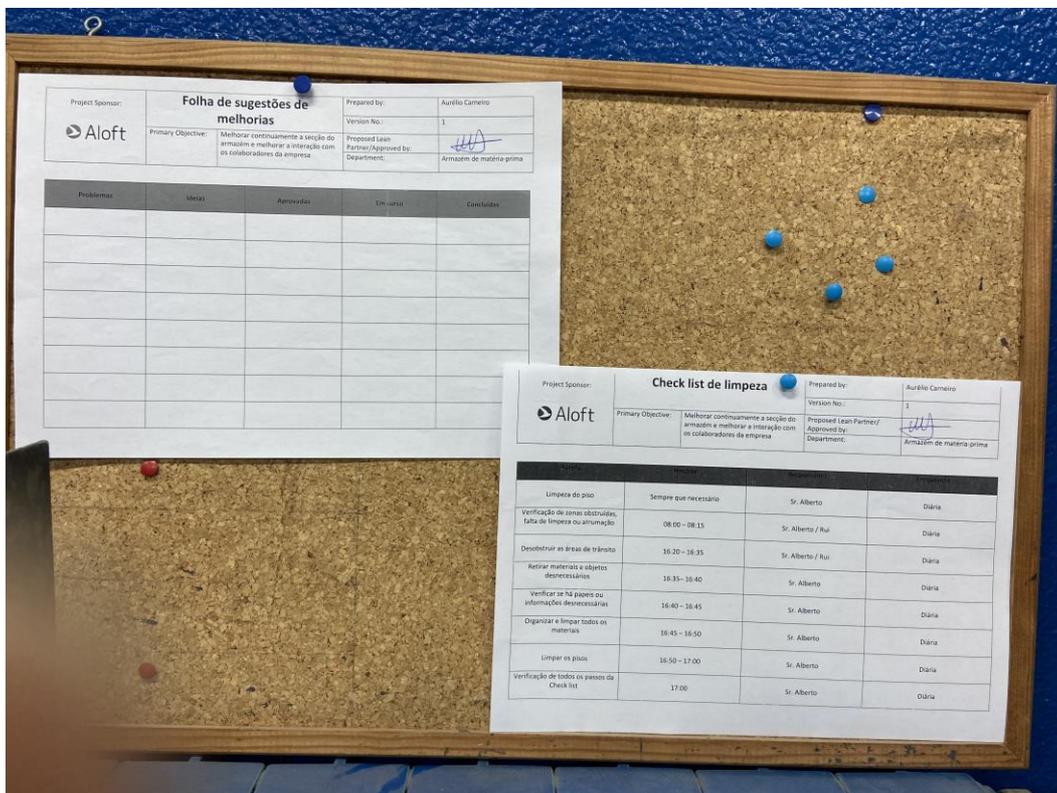


Figura 59 - Check List de limpeza e folha de sugestões de melhorias do armazém

Apêndice XXXI **CHECK LIST DE LIMPEZA PARA A LINHA DE ACABAMENTO DA ROTATIVA**

Tabela 39 - Check List para a proposta de melhoria 5S

Project Sponsor:  	<b>Check list de limpeza</b>		Prepared by:	Aurélio Carneiro
			Version No.:	1
	Primary Objective:	Melhorar continuamente a secção da rotativa e melhorar a interação com os colaboradores da empresa	Proposed Lean Partner/ Approved by:	
			Department:	Linha de acabamento da secção da rotativa

Tarefa	Horário	Responsável	Frequência
Limpeza do piso	10:30 – 10:40 / 18:30 – 18:40	Chefes de turno (Carla e Nuno)	Diária
Verificação de zonas obstruídas	10:40 -10:50 / 18:40 – 18:50	Chefes de turno (Carla e Nuno)	Diária
Arrumação e limpeza do posto de trabalho	Regularmente (Sempre que necessário)	Colaboradores na linha	Diária
Retirar materiais e objetos desnecessários	10:50 – 10:55 / 18:50 – 18:55	Chefes de turno (Carla e Nuno)	Diária
Verificar se há papéis ou informações desnecessárias	10:55 – 11:00 / 18:55 – 19:00	Chefes de turno (Carla e Nuno)	Diária
Organizar e limpar todos os materiais e limpeza dos pisos	13:40 – 13:50 / 21:40 – 21:50	5 Colaboradores na linha	Diária
Manter a organização e limpeza da área de armazenamento de MP	13:40 – 13:50 / 21:40 – 21:50	5 Colaboradores na linha	Diária
Verificação de todos os passos da Check list	13:50 – 14:00 / 21:50 – 22:00	Chefes de turno (Carla e Nuno)	Diária

Apêndice XXXII **DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES PARA O MODELO SBTS**

*Tabela 40 - Descrição das operações: SBTS*

<b>Operação</b>	<b>Descrição</b>
A	Abastecer linha e ver defeitos
B	Coser
C	Rebarbar
D	Etiquetar par
E	Cortar linhas
F	Unir par
G	Limpar par
H	Embalar par
I	Embalar caixa
J	Etiquetar caixa
K	Armazenar

Apêndice XXXIII **PROPOSTA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Tabela 41 - Plano de manutenção preventiva: parte 1



**PLANO MENSAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Mês: \_\_\_\_\_ Ano: \_\_\_\_\_

EQUIPAMENTO	TIPO DE SERVIÇO	REALIZADO
<b>Secção: <u>ARMAZÉM</u></b>		
EMPILHADOR	Verificar botoneiras de emergência e travões	
RETRÁTIL	Verificar funcionamento, dispositivos de segurança e obrigatório testar, em todos os equipamentos, o sistema de emergência	
MISTURADOR		
CARREGADOR		
PALETIZADOR		
BALANÇA		
VARREDORA		
MOINHO		
SECADOR		
<b>Secção: <u>ACABAMENTO</u></b>		
MÁQUINA DE QUEIMAR VIRAS (SOLAS PVC)	Verificar funcionamento, dispositivos de segurança e obrigatório testar, em todos os equipamentos, o sistema de emergência	
MÁQUINA DE PINTAR VIRAS		
MÁQUINA DE PINTURA PONTEADO		
BALANÇA		
MÁQUINA DE TIMBRAR EMBLEMAS		
MÁQUINA DE PINTURA GRANDE		
CABINES (10)		
CARROSSEL	Verificar o nível de óleo no motor	
<b>Secção: <u>Injeção</u></b>		
INJETORAS	Verificar fugas de óleo e botoneiras de emergência	
TR BI / MAINGROUP	Reapertar parafusos das calhas. Verificar óleo e botoneiras de emergência	
ASPIRADORES	Verificar funcionamento	
MOINHOS	Verificar funcionamento / estado das correias / botoneiras de segurança	
SECADORES	Verificar funcionamento	
<b>CENTRAL INCÊNDIO</b>		
BATERIAL CENTRAL INCÊNDIO	Medir Amperagem da bateria central de incêndio (2,4 A). Desligar o disjuntor do quadro elétrico (corredor na área administrativa) identificado com "Campainha + Central de Incêndio"	
<b>Secção: <u>OFICINA</u></b>		
ASPIRADORES	Verificar funcionamento, dispositivos de segurança e obrigatório testar, em todos os equipamentos, o sistema de emergência	
TORNO MECÂNICO		
FRESADORA MECÂNICA		
PANTÓGRAFO		
MÁQUINA DE FURAR		
JATO DE AREIA		
MÁQUINA DE SOLDAR		
ESMERIL		
PRENSA HIDRÁULICA		
MOINHOS		
ESTUFA		

Tabela 42 - Plano de Manutenção Preventiva: parte 2



## PLANO MENSAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

EQUIPAMENTO	TIPO DE SERVIÇO	REALIZADO
<b>Secção: BORRACHA</b>		
PRENSAS	Verificar o nível do óleo do grupo hidráulico	
	Reapertar os parafusos de: guias, micros, ligações, mangueiras, termofluido e bastidores	
	Limpeza de equipamentos (óleos)	
	Lubrificação de gavetas	
	Verificar fugas de termofluido, botoneiras e células de emergência	
CILINDRO	Verificar o nível do óleo + Lubrificação de pontos existentes	
	Verificar o circuito de arrefecimento	
	Testar os dispositivos de segurança + barra de emergência	
	Verificar o estado dos bronzes do cilindro	
GUILHOTINA	Verificar nível do óleo e estado das proteções segurança	
	Testar movimentações e dispositivos de segurança	
CALDEIRA	Verificar as luzes do Painel	
	Aspirar o pó na zona envolvente	
BARWELL	Verificar o filtro do vácuo	
	Verificar o nível do óleo hidráulico	
	Verificar o estado da correia do cortador	
	Lubrificar a corrente de ajuste do cortador	
	Testar os dispositivos de segurança	
	Verificar o estado das mangueiras, canos e conexões	
	Troca do óleo hidráulico	
	Limpar / Ajustar o motor da bomba	
BANBURY	Limpeza geral dos resíduos na zona de carga	
	Verificar e acrescentar massa lubrificante na bomba manual	
	Lubrificar os rolamentos do motor	
	Verificar o nível do óleo	
<b>Secção: ROTATIVA</b>		
ROT 1 / ROT 2 / ROT 3	Verificar fugas de óleo + Limpeza dos equipamentos (óleos/material)	
	Verificar portas de segurança e barreira lateral de segurança	
CHILLERS	Verificar funcionamento	
MÁQUINAS DE COSTURA	Limpeza interna e externa	
<b>Secção: ÁREA TÉCNICA</b>		
COMPRESSORES	Verificar funcionamento, dispositivos de segurança e obrigatório testar, em todos os equipamentos, o sistema de emergência	
SECADORES		
CHILLERS		
MÁQUINA SOLDAR		
LAVADORA		
RAC		

Plano realizado por: Eng. Sofia Lima e Atualizado por Aurélio Carneiro

Aprovado por: \_\_\_\_\_

Seguido por: \_\_\_\_\_

Tabela 43 - Auditoria 5S após melhorias



AUDITORIAS 5S

**Auditor:** Aurélio Fernando Martins Carneiro **Área:** Armazém **Data:** 17 / 05 / 2022

Nota: 0 – Tudo está a ser realizado de forma correta ou NA; 1 – Quase tudo está a ser realizado; 2 – Existem espaço para melhoria;  
3 – Há alguns pontos fracos; 4 – Muitos pontos fracos; 5 – Ainda não está em uso ou totalmente desorganizado.

Itens Auditados		Pontuação					
		0	1	2	3	4	5
Senso de Utilização	Há materiais ou objetos desnecessários?	X					
	Todos os equipamentos ou utensílios estão a ser utilizados?	X					
	Verificar se há fios elétricos espalhados no meio do chão ou mesmo mal posicionados nas paredes.	X					
	Há informações ou papéis desnecessários?	X					
	Existem objetos pessoais no local de trabalho?	X					
	É óbvio quais os itens que foram marcados como desnecessários?	X					
	<b>Total Utilização</b>	0					
Senso de organização	As prateleiras e outras áreas de armazenamento estão devidamente sinalizadas?	X					
	Os materiais/equipamentos/objetos estão em locais adequados e organizados?	X					
	Os locais onde os materiais são guardados, estão identificados corretamente?	X					
	As áreas de trânsito estão desobstruídas?	X					
	Os equipamentos de segurança estão de fácil acesso?	X					
	Existem fluxos estabelecidos para atividades na área?			X			
	Existe demarcação das passagens e áreas de stock em processo?				X		
	Os equipamentos de combate a incêndios estão em boas condições e prontos para uso?	X					
<b>Total Organização</b>	5						
Senso de limpeza	Os equipamentos/utensílios estão limpos?	X					
	Os pisos são mantidos brilhantes, limpos e sem resíduos?	X					
	Qual o estado das instalações?		X				
	Existe uma pessoa responsável por supervisionar as operações de limpeza?	X					
	Existe check list de limpeza para a área?	X					
	Os operadores costumam varrer o chão e limpar sem serem avisados?	X					
	<b>Total Limpeza</b>	1					
Senso de padronização	O check list de limpeza da área contempla padronização, responsáveis e frequência?	X					
	As ideias de melhoria estão a ser aceites?	X					
	Existe tabela de atribuição de responsáveis?	X					
	Os três primeiros S estão a ser mantidos?	X					
<b>Total Padronização</b>	0						
Senso de disciplina	Os materiais quando não estão a ser utilizados, encontram-se devidamente arrumados?	X					
	Os colaboradores demonstram interesse pelo cumprimento dos 5S?	X					
	As tarefas estão a ser executadas conforme determinadas?	X					
	Os colaboradores praticam as normas de segurança?	X					
	Existem reuniões periódicas?						X
	Existe formulário de auditoria na área?	X					
	Existem metas estabelecidas?	X					
<b>Total Disciplina</b>	5						
<b>PONTUAÇÃO GERAL = 11; EFICIÊNCIA = 93%</b>							

Apêndice XXXV **MELHORIAS DE CUSTO DAS ROTATIVAS**

Tabela 44 - Custo poupado por modelo das rotativas

	Custo do modelo	Tempo Ciclo (seg)	Tempo poupado (seg)	Número de pares poupados	Custo poupado
SBTS	6,02 €	56	3122	56	335,62 €
Aquafun	2,59 €	41	3122	76	197,22 €
Schooling	4,63 €	63	3122	50	229,44 €
Low Inv. W purple	4,86 €	58	3122	54	261,60 €
Low Inv. Jr. Purple	3,43 €	47	3122	66	227,84 €
Glenarm	10,21 €	65	3122	48	490,39 €
Low inv. M Black	5,31 €	62	3122	50	267,38 €
SH100	4,74 €	56	3122	56	264,26 €
Low Inv. W Black	4,59 €	58	3122	54	247,07 €
Low Inv. Black JR.	3,32 €	49	3122	64	211,53 €
				Média	273,24 €

Apêndice XXXVI **FASE II DA METODOLOGIA SMED NAS MÁQUINAS DA BORRACHA**

Tabela 45 - Poupanças observadas com aquecimento de molde 60 kw

Borracha	Custo do modelo	Tempo Ciclo (seg)	Tempo poupado (seg)	Número de pares poupados	Custo poupado
Sandal 100	2,14 €	690	1418	2	4,40 €
MK7	5,83 €	750	1418	2	11,02 €
Basket	3,78 €	690	1418	2	7,77 €
Barrier	3,66 €	1395	1418	1	3,72 €
SkyPro	2,98 €	710	1418	2	5,95 €
Rubber Type	3,21 €	800	1418	2	5,69 €
REINF 900	5,19 €	760	1418	2	9,68 €
Fusion	2,41 €	688	1418	2	4,97 €
Parlenti Black	3,72 €	726	1418	2	7,27 €
Magnum	2,41 €	690	1418	2	4,95 €
Rasto (2356)	2,67 €	690	1418	2	5,49 €
Biscayne	2,43 €	730	1418	2	4,72 €
EA227B	10,02 €	850	1418	2	16,72 €
Haix	4,44 €	860	1418	2	7,32 €
Basket	2,89 €	690	1418	2	5,94 €
				Média	7,04 €

Tabela 46 - Poupanças observadas com aquecimento de molde 80 kw

Borracha	Custo do modelo	Tempo Ciclo (seg)	Tempo poupado (seg)	Número de pares poupados	Custo poupado
Sandal 100	2,14 €	690	1538	2	4,77 €
MK7	5,83 €	750	1538	2	11,96 €
Basket	3,78 €	690	1538	2	8,43 €
Barrier	3,66 €	1395	1538	1	4,04 €
SkyPro	2,98 €	710	1538	2	6,46 €
Rubber Type	3,21 €	800	1538	2	6,17 €
REINF 900	5,19 €	760	1538	2	10,50 €
Fusion	2,41 €	688	1538	2	5,39 €
Parlenti Black	3,72 €	726	1538	2	7,88 €
Magnum	2,41 €	690	1538	2	5,37 €
Rasto (2356)	2,67 €	690	1538	2	5,95 €
Biscayne	2,43 €	730	1538	2	5,12 €
EA227B	10,02 €	850	1538	2	18,13 €
Haix	4,44 €	860	1538	2	7,94 €
Basket	2,89 €	690	1538	2	6,44 €
Média					7,64 €

Tabela 47 - Possível auditoria 5S



AUDITORIAS 5S

**Auditor:** Aurélio Fernando Martins Carneiro **Área:** Armazém **Data:**

**Nota:** 0 – Tudo está a ser realizado de forma correta ou NA; 1 – Quase tudo está a ser realizado; 2 – Existem espaço para melhoria; 3 – Há alguns pontos fracos; 4 – Muitos pontos fracos; 5 – Ainda não está em uso ou totalmente desorganizado.

Itens Auditados		Pontuação					
		0	1	2	3	4	5
Senso de Utilização	Há materiais ou objetos desnecessários?	X					
	Todos os equipamentos ou utensílios estão a ser utilizados?	X					
	Verificar se há fios elétricos espalhados no meio do chão ou mesmo mal posicionados nas paredes.	X					
	Há informações ou papéis desnecessários?	X					
	Existem objetos pessoais no local de trabalho?	X					
	É óbvio quais os itens que foram marcados como desnecessários?	X					
	<b>Total Utilização</b>			0			
Sendo de organização	As prateleiras e outras áreas de armazenamento estão devidamente sinalizadas?	X					
	Os materiais/equipamentos/objetos estão em locais adequados e organizados?	X					
	Os locais onde os materiais são guardados, estão identificados corretamente?	X					
	As áreas de trânsito estão desobstruídas?	X					
	Os equipamentos de segurança estão de fácil acesso?	X					
	Existem fluxos estabelecidos para atividades na área?	X					
	Existe demarcação das passagens e áreas de stock em processo?	X					
	Os equipamentos de combate a incêndios estão em boas condições e prontos para uso?	X					
<b>Total Organização</b>			0				
Sendo de limpeza	Os equipamentos/utensílios estão limpos?	X					
	Os pisos são mantidos brilhantes, limpos e sem resíduos?	X					
	Qual o estado das instalações?		X				
	Existe uma pessoa responsável por supervisionar as operações de limpeza?	X					
	Existe check list de limpeza para a área?	X					
	Os operadores costumam varrer o chão e limpar sem serem avisados?	X					
<b>Total Limpeza</b>			1				
Senso de padronização	O check list de limpeza da área contempla padronização, responsáveis e frequência?	X					
	As ideias de melhoria estão a ser aceites?	X					
	Existe tabela de atribuição de responsáveis?	X					
	Os três primeiros S estão a ser mantidos?	X					
<b>Total Padronização</b>			0				
Senso de disciplina	Os materiais quando não estão a ser utilizados, encontram-se devidamente arrumados?	X					
	Os colaboradores demonstram interesse pelo cumprimento dos 5S?	X					
	As tarefas estão a ser executadas conforme determinadas?	X					
	Os colaboradores praticam as normas de segurança?	X					
	Existem reuniões periódicas?	X					
	Existe formulário de auditoria na área?	X					
	Existem metas estabelecidas?	X					
<b>Total Disciplina</b>			0				
<b>PONTUAÇÃO GERAL = 1; EFICIÊNCIA = 99%</b>							

# ANEXOS

## Anexo I NOTAÇÃO VSM

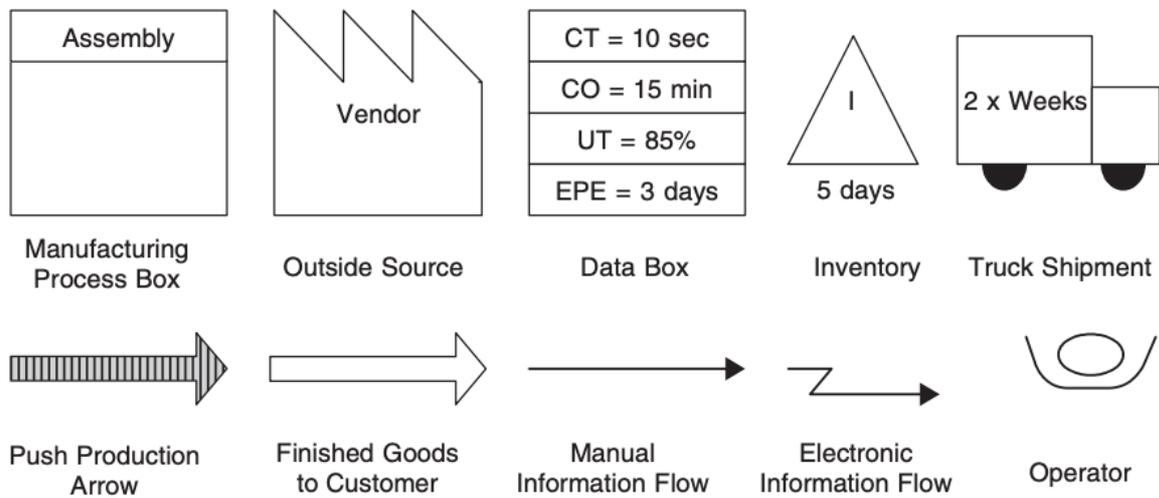


Figura 60 - Notação VSM: parte 1 (Braglia et al., 2006)

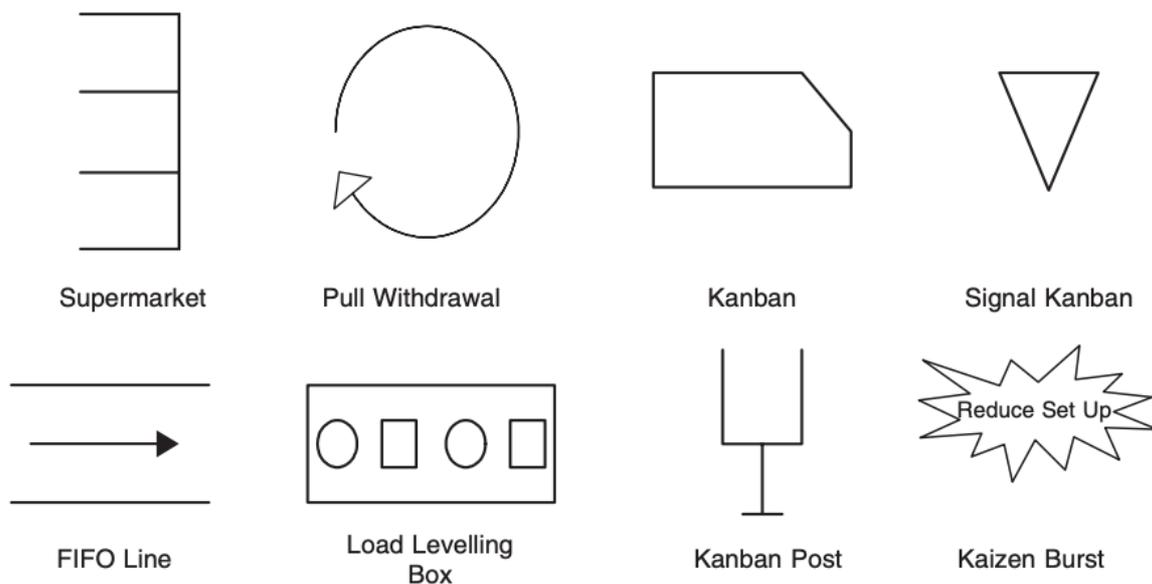


Figura 61 - Notação VSM: parte 2 (Braglia et al., 2006)