



# Impacto do Single Minute Exchange of Die na Sustentabilidade da Empresa

GONÇALO PINTO RODRIGUES

julho de 2025

**Impacto do *Single Minute Exchange of Die* na  
Sustentabilidade da Empresa**

**Gonçalo Pinto Rodrigues**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica Área de Especialização em  
Gestão Industrial**

**Orientador:**

Doutor José Carlos Vieira de Sá, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Politécnico do Porto

**Júri:**

Presidente:

Especialista Eduardo Jorge Casal Cardoso Martins, Professor Adjunto Convidado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Politécnico do Porto

Vogais:

Doutor Fábio António Oliveira Fernandes, Professor Ajuento, Universidade de Aveiro

Doutor José Carlos Vieira de Sá, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Politécnico do Porto



Tiago, deixaste-nos no primeiro dia deste intenso e desafiador percurso académico. Passados cinco anos, continuas aqui bem presente, e comigo, vais para todo o lado.



# Agradecimentos

Desde já, o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta dissertação.

Primeiramente, à minha família, sobretudo aos meus pais Rui e Susana, que me proporcionaram este percurso académico, e participaram de forma ativa na minha motivação diária para ultrapassar todos os desafios. De igual forma, à minha namorada Matilde, que tal como os meus pais, esteve sempre presente desde o primeiro dia, transmitindo-me confiança, motivação e apoio nos momentos de maior pressão.

Seguidamente, pretendo agradecer ao Professor Doutor José Carlos Vieira de Sá, orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pela flexibilidade, disponibilidade e comprometimento demonstrado ao longo do desenvolvimento da dissertação, assim como pelo rigor das sugestões e críticas construtivas transmitidas durante o acompanhamento regular da evolução do projeto, pois permitiram enriquecer o conteúdo da dissertação e orientar a mesma na procura pela perfeição.

No contexto empresarial, quero deixar um agradecimento muito especial à Engenheira Rita Afonso, pela oportunidade extremamente enriquecedora de realizar o projeto da dissertação no departamento de melhoria contínua na Symington Family Estates, S.A., sob a orientação da mesma. De igual forma, pela confiança demonstrada nos meus conhecimentos provenientes do percurso académico, e consequentemente, pela autonomia fornecida para tomar decisões e conduzir o projeto ao sucesso, sem nunca deixar de prestar um apoio ativo no acompanhamento da evolução dos trabalhos, no esclarecimento de dúvidas e na partilha de opiniões e informações úteis ao desenvolvimento de um projeto consistente, baseado na realidade da empresa.

Por último, mas também eles essenciais no desenvolvimento da componente prática da dissertação, gostaria de deixar uma nota de agradecimento ao responsável de operações de engarrafamento, Engenheiro Tiago Godinho, e à sua equipa alocada na linha 23, visto que foram incansáveis ao longo de todo o projeto na partilha de conhecimento e da realidade diária da produção.



# Resumo

O desenvolvimento desta dissertação teve como finalidade a conclusão do Mestrado de Engenharia Mecânica, com área de especificação em Gestão Industrial. Realizada num contexto fabril, mais especificamente na área de engarrafamento e encaixotamento da Symington Family Estates, S.A., o objetivo principal desta dissertação passava por implementar a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) numa das linhas da fábrica, com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*, e em simultâneo analisar o impacto das propostas de melhoria na Sustentabilidade da empresa. Uma vez que a dissertação incluía uma componente prática, foi utilizada a metodologia de investigação *Action-Research*, com o objetivo de responder ao objetivo principal do projeto. Posto isto, numa fase inicial foram aprofundados os conceitos teóricos da metodologia SMED e a sua aplicação prática, definindo-se como uma ferramenta que pretende maximizar a otimização e a padronização das operações envolvidas nos *setups*. Relativamente à atividade na empresa, após o domínio da sequência do processo produtivo, foi iniciada a aplicação da metodologia SMED na linha de produção, com vista à obtenção dos dados referentes ao estado inicial do *setup*. Estes dados iniciais demonstraram que o *setup* estava limitado a uma duração de 1h e 31 minutos, assim como associado a uma falta de organização e padronização das tarefas envolvidas neste procedimento, que se refletia numa taxa de ocupação dos operadores responsáveis pela execução do *setup* extremamente desequilibrada, valores fixados entre os 100% e os 27%. Assim sendo, relativamente às propostas de melhoria, o plano de ação foi iniciado com a separação das tarefas internas e externas, e a respetiva organização. De seguida foram implementadas ferramentas de Gestão Visual, como etiquetas de identificação de peças e as respetivas legendas, identificados os locais de armazenamento das peças, sistemas de referência e registo das afinações executadas nas máquinas, e ainda um motor para facilitar o ajuste da altura do depósito do Rolhador. Por fim, no âmbito do SMED, foi incutido um *Standard Work* para os procedimentos do *setup*, com recurso a formações e à disponibilização de ordens de trabalho, junto das máquinas, para este momento de atividade. No seguimento deste processo, foi colocado em prática o Balanceamento de Linha, realizando ajustes na distribuição das tarefas do *setup* pelos operadores da equipa da linha, resultando na redução de 5 para 4 elementos responsáveis por este momento. Sendo obtidos valores no âmbito da taxa de ocupação entre os 100% e os 81%, valores representativos da obtenção de uma equidade laboral entre os operadores afetados ao *setup* da linha 23. Num contexto geral relativamente ao período de inatividade da produção devido ao momento de *setup*, por via das propostas de melhoria associadas ao SMED e as alterações na distribuição dos operadores, o novo tempo de *setup* que inibe a produção é de 49 minutos, representado uma redução de 46% relativamente ao valor inicial. Esta redução, relativamente aos impactos na Sustentabilidade da empresa, provocou uma redução de 46% no desperdício de energia neste período de troca de peças e afinações, uma redução de 57% nos gastos com os operadores neste intervalo de tempo em que não é gerado valor para o cliente, e um aumento da 43% na eficiência da execução das tarefas externas do *setup*.

**Palavras-chave:** SMED, Sustentabilidade, *Lean*, *setup*



# Abstract

The development of this dissertation was aimed at completing the Master's Degree in Mechanical Engineering, in the specific area of Industrial Management. Developed in an industrial context, more specifically in the bottling and boxing section of the Symington Family Estates, S.A., the main goal of this dissertation was to implement the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology in one of the factory lines, aiming at reduction of the setup time, and, at the same time, analyze the impacts of the company's Sustainability proposals. Given the dissertation included a practical component, a Action-Research investigation methodology was used, aimed at helping reach the main objective of this project. In an initial phase, theory and practice regarding the SMED method was deepened, with it defining itself as a tool that will help maximize the optimization and the standardization of the operations surrounding the setups. Regarding the activity in the company's factory, after mastering the sequence of the production process, the application of the SMED method in the production line was initiated, obtaining data relating to the setup's initial state. This data showed that the setup was limited to one hour and 31 minutes of duration, as well as associated with a lack of organization and standardization in the task involved in this procedure, which reflected in an extremely unbalanced occupancy rate of the operators responsible for executing the setup, with values fixated between 100% and 27%. Given this, from the point of view of the company's Sustainability proposals, the plan of action was initiated with the separation of the internal and external tasks, and their respective organization. Following this, Visual Management tools were implemented, such as part identification tags and their respective captions, part storage location identification, reference systems identification and the recording of adjustments made to machines, as well as a motor to help adjust the Corker's deposit's height. Finally, through a SMED lens, a Standard Work for the setup procedures was implemented, through training and the provision of work orders, next to the machines, for this moment of activity. Following this practical intervention, the line team operators made some changes in the setup's task distribution, allowing a reduction of the number of workers responsible for this action from five to four. The occupancy rate obtained values fixated between 100% and 81%, values that represent laboral equity between the affected operators of the line 23 setup. Globally, the reduction of inactivity time due to the setup moment, through the SMED-associated proposals and the operators distribution changes, the new setup time that stops production is 49 minutes, representing a 46% reduction in relation to the initial values. This reduction, taking into account the company's Sustainability proposals, contributed to a 46% reduction of energy consumption when exchanging parts and tuning the machine, a 57% reduction in operator spending during this period in which no value is generated for the customer, and a 43% increase in the efficiency of execution of external setup tasks.

**KEYWORDS:** SMED, Sustainability, Lean, setup



# Índice

Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas.....	xvii
Acrónimos e Símbolos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia de Investigação.....	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
1.5. Empresa de acolhimento.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Metodologia da Revisão Bibliográfica.....	7
2.2. Sustentabilidade.....	10
2.2.1. Dimensão Ambiental.....	12
2.2.2. Dimensão Social.....	13
2.2.3. Dimensão Económica.....	15
2.3. SMED.....	16
2.3.1. Implementação do SMED.....	17
2.3.2. Impacto do SMED na Sustentabilidade.....	25
2.4. Balanceamento de Linha.....	32
2.5. Análise crítica da revisão bibliográfica.....	32
2.5.1. Conclusões da Revisão Bibliográfica.....	33
2.5.2. Limitações e trabalhos futuros na Revisão Bibliográfica.....	34
2.6. Framework.....	35
3. Diagnóstico do Processo Produtivo.....	37
3.1. Apresentação do Processo Produtivo.....	37
3.2. Análise Inicial.....	49
4. Propostas de Melhoria.....	57
4.1. Plano de Intervenção.....	57
4.2. Intervenção Prática: 1ª Fase.....	59
4.3. Apresentação de Resultados: 1ª Fase.....	81
4.4. Intervenção Prática: 2ª Fase.....	82
4.5. Apresentação de Resultados: 2ª Fase.....	89
5. Análise de Resultados e Conclusão.....	94
5.1. Análise de Resultados.....	94

5.2. Impacto na Sustentabilidade da Empresa.....	97
5.2.1. Pilar Ambiental.....	98
5.2.2. Pilar Social.....	99
5.2.3. Pilar Económico.....	99
5.2.4. Síntese do Impacto na Sustentabilidade da Empresa.....	102
5.3. Conclusão .....	103
5.4. Limitações e Trabalhos Futuros .....	106
Referências.....	108
Declaração de Integridade .....	115
Apêndice A .....	117
Apêndice B .....	118
Apêndice C .....	119
Apêndice D.....	120
Apêndice E.....	122
Apêndice F.....	123
Apêndice G .....	124
Apêndice H .....	125
Apêndice I.....	126
Apêndice J .....	128
Apêndice K .....	130
Apêndice L.....	132
Apêndice M.....	134
Apêndice N.....	136
Apêndice O.....	137
Apêndice P .....	138
Apêndice Q.....	139
Apêndice R .....	141
Apêndice S.....	143
Apêndice T.....	145
Apêndice U .....	147
Apêndice V .....	149

Apêndice W .....	150
Apêndice X .....	151
Apêndice Y.....	152
Apêndice Z.....	154
Apêndice AA.....	156
Apêndice BB .....	158
Apêndice CC .....	160



# Lista de Figuras

Figura 1 - Quinta de Santo António, Symington Family Estates .....	6
Figura 2 - Diagrama de Fluxo da metodologia PRISMA, adaptado de (PRISMA, 2025) .....	9
Figura 3 - Três Pilares da Sustentabilidade .....	11
Figura 4 - Gráfico: Quantidade de utilizações das ferramentas em simultâneo com o SMED ..	31
Figura 5 - VOSviewer: Análise de coocorrência final .....	34
Figura 6 - Framework "SMED SUST3NTÁVEL" .....	35
Figura 7 - Layout da Linha 23 .....	38
Figura 8 - Despaletizador .....	39
Figura 9 - Enxaguador .....	40
Figura 10 - Enchedor .....	41
Figura 11 - Rolhador de Embutir .....	42
Figura 12 - Rolha de Embutir.....	42
Figura 13 - Rolhador Bartop.....	43
Figura 14 - Rolha Bartop.....	43
Figura 15 – Exterior (a) e interior (b) da Rotuladora.....	44
Figura 16 - Distribuidor .....	45
Figura 17 - Garrafa antes do Distribuidor .....	45
Figura 18 - Garrafa depois do Distribuidor .....	45
Figura 19 - Capsulador .....	46
Figura 20 - Garrafa depois do Capsulador .....	47
Figura 21 - Wrap-Around .....	48
Figura 22 - Distribuição de garrafas no WA .....	48
Figura 23 - Caixas na saída do WA .....	48
Figura 24 - Etiquetas de Identificação.....	51
Figura 25 - Estrutura de armazenamento de peças.....	52
Figura 26 - Suportes de armazenamento de peças.....	52
Figura 27 - Peças a substituir junto da máquina .....	52
Figura 28 - Análise inicial do setup por máquina .....	54
Figura 29 - Análise inicial do setup por operador .....	55
Figura 30 - Ciclo PDCA: Plano de Ação .....	59
Figura 31 - Distribuição do tempo de setup por tipo de tarefa (Estado Inicial).....	61
Figura 32 - Exemplo de peça com etiqueta nova .....	62
Figura 33 - Exemplo de legenda das etiquetas das peças fixada na máquina .....	64
Figura 34 - Despaletizador: Almofadas de pressurização .....	65
Figura 35 - Despaletizador: Marcação e legenda pré-definidas .....	65
Figura 36 - Despaletizador: Sistema de referência provisório .....	66
Figura 37 - Organização de peças antes (a) e após (b) intervenção no Enxaguador e Enchedor .....	67
Figura 38 - Enchedor: Programas e Escoamento de Vinho antes (a) e após (b) intervenção ....	68
Figura 39 - Organização de peças no Rolhador.....	69

Figura 40 - Laser de marcação do nº de lote antes (a) e após (b) colocar a régua provisória...	70
Figura 41 - Rotuladora: Folha de registo das afinações .....	70
Figura 42 - Rotuladora: Etiquetas para arrumação dos alisadores .....	71
Figura 43 - Rotuladora: Numeração dos alisadores .....	72
Figura 44 - Capsulador: Registo das afinações das alturas .....	73
Figura 45 - Distribuição do tempo de setup por tipo de tarefa (Após SMED) .....	79
Figura 46 - Despaletizador: Distribuição do tempo de setup por tipo de tarefa antes (a) e após (b) intervenção.....	80
Figura 47 - Distribuidor: Distribuição do tempo de setup por tipo de tarefa antes (a) e após (b) intervenção .....	80
Figura 48 - Resultados da 1ª fase de intervenção.....	81
Figura 49 - Mecanismo do depósito de rolhas no estado inicial .....	85
Figura 50 - Motor instalado no depósito do Rolhador Bartop.....	85
Figura 51 - Diagrama de Esparguete: Deslocamentos antes (a) e após (b) a instalação do motor elétrico no Rolhador .....	86
Figura 52 - Régua definitiva no laser de marcação do nº de lote .....	89
Figura 53 - Diagrama de Esparguete: Deslocamentos antes (a) e após (b) a afetação do chefe de linha ao Distribuidor e Capsulador .....	90
Figura 54 - Análise final percentual das externas no início (a) e final (b) do projeto .....	91
Figura 55 - Análise final percentual das tarefas internas e externas.....	92
Figura 56 - Resultados da 2ª fase de intervenção.....	93
Figura 57 - Análise final: Tempo de Intervenção na Linha .....	96
Figura 58 - Análise final: Estado inicial vs final do tempo de setup .....	97

# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Análise VOSviewer: Palavras-Chave.....	8
Tabela 2 - Impacto na Sustentabilidade dos casos de estudo dos artigos analisados.....	26
Tabela 3 - Tipos de setup .....	38
Tabela 4 - Distribuição dos operadores no setup .....	50
Tabela 5 - Legenda de garrafas da Linha 23.....	50
Tabela 6 – Taxa de ocupação no estado inicial por máquina .....	54
Tabela 7 - Taxa de ocupação no estado inicial por operador .....	55
Tabela 8 - Reposição de garrafas no final da OP.....	60
Tabela 9 - Legenda de garrafas da Linha 23 atualizada .....	62
Tabela 10 - Legenda das etiquetas das peças .....	63
Tabela 11 - Legenda para a numeração dos alisadores .....	72
Tabela 12 - Sequência de tarefas do Despaletizador .....	74
Tabela 13 - Sequência de tarefas do Enxaguador .....	74
Tabela 14 - Sequência de tarefas do Enchedor.....	75
Tabela 15 - Sequência de tarefas do Rolhador .....	75
Tabela 16 - Sequência de tarefas da Rotuladora .....	76
Tabela 17 - Sequência de tarefas do Distribuidor.....	77
Tabela 18 - Sequência de tarefas do Capsulador .....	77
Tabela 19 - Sequência de tarefas do Wrap-Around.....	78
Tabela 20 - Análise dos resultados da 1ª fase de intervenção por operador .....	82
Tabela 21 - Balanceamento: Redistribuição dos operadores no setup .....	84
Tabela 22 - Sequência de tarefas do Rolhador após 2ª intervenção .....	87
Tabela 23 - Sequência de tarefas do Distribuidor após 2ª intervenção.....	87
Tabela 24 - Sequência de tarefas do Capsulador após 2ª intervenção.....	88
Tabela 25 - Análise dos resultados da 2ª intervenção por operador.....	93
Tabela 26 - Resumo das ações de melhoria implementadas.....	94
Tabela 27 - Análise final: Impacto no tempo de intervenção na linha .....	96
Tabela 28 - Análise final: Impacto no tempo de setup .....	97
Tabela 29 - Sustentabilidade: Valores referência do setup .....	98
Tabela 30 – Sustentabilidade: Registo dos consumos de energia .....	98
Tabela 31 - Sustentabilidade: Impacto nos consumos energéticos.....	98
Tabela 32 - Sustentabilidade: Registos da atividade produtiva .....	100
Tabela 33 - Sustentabilidade: Impacto nos custos energéticos.....	100
Tabela 34 - Sustentabilidade: Impacto nos custos com os trabalhadores.....	101
Tabela 35 - Sustentabilidade: Impacto na disponibilidade e produtividade da linha de produção .....	101
Tabela 36 – Sustentabilidade: Impacto na eficiência de execução do setup .....	102
Tabela 37 - Síntese dos impactos na Sustentabilidade da empresa .....	102
Tabela 38 - Análise ao cumprimento dos objetivos propostos para a dissertação .....	104
Tabela 39 - Análise do impacto na Sustentabilidade da empresa .....	105



# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
5W2H	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How Much</i>
CNP	<i>Critical Network Path</i>
CoMET	<i>Comparative Evaluation Toolkit</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DOC	Denominação de Origem Controlada
ERCS	<i>Emergency Response Classification System</i>
ESG	<i>Environmental, Social, and Governance</i>
ESMED	<i>Ergonomic Single Minute Exchange of Die</i>
EUA	Estados Unidos da América
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
IA	Inteligência Artificial
ISI	<i>Integrative Sustainable Intelligence Model</i>
IVDP	Instituto dos Vinhos do Douro e Porto
IVPF	<i>Interval Valued Pythagorean Fuzzy</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LBA	<i>Line Balancing Problem</i>
METIP	Metodologias de Investigação e Planeamento
MMSUR	<i>Mixed-Mode Survey</i>
MTC	<i>Machine Tolerance Check</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Ordem de Produção
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
RACI	<i>Responsible, Accountable, Consulted, Informed</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SVEM	<i>Sustainable Value Exchange Matrix</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>

TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WA	<i>Wrap-Around</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

# 1. Introdução

Com o objetivo de introduzir ao leitor o assunto desenvolvido nesta dissertação, assim como a abordagem implementada, foi desenvolvido este capítulo introdutório. Sendo que o mesmo, a fim de que toda a informação essencial à compreensão do trabalho realizado seja transmitida e interpretada corretamente, está dividido em quatro subcapítulos distintos. Inicialmente é realizada uma contextualização ao tema, local onde é introduzido o contexto geral em que o mesmo foi aplicado, e seguidamente, são enumerados os objetivos a cumprir por forma a atingir o sucesso. Posteriormente, para realçar a abordagem de investigação e o modo de implementação dos conhecimentos adquiridos, é apresentada a metodologia de investigação, sendo que esta é seguida pelo subcapítulo de esclarecimento da estrutura da dissertação.

## 1.1. Contextualização

A presente dissertação surge no âmbito da conclusão do Mestrado de Engenharia Mecânica, com área de especialização em Gestão Industrial.

Perante uma indústria com uma grande diversidade de produtos, como a vinícola, é importantíssimo que o departamento responsável pelo engarrafamento possua a flexibilidade suficiente para corresponder a essa variedade. Posto isto, a Symington Family Estates, S.A, empresa onde foi realizada a componente prática da dissertação, pretendia que este domínio fosse melhorado através da redução dos tempos de troca de ferramentas no momento em que o tipo de garrafa a encher e encaixotar era alterado, ou seja, reduzir os tempos de *setup*, e para tal foi utilizada a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

No entanto, independentemente da indústria em causa, é imperativo implementar ações de melhoria para obter vantagem competitiva relativamente a outras empresas, e corresponder à procura dos clientes. Assim como associar estas melhorias aos pilares da Sustentabilidade, pois face ao consumo excessivo de recursos, gestão precária de resíduos e falta de equidade laboral, o alinhamento das componentes económica, social e ambiental são essenciais para promover um aumento da eficiência produtiva, melhorar as condições aos trabalhadores e minimizar o impacto ambiental (Sá et al., 2022).

## 1.2. Objetivos

Tratando-se de uma dissertação desenvolvida num contexto empresarial cujo foco principal do departamento onde a componente prática foi desenvolvida, caracterizado por possuir um ambiente *Kaizen*, é a redução de desperdícios e o aumento da eficiência e flexibilidade dos processos associados ao engarrafamento e encaixotamento das garrafas de vinho (Kaizen Institute, 2025). Perante isto, é imperativo possuir uma base teórica bem consolidada no âmbito da aplicação da metodologia SMED, ferramenta a utilizar para minimizar os desperdícios e consequentemente reduzir o período de *setup*, para uma posterior aplicação prática eficaz, complementada por uma análise relativamente ao impacto das propostas de melhoria implementadas na Sustentabilidade da empresa.

Posto isto, no domínio teórico, componente analisada na revisão da literatura, existem pontos fundamentais a abordar no decorrer da análise dos artigos científicos:

- Assimilar a origem, evolução e princípios fundamentais de aplicação do SMED;
- Analisar os procedimentos e melhorias implementadas nos casos de estudo dissecados;
- Identificar as principais ferramentas auxiliares à implementação do SMED;
- Avaliar os impactos das práticas do SMED nos pilares da Sustentabilidade;
- Identificar lacunas na intervenção prática do SMED.

Em suma, o objetivo geral da análise bibliográfica consiste na realização de uma análise crítica à aplicação prática do SMED em diferentes contextos industriais, e com base nos resultados obtidos, identificar os impactos na sustentabilidade das empresas.

Com um enquadramento teórico consistente, e de modo a fazer face às necessidades expostas, são determinados os objetivos seguintes para a componente prática da dissertação:

- Recolher, analisar e tratar dados referentes aos procedimentos envolvidos no *setup* da linha de engarrafamento e encaixotamento, no estado inicial;
- Identificar os pontos críticos de desperdício associados aos processos de *setup*;
- Aplicar ferramentas *Lean* complementares à metodologia SMED, perspetivando a redução do período de *setup*, a padronização e otimização das tarefas, o aumento da organização do ambiente de trabalho e o reforço das competências dos operadores;
- Obter um balanceamento adequado da carga de trabalho entre os operadores da equipa da linha de produção, no período de *setup*;
- Recolher e analisar os resultados provenientes da implementação das propostas de melhoria.

Consolidando todos estes objetivos, é formulado o objetivo principal da dissertação, que se assume como a resposta à questão: “Qual o impacto da implementação do SMED na Sustentabilidade da Symington Family Estates, S.A?”

### 1.3. Metodologia de Investigação

No âmbito desta dissertação foi de extrema importância utilizar a metodologia *Action-Research*, pois é a abordagem que contempla a investigação para gerar conhecimento. E consequentemente a utilização do mesmo no desenvolvimento de um plano de ação, para combater um problema ou implementar uma ação de melhoria, sem nunca dissociar da revisão da literatura realizada. No seguimento do processo, surge a implementação prática, sendo posteriormente possível analisar os efeitos práticos deste plano de ação. Todo este procedimento associado ao *Action-Research* é resumido nas seguintes cinco fases distintas (Jensen & Dikilitas, 2023):

#### 1º Identificação do Problema

Atendendo que o projeto envolvido nesta dissertação foi desenvolvido no âmbito de uma proposta de melhoria por parte da empresa de acolhimento, esta primeira fase traduziu-se na apresentação do problema que a Symington Family Estates pretendia ultrapassar e os respetivos objetivos expectáveis.

#### 2º Desenvolvimento do Plano de Ação

Perante o desconhecimento aprofundado de toda a temática envolvente ao SMED, tanto do ponto de vista teórico como da implementação prática desta ferramenta, foi realizada a revisão da literatura da mesma com o recurso à metodologia PRISMA. Em consequência desta investigação, foi desenvolvida a *Framework* para posteriormente colocar em prática no ambiente empresarial.

#### 3º Implementação Prática

Nesta fase do projeto, já no contexto organizacional, foi implementado o plano de intervenção elaborado com base nos artigos científicos analisados. Onde inicialmente foi realizada uma avaliação prévia do estado inicial do momento produtivo a intervir, registando os dados recolhidos desta análise, e de seguida aplicada a respetiva estratégia prática.

#### 4º Observação e Registo de Dados

Concluída a intervenção prática do procedimento *Action-Research*, apesar do acompanhamento sistemático das atividades da linha de produção nos períodos de *setup* e nos que o antecediam, nesta etapa foram registados novos dados nos mesmos moldes dos obtidos no diagnóstico preliminar, para posterior comparação com estes.

#### 5º Reflexão e Reformulação

Com o processo prático encerrado e os dados finais recolhidos, esta última fase da metodologia de investigação encaminhou o desenvolvimento desta dissertação para a análise dos resultados obtidos, através da comparação entre os valores cronometrados inicialmente e no final de toda implementação das propostas de melhoria. Em virtude destes resultados e da retrospectiva levantada no âmbito do procedimento colocado em prática, foram levantados pontos suscetíveis a melhorias e investigações futuras.

## 1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação progride numa sequência lógica composta por cinco capítulos principais: Introdução, Revisão Bibliográfica, Diagnóstico do Processo Produtivo, Propostas de Melhoria, Análise de Resultados e Conclusão, estes que têm associados subcapítulos essenciais no desenvolvimento claro e objetivo do relatório.

No primeiro capítulo, é realizada uma breve contextualização ao tema abordado neste documento, permitindo conhecer de forma muito geral o âmbito da dissertação. Sequencialmente a este ponto, surgem os principais objetivos a serem atingidos ao longo do projeto e ainda a descrição da metodologia de investigação utilizada. Ainda dentro deste capítulo, e de forma resumida, é apresentada a forma como o relatório está organizado, e por fim, é apresentada a empresa de acolhimento para posterior implementação da componente prática da dissertação.

A Revisão Bibliográfica, referente ao capítulo dois, é iniciada pela exploração de toda a temática que engloba a Sustentabilidade e os respetivos pilares, sendo eles o ambiental, económico e social, e seguidamente é dissecado o tema principal da dissertação, o SMED. Inicialmente é realizada uma abordagem ao contexto histórico da ferramenta e, no momento seguinte, é desenvolvida a análise prática da mesma, com recurso a casos de estudo. Esta revisão tem como objetivo principal suportar a componente prática. Como ponto final neste capítulo, é apresentada a análise crítica, fundamentada nas informações extraídas dos subcapítulos anteriores.

Avançando na estrutura da dissertação, no terceiro capítulo é momento da primeira interação com o ambiente de trabalho exato de implementação do projeto prático, ou seja, a linha de produção. Deste modo, numa fase inicial é descrito todo o processo produtivo, inclusive o *modus operandi* de todas as máquinas que são parte integrante da produção. Perante este conhecimento aprofundado do funcionamento ambiente de trabalho em questão, na segunda fase do capítulo é realizada uma análise inicial, através de dados reais, ao contexto prático da linha de produção no âmbito de todas as tarefas associadas ao *setup*.

Compilados e analisados os resultados da análise inicial, no quarto capítulo é apresentada de forma pormenorizada a intervenção prática na unidade de enchimento e encaixotamento. Uma vez definido o plano de ação, o capítulo é organizado de forma cronológica relativamente aos momentos de intervenção, sendo que é apresentada a primeira fase de propostas e implementação de melhorias, e de seguida são apresentados os resultados das mesmas. Em sequência destes resultados, é descrita a segunda fase de intervenção, seguida pelos respetivos resultados finais no âmbito das grandezas associadas ao *setup*.

Avançando para capítulo cinco, este é iniciado pela análise do impacto individual nos três pilares da Sustentabilidade da empresa, em consequência das alterações implementadas, onde são identificados indicadores fundamentais para o sucesso da produção. Encaminhando para o fim da dissertação, surge então a conclusão, momento de mencionar e refletir sobre todos os pontos imprescindíveis deste projeto, desde a fase da revisão da literatura até aos resultados

obtidos das melhorias colocadas em execução. Para finalizar o capítulo e este documento, são apresentados alguns pontos identificados como suscetíveis a trabalhos futuros.

## 1.5. Empresa de acolhimento

A Symington Family Estates, S.A é uma das maiores produtoras de vinho do Porto do mundo, assim como uma das maiores produtoras portuguesas de vinho de consumo, assumindo-se como a principal proprietária dos vinhedos no Vale do Douro, com 26 Quintas, contabilizando uma área total de 2 255 hectares (*Symington Family Estates, 2025*). Destas propriedades destacam-se as mais históricas, como a Quinta do Vesúvio, Malvedos, Bomfim, Cavadinha, Senhora da Ribeira, Tua, Canais, Retiro, Ataíde e Roriz. Recentemente, foi iniciado um novo projeto, com a Quinta da Fonte Souto, na sub-região do Alto Alentejo.

Propriedade de uma família de origem luso-britânica que vive e trabalha em Portugal desde o século XIX, foi criada por Andrew James Symington em 1882, mantendo-se desde então por cinco gerações. A empresa tem a missão de combinar a paixão pela produção do vinho generoso, designado regularmente como vinho do Porto, e de vinho de consumo, o tradicional vinho de mesa, com um grande compromisso com a cultura e o povo da região onde trabalham. O segredo para esta continuidade de gerações reside no propósito familiar em deixar para trás uma empresa mais forte e sustentável, comparativamente com aquela que lhes foi confiada, objetivo sustentado nos valores de respeito, paixão, excelência, administração e liderança. Atualmente o negócio familiar é administrado por dez membros das 4ª e 5ª gerações, estes que são proprietários e gestores de quatro marcas principais de vinho do Porto: *Graham's, Dow's, Warre's e Cockburn's*, bem como de um portefólio de vinhos do Douro que inclui vinhos como Quinta do Vesúvio, Quinta do Ataíde, Altano, *Chryseia* e *Post Scriptum*, tendo como mercados principais os Estados Unidos da América (EUA) e o Reino Unido. Já em Vila Nova de Gaia, estão localizadas as duas instalações de engarrafamento, Quinta do Marco e Quinta de Santo António, sendo a segunda o local onde irá ser desenvolvida a componente prática da dissertação, Figura 1, assim como a sede da empresa, junto ao cais de Gaia.

Para além de proporcionar um número significativo de postos de trabalho na região do Douro, a Symington Family Estates, S.A apoia regularmente projetos que comprovam o comprometimento da empresa para com o povo do Douro, e inevitavelmente o compromisso com a dimensão social da Sustentabilidade. Nos últimos onze anos, é doada anualmente uma ambulância a diferentes Corporações de Bombeiros Voluntários da região do Douro, é apoiada uma instituição de auxílio às crianças carenciadas do Douro, a Bagos d'Ouro, e todos os anos são oferecidas duas bolsas de estudo para os cursos de viticultura e enologia, na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (*Symington Family Estates, 2025*). Conscientes da crise ambiental existente, esta que afeta diretamente a atividade da empresa, possui diretrizes bem definidas, e em constante melhoria contínua, para a expansão dos limites da vinificação sustentável.

## Introdução



Figura 1 - Quinta de Santo António, *Symington Family Estates*

## 2. Revisão Bibliográfica

No decorrer do capítulo da Revisão Bibliográfica, é realizada uma análise a metodologias e ferramentas descritas nos artigos científicos dissecados, que foram considerados importantíssimos para o desenvolvimento teórico e prático desta dissertação, uma vez que o campo teórico destes relatórios de investigação são caracterizados por possuir uma elevada credibilidade nos conceitos transmitidos, assim como no contexto prático, pois expõem diferentes abordagens para implementação das ferramentas analisadas, neste caso, o SMED.

Este capítulo está dividido em cinco subcapítulos diferentes. O primeiro é utilizado para realçar a abordagem de investigação utilizada, sendo apresentada a metodologia de investigação. Já o segundo subcapítulo é direcionado à Sustentabilidade, ou seja, inicialmente é desenvolvida uma breve contextualização do tema Sustentabilidade, e de seguida, são introduzidos os conceitos dos três pilares associados, ambiental, económico e social. No terceiro subcapítulo é abordado o conceito principal da dissertação, o SMED, no qual inicialmente é realizada uma apresentação desta ferramenta, seguida pela sua metodologia de implementação. Ainda dentro do segundo subcapítulo, são apresentados casos de estudo representativos da influência do SMED na gestão da produção, e com base no conteúdo dos mesmos, é apresentada uma tabela de análise ao impacto desta ferramenta nos três pilares da Sustentabilidade e ainda um gráfico demonstrativo das ferramentas utilizadas mais frequentemente em conjunto com o SMED. Seguindo para o quarto subcapítulo é contextualizado o conceito de balanceamento da linha, através da apresentação das principais abordagens descritas na literatura e dos contributos mais relevantes identificados em estudos recentes. Para terminar este capítulo, é realizada uma análise crítica geral à informação retirada dos casos de estudo, a partir da qual são retiradas algumas conclusões e pontos importantes suscetíveis a uma futura investigação.

### 2.1. Metodologia da Revisão Bibliográfica

No âmbito da revisão da literatura, e atendendo à imensidão de artigos científicos e documentos de investigação disponíveis para análise, foi utilizada a metodologia PRISMA. Esta ferramenta permite aumentar a especificidade atingida na revisão bibliográfica da dissertação, pois seguindo as diretrizes da mesma, é obtida uma revisão mais estruturada, precisa e metodologicamente mais rigorosa, quando comparada com o tradicional estado da arte (Page et al., 2021).

Perante a grande exigência na utilização de informação credível e atualizada, foi utilizada a base de dados *Web of Science*. No entanto, dentro da base de dados foi essencial utilizar critérios que auxiliaram a filtragem da grande quantidade de artigos disponíveis, atendendo ao facto de se tratar de temas extremamente abrangentes, como é o caso do SMED e principalmente a Sustentabilidade. Posto isto, estes critérios foram divididos em dois grupos:

- Artigo:
  - ✓ Ano (2020 – Atual);
  - ✓ Citações por ano (superior a dez);
  - ✓ Fator de Impacto a cinco anos (superior a cinco);
  - ✓ Quartil (Q1 ou Q2).
- Autor
  - ✓ H-Index (superior a quinze);
  - ✓ Nº de publicações (trinta).

Deste modo, a investigação foi iniciada com o recurso a duas palavras-chave abrangentes na esfera do SMED (“SMED” e “Setup”). Uma vez que o resultado proporcionou um elevado número de artigos, foram selecionados 25 com base nos critérios definidos e em seguida realizada a análise de coocorrência das palavras-chave, com o recurso ao *software VOSviewer*, a partir da qual foi possível identificar, dentro de um grande conjunto de conceitos, as três palavras-chave mais vezes mencionadas relacionadas diretamente com o SMED (“smed”, “*changeover reduction*” e “*machine changeover*”), como demonstrado na Tabela 1, sendo que a imagem representativa desta análise encontra-se no Apêndice A (Van Eck & Waltman, 2023).

Tabela 1 – Análise *VOSviewer*: Palavras-Chave

Palavras-Chave	Ocorrências	Força Total da Ligação
Smed	11	46
<i>lean manufacturing</i>	5	21
<i>changeover</i>	2	9
<i>changeover reduction</i>	2	7
<i>lean production</i>	2	10
<i>machine changeovers</i>	2	7

Por forma a tornar a pesquisa mais enriquecedora e específica na dimensão do SMED, foram então utilizados os três conceitos referidos atrás. Em virtude deste procedimento e das restrições colocadas, o número de artigos disponíveis reduziu significativamente, demonstrando que o objetivo de especificar a pesquisa realizada foi atingido, no entanto, em consequência deste efeito, foi necessário alargar o período de publicação dos artigos, daí existirem ao longo da dissertação referências com publicação anterior a 2020. Ainda no âmbito das duas pesquisas, na comparação entre a análise de coocorrência das palavras-chave da primeira e segunda análise, representadas nos Apêndices A e B, respetivamente, é de notar uma inter-relação entre as palavras-chave muito superior no segundo caso, representativo de uma maior convergência temática. Encerrando a pesquisa no âmbito do SMED, foi realizada a investigação direcionada à Sustentabilidade, conceito abrangido por inúmeras temáticas e consequentemente associado a uma grande panóplia de casos de estudo. Posto isto, a seleção

tornou-se mais minuciosa através do aumento da rigidez dos critérios, sobretudo no H-Index do autor e o quartil, com preferência para o Q1.

Com o objetivo de analisar e organizar quantitativamente os casos de estudo selecionados, para posteriormente os dissecar, foi desenvolvida a tabela do Apêndice C para cada um dos tópicos principais da dissertação. Assim como para uma avaliação qualitativa, foi estruturada a tabela do Apêndice D, importantíssima, do ponto de vista teórico, para realizar o registo de informações pertinentes no desenvolvimento da tese.

Numa nota de conclusão a este subcapítulo, é apresentado de forma clara e visual todo o processo desde a identificação inicial dos casos de estudo até à inclusão final na revisão da literatura, com o recurso ao fluxograma associado à metodologia PRISMA, presente na Figura 2, de salientar que a base de dados utilizada foi maioritariamente o *Web of Science*.

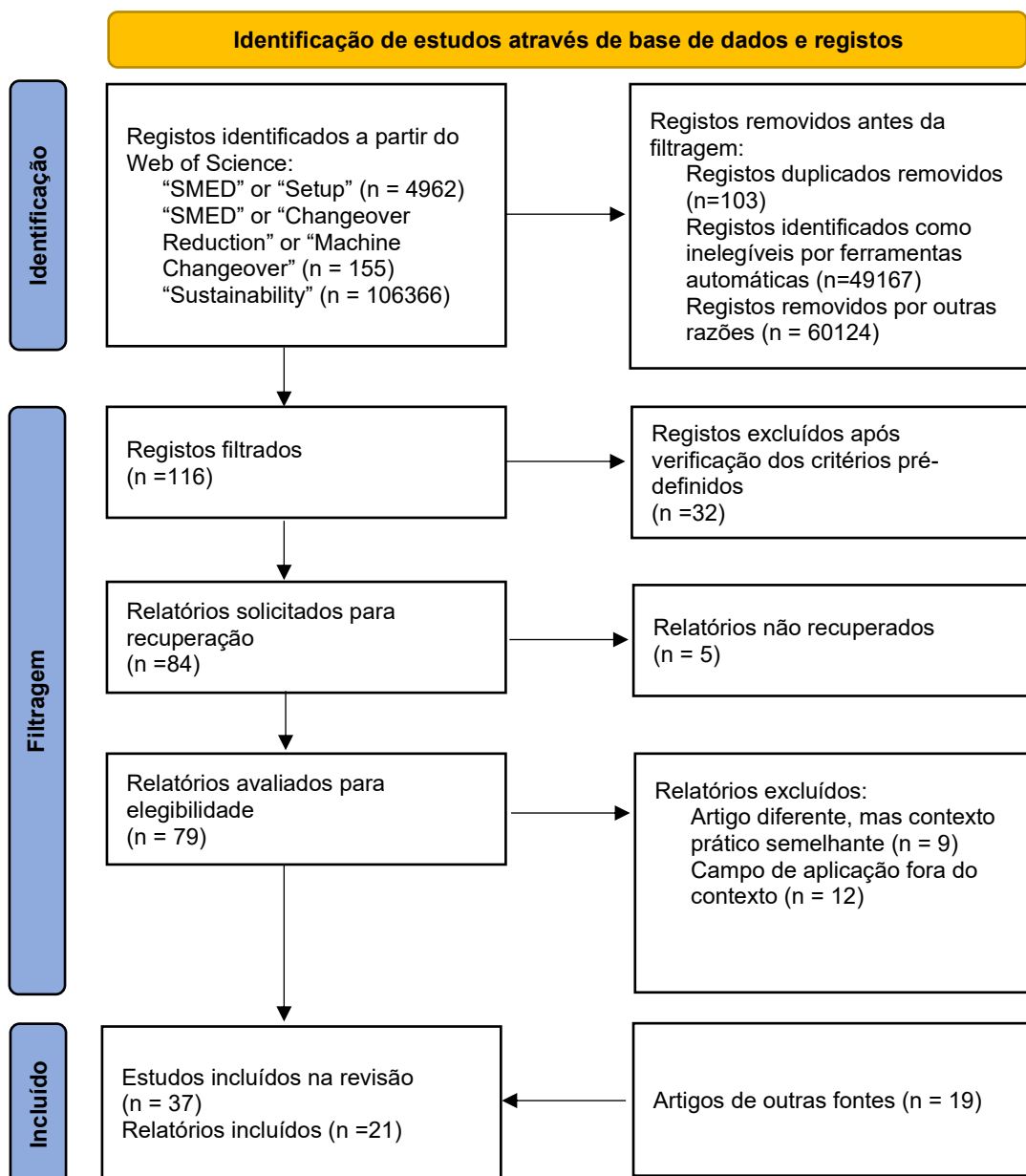


Figura 2 - Diagrama de Fluxo da metodologia PRISMA, adaptado de (PRISMA, 2025)

## 2.2. Sustentabilidade

A formulação de sustentabilidade como equilíbrio a longo prazo entre o consumo e a regeneração dos recursos naturais está diretamente associada à obra “*Sylvicultura Oeconomica*”, na qual Hans Carl von Carlowitz, recorrendo à desflorestação, introduziu o conceito de sustentabilidade, passando a mensagem de que a quantidade de madeira retirada do ambiente florestal não deve exceder o volume que cresce posteriormente (Carlowitz, 1713). No entanto, esta ideia perdeu relevância ao longo do tempo e atingiu-se uma situação crítica ao nível do uso excessivo de recursos naturais e desperdícios (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2024).

Antes da publicação do Relatório de *Brundtland* em 1987, o foco das discussões sobre o desenvolvimento sustentável das organizações ia sempre ao encontro do parâmetro económico da mesma (WCED, 1987). No entanto, esta publicação iniciou a alteração do paradigma do desenvolvimento sustentável considerado na época, perspetivando atuar sobre os impactos sociais e ambientais, para além da análise da performance económica, uma vez que “Desenvolvimento sustentável é o que tem a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações atuais, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”, ou seja, assumir um compromisso de desenvolvimento sustentável global (WCED, 1987). Consequentemente, de acordo com Elkington (2006), os requerimentos sociais e ambientais impostos às organizações assumiram uma tendência crescente, provocando o aparecimento dos seguintes fatores:

- Ampliação do Compromisso Ambiental;
- Responsabilidade Social Empresarial;
- Inovações Económicas e Governação Empresarial;
- Movimentos de Antiglobalização e Escândalos Empresariais.

Identificadas estas condições, John Elkington em 1994 introduziu o conceito “*triple bottom line*”, cujo suporta a sustentabilidade (Elkington, 1997). Este conceito vai ao encontro do objetivo principal do Relatório de *Brundtland*, pois os três pilares presentes na Figura 3 representam as dimensões ambiental, económica e social que sustentam a sustentabilidade (Elkington, 2006). Numa realidade mais recente, e atendendo aos desafios globais, como as alterações climáticas, aquecimento global, escassez de recursos e as persistentes desigualdades sociais, o conceito de sustentabilidade assente nos pilares do ambiente, economia e social tem ainda mais impacto e importância (Torkayesh et al., 2021).

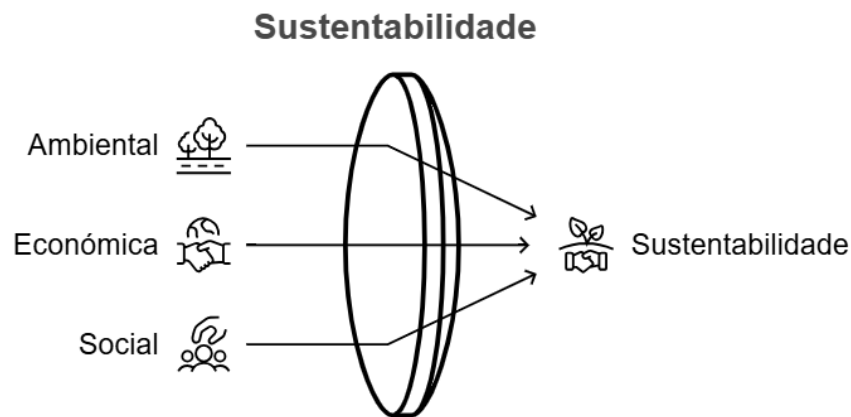


Figura 3 - Três Pilares da Sustentabilidade

Do ponto de vista prático, a implementação das práticas *Environmental, Social, and Governance* (ESG) são de extrema importância na preservação da cotação das empresas e consequentemente na relação com os *stakeholders* (Nirino et al., 2021). Dentro deste contexto prático, os três pilares da sustentabilidade laboram sob uma relação interdependente, pois a potencial falha associada a um deles afeta o desenvolvimento sustentável global (Torkayesh et al., 2021). A prática da sustentabilidade tem de estar intrínseca à educação, pois a transmissão de valores pessoais e éticos tornam a implementação de ações sustentáveis um hábito comum, ações essas que são consideradas de extrema importância para ultrapassar desafios da sustentabilidade, como contradições de crescimento entre os três pilares ou a desigualdade de rendimentos (Brem & Puente-Díaz, 2020). Um excelente exemplo que comprova a vantagem da implementação deste tipo de educação são as cidades nórdicas, que estão de forma destacada na vanguarda das iniciativas de sustentabilidade global (Leminen et al., 2021). Prova disso foi a criação de *Fabrication Laboratories* (Fab labs) e *co-working*, espaços que permitem o acesso e partilha de ferramentas de produção digital e promovem o uso de recursos locais de forma sustentável, incentivando a comunidade a criar e partilhar soluções que favorecem a implementação de uma economia circular, onde os produtos e processos estão sob a alçada de uma melhoria contínua no campo da sustentabilidade (Leminen et al., 2021).

A relação com os *stakeholders*, já enunciada, é cada vez mais influenciada pelo aglomerado de condicionantes existentes em torno da sustentabilidade, uma vez que estes pretendem ser parte interessada de empresas com práticas altamente sustentáveis (Papoutsi & Sodhi, 2020). No entanto, as organizações para atraírem consumidores e investidores optam por uma de duas direções divergentes, por um lado implementam práticas sustentáveis e utilizam relatórios de sustentabilidade para sinalizar os *stakeholders* do seu compromisso com a sustentabilidade institucional, em oposição, outras empresas executam *greenwashing*, prática caracterizada pela transmissão de informação falsa relativamente à responsabilidade ambiental, através do mesmo tipo de relatórios de sustentabilidade ou campanhas de *marketing* (Papoutsi & Sodhi, 2020).

Por forma a instaurar medidas sustentáveis, as metodologias *Lean* são ferramentas de grande distinção devido à grande versatilidade em atuar nos três pilares da sustentabilidade (Martínez-

Jurado & Moyano-Fuentes, 2014). Uma vez que permitem otimizar o uso de recursos, reduzir desperdícios e minimizar os consumos de energia, ou seja, a filosofia *Lean* atua na sustentabilidade ambiental, social e económica, ao tornar as operações mais eficazes e ajustadas às exigências ecológicas e da procura (Martínez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014; Zhou et al., 2017).

A implementação das *green technologies*, para combater a degradação do ecossistema e o esgotamento de recursos naturais, não é uma ação simples, pois existem barreiras que interferem na aplicação deste tipo de tecnologias, sendo que Xia et al. (2019) estabeleceu uma divisão em dois grandes grupos: barreiras no âmbito das competências e psicológicas. Relativamente às competências, está incluída a falta de conhecimento das práticas a implementar, a carência de habilidades para corresponder à exigência necessária e infraestruturas com desenvolvimento insuficiente para o exercício de tecnologias sustentáveis. No ramo das barreiras psicológicas, estão associados os comportamentos individuais, como a falta de motivação, as influências culturais recetivas a mudanças, e interesses externos que são condicionados com o aparecimento destas tecnologias (Xia et al., 2019).

Dentro da implementação de práticas sustentáveis, atualmente, é extremamente prejudicial e disruptivo dissociar a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0 desta iniciativa organizacional, pois são matérias que geram vantagem competitiva (Ghobakhloo et al., 2022). No primeiro caso, através de diferentes tecnologias, é proporcionado o acesso a dados em tempo real, informação imprescindível para a focalização e melhoria da produtividade e eficiência, ou seja, existe uma influência direta na sustentabilidade económica (Ghobakhloo et al., 2022). Já a Indústria 5.0 surge como um complemento à Indústria 4.0, uma vez que supera a limitação do foco predominantemente económico e produtivo, promovendo uma integração mais simétrica entre trabalhadores e máquinas, considerando deste modo o impacto da atividade da organização nos parâmetros social e ambiental (Ghobakhloo et al., 2022). Embora a utilização de tecnologias seja essencial no alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável, Al-Emran & Griffy-Brown (2023) afirmam que a abordagem a estas tecnologias deve ser feita de forma equilibrada para que a maximização de alguns aspetos associados aos pilares da sustentabilidade não implique a minimização de outros.

### **2.2.1. Dimensão Ambiental**

Atendendo às grandes preocupações existentes no âmbito da sustentabilidade ambiental, devido a fenómenos como o aquecimento global ou o consumo excessivo de recursos naturais, o pilar ambiental da sustentabilidade é importantíssimo no seio empresarial, pois vai criar condições para a implementação de medidas que ajudam a mitigar o impacto negativo da atividade da empresa no meio ambiente (Nirino et al., 2021). Contribuindo para a satisfação dos *stakeholders*, uma vez que estes, cada vez mais, pressionam as empresas a adotar medidas sustentáveis (Nirino et al., 2021).

No âmbito desta dimensão ambiental, as empresas procuram integrar o grupo das organizações ambientalmente sustentáveis, mas para isso têm de proceder a avaliações contínuas dos impactos ambientais de cada etapa do modelo de negócio e conseqüentemente, proceder à

implementação de estratégias que promovam a sustentabilidade dentro dessas práticas organizacionais (Silvestre et al., 2022). Todo este processo pode ser desenvolvido com o recurso a ferramentas como a *Sustainable Value Exchange Matrix* (SVEM) e o *Integrative Sustainable Intelligence Model* (ISI), pois são ferramentas que têm como objetivo fomentar processos de mudança e inovação, na procura por soluções orientadas para os negócios sustentáveis (Silvestre et al., 2022). Outra forma de implementar medidas que desenvolvam a empresa na linha da sustentabilidade, é fazer uso das ferramentas *Lean* (Silvestre et al., 2022). A título de exemplo, Ebrahimi et al. (2023), apresenta a metodologia 3SM, caracterizada pela combinação das ferramentas SMED e *Value Stream Mapping* (VSM), sendo que esta gera uma abordagem ambientalmente sustentável para o *setup*, focando-se na redução de resíduos e no consumo consciente dos recursos.

O aparecimento da Indústria 4.0 é considerado um grande marco no círculo da sustentabilidade, neste caso mais específico no parâmetro ambiental, a integração da automação e o uso de *Collaborative Robot*, proporcionam uma redução do consumo de energia e minimizam desperdícios (Javernik et al., 2023). Num sentido similar, também a chegada da Indústria 5.0 teve consequências muito positivas a nível empresarial, inclusive no âmbito da sustentabilidade ambiental, incentivando a práticas ambientais sustentáveis com o recurso a tecnologias focadas na eficiência de recursos, integração de energias renováveis e implementação da economia circular (Ghobakhloo et al., 2022). Com base na Indústria 5.0, surgiram os Produtos Circulares Inteligentes (CIP). Estes produtos, associados diretamente à economia circular, são equipados com sensores e tecnologias de Inteligência Artificial (IA), que consequentemente traduzem-se num aumento do tempo de vida útil, redução de emissões e redução de desperdício (Ghobakhloo et al., 2022; Javernik et al., 2023). A integração da IA nesta abordagem, foi um avanço tecnológico extremamente vantajoso para a monitorização e minimização do impacto ambiental das operações industriais (Pan & Nishant, 2023). Pois é uma ferramenta que através do fornecimento de dados em tempo real, capacita os responsáveis da componente sustentabilidade a implementarem soluções ecológicas adaptadas à situação em questão, com o intuito de minimizar desperdícios e proporcionar o uso otimizado dos recursos (Pan & Nishant, 2023).

Apesar de as tecnologias serem o grande impulsionador da mitigação dos impactos ambientais, estas têm de ser utilizadas de forma extremamente consciente, pois o uso intensivo das mesmas pode provocar emissões elevadas e criação de resíduos eletrônicos, situações que vão de encontro às ideias do pilar ambiental (Al-Emran & Griffy-Brown, 2023).

### **2.2.2. Dimensão Social**

Considerado o pilar da sustentabilidade menos desenvolvido, prova disso é o facto de começar a ter apenas algum destaque nos anos 90, este campo social de um modo geral engloba diversos aspetos pertinentes, como a justiça social, direitos humanos, e condições de trabalho (Torkayesh et al., 2021). Num ambiente empresarial, este tópico está inteiramente relacionado

com o impacto social resultante da atividade da organização, abrangendo pontos como o bem-estar dos colaboradores, direitos humanos e apoio às comunidades (Nirino et al., 2021).

O processo de implementação da dimensão social da sustentabilidade, de acordo com Brem & Puentes-Díaz (2020), parte de um processo individual que inevitavelmente é expandido para todo o grupo organizacional, mas para isso é fundamental a adoção de valores pessoais, considerados essenciais, como empatia, responsabilidade e consciência ambiental. Sendo esta integração social responsável por gerar uma sociedade mais equitativa, justa, inclusiva e ambientalmente consciente, consequentemente também habilita a mesma a atingir os objetivos propostos para o círculo social da sustentabilidade, como o desenvolvimento de competências, promovendo a autonomia dos envolvidos, disponibilidade de assistência para os operadores, e utilização de ferramentas que permitam o fortalecimento da envolvimento dos *stakeholders* (Ghobakhloo et al., 2022; Torkayesh et al., 2021). Apesar, por vezes, da pouca importância concedida a este parâmetro da sustentabilidade, quando utilizado corretamente, ou seja, sem ser direcionado para interesses pessoais ou motivações que se desviem dos objetivos coletivos e institucionais, contribui para a reputação positiva da empresa e permite a construção de uma relação sustentável com a sociedade, pois transmite confiança aos *stakeholders*, assim como consegue satisfazer a procura dos consumidores (Nirino et al., 2021; Zimon et al., 2022). Mais uma vez, as exigências das partes interessadas da empresa são impulsionadoras no âmbito da sustentabilidade (Nirino et al., 2021).

De modo semelhante ao que foi descrito no caso do pilar ambiental, também neste contexto social deve ser enquadrada a filosofia *Lean*, sendo neste caso específico retratada a utilização do SMED conjuntamente com o VSM, dando origem à metodologia 3SM como explica Ebrahimi et al. (2023). A integração desta metodologia incentiva à qualificação contínua dos trabalhadores, de modo a executarem os *setups* de forma mais eficiente e sustentável possível, proporcionando um crescente de motivação e uma cultura organizacional focada na melhoria contínua e no desenvolvimento humano (Ebrahimi et al., 2023). Também as Indústrias 4.0 e 5.0 são ferramentas que incrementam valor no círculo da sustentabilidade social (Javernik et al., 2023). Sendo que no primeiro caso, a melhoria associada à componente social advém da redução de riscos ergonômicos para os operadores, uma vez as tarefas repetitivas passaram a ser executadas pelos *Collaborative Robots*, ou seja, é uma situação direcionada para a preservação da saúde dos funcionários. Tal como na Indústria 5.0, a colaboração promovida entre operadores e robôs gera um ambiente de trabalho menos propício a riscos para o humano, ou seja, é criado um ambiente de trabalho mais seguro (Javernik et al., 2023). Outra forma de aplicação do SMED na promoção da sustentabilidade social é através da articulação com métodos estatísticos como o *Servival Analysis*, pois permitem reduzir a pressão sobre os operadores, uma vez que a análise de dados possibilita estabelecer um equilíbrio entre a capacidade de produção e as capacidades individuais, proporcionando um ambiente de trabalho associado à responsabilidade social (Ruppert et al., 2021).

Analisando o impacto destas práticas, os resultados obtidos vão variar dependendo da forma como estas são implementadas (Zimon et al., 2022). No caso específico em que são incrementadas de forma isolada, ou seja, a empresa coloca-as em prática de forma totalmente autónoma, o resultado pode não se traduzir numa clara vantagem competitiva no mercado

(Zimon et al., 2022). No entanto, quando a mesma ação é executada com parcerias de sustentabilidade, como fornecedores ou clientes, a probabilidade de ser atingido o objetivo final, a vantagem competitiva aumenta substancialmente, uma vez que um ambiente onde recursos e conhecimentos são compartilhados facilita a implementação eficaz das práticas sociais, tornando-as mais significativas e visíveis, ou seja, causa uma maior atração de clientes e melhor reputação (Zimon et al., 2022).

### 2.2.3. Dimensão Económica

Assumido como o pilar mais destacado na literatura sobre a sustentabilidade, este responsabiliza-se por garantir a viabilidade financeira e a utilização eficiente dos recursos, sem comprometer a disponibilidade dos mesmos no futuro (Torkayesh et al., 2021). É através das abordagens ao mercado executadas no âmbito deste conceito que a necessidade económica das empresas é satisfeita e conseqüentemente impulsiona tanto o desenvolvimento contínuo como a criação de oportunidades de emprego (Torkayesh et al., 2021). No entanto, o foco extremo na componente financeira, provoca um desequilíbrio no panorama geral da sustentabilidade, ou seja, os parâmetros ambiental e social nestes casos estão suscetíveis a impactos negativos (Torkayesh et al., 2021).

Deste modo, para alcançar o pilar económico, ou seja, maximizar a eficiência económica e reduzir custos, a investigação realizada por Silvestre et al. (2022), faz referência à integração de ferramentas de gestão, como SVEM e o ISI, que permitem às empresas desenvolver negócios sustentáveis, uma vez que a implementação deste tipo de ferramentas tem como efeito a otimização de recursos, redução de desperdícios e a maximização do valor económico da empresa (Silvestre et al., 2022). Para além deste tipo de ferramentas de gestão, o recurso a tecnologias, como a IA, por parte das empresas, proporciona consequências muito positivas ao nível económico, gerando vantagens competitivas e promovendo uma economia circular mais resiliente e sustentável (Al-Emran & Griffy-Brown, 2023; Pan & Nishant, 2023). Pois estas tecnologias permitem uma análise detalhada de dados em tempo real, melhorando a capacidade de resposta a mudanças no mercado, sendo este um dos fatores que na ausência destas ferramentas, gera mais dificuldades na resposta às oscilações do mercado por parte da empresa (Pan & Nishant, 2023).

No entanto, no contexto de uma linha de produção, a abordagem implementada sobre esta dimensão económica tem de aprofundar para além dos custos diretos, como os benefícios económicos da linha de produção, salários dos trabalhadores, e custo de aquisição e manutenção das máquinas, também tem de considerar os custos indiretos influenciados pelos postos de produção gargalo (*bottleneck*) e paragens frequentes (Zhou et al., 2017). Pois com estes dois parâmetros económicos controlados, a empresa implementa operações mais eficientes com custos mais reduzidos, condições essenciais para uma produção sustentável a longo prazo (Zhou et al., 2017). Associado a uma linha de produção, existem vários produtos com diferentes características que são produzidos em ordens de produção distintas. Contudo, esta flexibilidade de produção para ir ao encontro de uma empresa economicamente sustentável, tem de ter associados tempos de *setup* reduzidos e desperdícios restringidos ao

mínimo possível. Para atingir tal objetivo, as linhas de produção podem fazer uso da metodologia 3SM, já associado também aos restantes pilares da sustentabilidade, que conjuga as ferramentas, SMED e VMS.

No enquadramento com a Indústria 4.0 e 5.0, as vantagens da incrementação das ferramentas inerentes a estes conceitos, vão ao encontro do que sucede nos outros pilares da sustentabilidade (Javernik et al., 2023). Pois no caso da Indústria 4.0, a introdução de *robots* no ambiente de trabalho aumenta significativamente a produtividades e reduz custos operacionais, parâmetros importantíssimos tanto na vantagem competitiva como no crescente aumento de valor (Javernik et al., 2023). Assim como na Indústria 5.0, a integração do papel do Homem na automação das máquinas, promove processos mais flexíveis e adaptáveis às condições do mercado e das cadeias de abastecimento, reduzindo substancialmente a perda de valor em desperdícios (Ghobakhloo et al., 2022; Gong et al., 2022).

### 2.3. SMED

Durante a década de 1950 e 1960, no Japão, a *Toyota* enfrentou grandes desafios para competir com os fabricantes americanos, pois estes eram caracterizados por uma elevada procura e consequentemente pela produção de grandes lotes (Braglia et al., 2016). Posto isto, a Toyota, para gerar impacto no mercado, adotou diferentes práticas que viriam a formar a *Toyota Production System* (TPS), dentro das quais o SMED, metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo, implementada com o objetivo de minimizar os tempos de *setup* e consequentemente alcançar maiores níveis de flexibilidade dos equipamentos, face ao compromisso entre o custo e a flexibilidade (Braglia et al., 2016; Shigeo Shingo, 1985). Sendo que o tempo de *setup* é definido como o período de preparação da máquina, ou seja, assume-se como uma interrupção na produção para troca de ferramentas, afinações e abastecimento com material, por forma a dar seguimento a uma nova produção (Rosa et al., 2017; Sousa et al., 2018). Assim sendo, a definição original do SMED defende que as trocas de ferramentas executadas numa linha de produção nunca devem exceder os 10 minutos de duração, focando-se metodologicamente na sistematização e padronização das tarefas realizadas pela equipa da linha durante *setup* (Gest et al., 1995).

A formulação do SMED baseou-se em três princípios diferentes identificados por Shingo. Entre estes, a necessidade de linhas de produção flexíveis para possibilitar trocas rápidas entre a produção de diferentes produtos, redução de desperdícios e inventário, uma vez que *setups* longos resultam em produções de grande volume para compensar o tempo de inatividade das máquinas durante a troca de ferramentas, e a maximização do valor entregue ao cliente, visto que os tempos de inatividade das máquinas durante os *setups*, tarefas internas, não constituem valor para o mesmo (Santos et al., 2022). No seguimento da implementação desta ferramenta, Zhang et al. (2023) considera que foi uma ação revolucionária, pois tornou economicamente viável a produção de lotes de pequenas dimensões. Em suma, a aplicação do SMED é focada na minimização da *Muda*, termo japonês que representa o consumo de recursos em atividades que não geram valor (Womack & Jones, 2003).

### 2.3.1. Implementação do SMED

Do ponto de vista prático, recentemente, Braglia, et. al. (2023), distinguiram os desperdícios envolvidos no *setup* em três tipos distintos:

- *Process Losses*: Associado há realização de tarefas externas, definidas como atividades a executar com a máquina/linha em produção, no mesmo período das tarefas internas. Ou seja, nestas situações não existe qualquer tipo de sequência e padronização das tarefas estabelecidas para estes procedimentos.
- *Design Losses*: Resultante dos *designs* complexos das máquinas e das peças a substituir, que conseqüentemente dificultam a realização de um *setup* expedito.
- *Internal Activity Losses*: Realização das tarefas internas do *setup* num período excessivo, fruto da falta de otimização e padronização das tarefas, e sobretudo da ausência de sistemas de referência nas afinações.

Com vista à resolução deste tipo de problemas, a metodologia SMED é composta por quatro etapas complementares, que visam agir corretivamente sobre estes desperdícios, proporcionando assim a redução do tempo geral do *setup*, incidindo preferencialmente sobre o período de inatividade da produção originado por este processo (Silva et al., 2020). Do ponto de vista prático, as quatro fases da implementação do SMED são (Braglia, et al., 2023):

- Fase 0: observar, registrar, organizar e cronometrar;
- Fase 1: separar as tarefas internas e externas;
- Fase 2: transformar o máximo de tarefas internas possíveis em externas;
- Fase 3: otimizar todas as operações do *setup*.

Deste modo, a Fase 0 prende-se pela análise do estado inicial do processo a intervir, identificando as áreas do mesmo que têm um maior impacto negativo no período do *setup*. Mas antes da cronometragem que permite obter os dados iniciais, há todo um processo de identificação das tarefas inerentes ao *setup*, com o recurso a entrevistas informais aos operadores e ao acompanhamento frequente dos procedimentos colocados em prática pela equipa de trabalho. Sendo também realizada uma primeira separação, de acordo com a realidade encontrada no início do projeto, entre as tarefas realizadas pelos operadores sem interromper a produção, e as tarefas colocadas em prática no decorrer da produção (Sousa et al., 2018). Na Fase 1 do processo, é realizada uma análise minuciosa sobre as tarefas anteriormente identificadas, procurando efetuar a distinção real entre as tarefas que obrigam à interrupção da produção, tarefas internas, e as que permitem a sua realização no período produtivo, tarefas externas, ou seja, proceder à organização das tarefas envolvidas no *setup*, de forma que as internas sejam realizadas todas sequencialmente, podendo ser integrada a metodologia 5S, pois esta tem associado o aumento da organização da área de trabalho e as respetivas tarefas (Silva et al., 2020; Braglia, et al., 2023). Com esta organização estabelecida, a Fase 2 da metodologia tem como foco as tarefas internas, por um lado rever as operações internas, por forma a averiguar se algumas foram erradamente classificadas como tal, e por outro lado tentar com o recurso a intervenções nas máquinas, transformar estas operações

internas em externas (Silva et al., 2020; Braglia, et al., 2023). Por fim, a última etapa do processo, Fase 3, procura simplificar, otimizar e padronizar todas as tarefas envolvidas no *setup*, com vista à redução do período de execução das mesmas. E conseqüentemente é fundamental a formação dos operadores, por forma a seguirem as novas instruções de trabalho (Braglia, et al., 2023).

Por forma a compreender o impacto da implementação da metodologia SMED nas empresas no âmbito da produção, foram analisados diversos artigos relacionados com este tópico. Posto isto, nos parágrafos seguintes está descrita, de forma simples e direta, a influência da implementação do SMED na produção e na sustentabilidade das empresas em cada caso de estudo analisado.

A monitorização contínua do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) por parte de uma empresa italiana, dedicada à produção de etiquetas, permitiu identificar uma queda considerável deste indicador nos momentos de *setup*, ou seja, existia uma troca de ferramentas muito prolongada no momento em que o produto concebido era alterado. Posto isto, a empresa implementou a metodologia SMED, com o objetivo de reduzir o tempo despendido no momento de troca de ferramentas. Conseqüentemente, o tempo total de *setup* reduziu 87%, o OEE passou dos 90% para os 96% e apesar do investimento na ordem dos 5000€, com o aumento da produção, existiu o retorno desse valor num período estimado de três meses (Braglia et al., 2016).

Rosa et al. (2017), com vista a melhorar os tempos de trocas de ferramentas na linha de montagem de cabos de aço numa empresa ligada à indústria automóvel, implementou o SMED, no entanto não o executou de forma isolada. Com o auxílio da ferramenta 5S, para assegurar que as ferramentas utilizadas no *setup* estavam acessíveis e organizadas, e a Gestão Visual, com o objetivo de fornecer aos operadores informações claras através de marcadores visuais e instruções claras. O incremento destas ferramentas no ambiente de trabalho culminou com uma redução de aproximadamente 58% no tempo de *setup*.

Uma empresa da indústria alimentar numa perspetiva de implementar melhorias no processo produtivo de embalagem do produto final, realizou uma análise criteriosa do desempenho das máquinas associadas a esse momento, com recurso aos indicadores OEE, *Mean Time Between Failures* (MTBF) e *Mean Time to Repair* (MTTR). Atendendo aos resultados obtidos, a empresa decidiu implementar a metodologia SMED, por forma a tentar ultrapassar estas dificuldades. Em conseqüência do processo, como resultado final, a empresa obteve uma redução dos tempos de *setup* até um valor de 26.5% e conseqüentemente a produtividade melhorou devido ao aumento da disponibilidade das máquinas, assim como a flexibilidade da produção (Lozano et al., 2017).

Uma metalomecânica, situada no Brasil, tem como atividade principal a produção de moldes, no entanto, apresentava máquinas com baixa capacidade produtiva em conseqüência dos altos tempos de *setup*. Com o objetivo de aumentar a disponibilidade das máquinas, ou seja, reduzir o tempo associado aos *setups*, a empresa utilizou o SMED, que conseqüentemente reduziu os tempos de troca de ferramentas entre 71% a 88%, assim como possibilitou a redução de até 81% da pegada de carbono resultante destes intervalos de tempo de inoperação (Leme et al., 2018).

Localizada na Índia, uma indústria produtora de peças mecânicas para a *Hero Moto Corporation* apresenta uma grande ineficiência operacional nos momentos de *setup*, devido aos elevados tempos de paragem da produção nestes instantes. Assim sendo, a empresa implementou a ferramenta SMED, com o intuito de reduzir os intervalos de tempo utilizados para estas atividades de troca de ferramentas, promovendo uma maior produtividade da linha de produção e conseqüentemente aumentar o OEE da mesma. Desta forma, ocorreu uma redução de 42 minutos no período de *setup* e um aumento de 4% do OEE da linha de produção (Singh et al., 2018).

Lozano et al. (2019), perante uma indústria alimentar destabilizada, iniciou o processo de redução dos tempos de *setup* através da padronização e estabilização dos parâmetros operacionais nas respetivas linhas de produção, com recurso à ferramenta *Centerlining*, após a implementação de um ambiente industrial mais controlado e estável, favorável à rápida troca de ferramentas, foi então aplicado o SMED nas quatro linhas de produção (A, B, C e D). Após este procedimento, a redução do tempo de *setup* nas quatro linhas fixou-se no intervalo de 45% a 55%. A título de verificação, foi simulado o processo sem a ferramenta *Centerlining*, e os resultados reduziram para um intervalo entre 30% e 40%.

Uma empresa focada na produção de perfis metálicos estruturais de perfilagem a frio apresentava lacunas ao nível do OEE, uma vez que era uma área com várias máquinas de produção, mas em todas, este indicador de desempenho oscilava entre os 50% e os 60%, valor bastante inferior ao padrão da classe mundial, 85%. Posto isto, Vieira, et al. (2019), de forma a aumentar a disponibilidade e o desempenho das máquinas, e conseqüentemente maximizar o OEE das mesmas, implementou o SMED. A utilização desta ferramenta de melhoria provocou um aumento médio de 11% no OEE geral e uma redução média de 20% no tempo de *setup*.

Analisando pequenas e médias empresas no Brasil, dedicadas à produção de componentes para automóveis, empresa A, serviços de pintura, empresa B e peças para máquinas no geral, empresa C, Dresch et al. (2019), constatou que estas empresas enfrentam muitas dificuldades em manter uma competitividade elevada relativamente ao mercado global. Sendo que o motivo está relacionado com a escassez de recursos, baixo nível de qualificação dos operadores e falta de conhecimento de técnicas associadas à filosofia *Lean* e ao TPS. Posto isto, por forma a reduzir os tempos ociosos em virtude dos *setups* e conseqüente aumentar a produtividade, foi implementado o SMED, cuja utilização resultou numa redução de 62,5% no período dedicado à troca de ferramentas e um aumento do OEE em cerca de 40% na empresa B e 66% na empresa A.

Maalouf & Zaduminska (2019), foram expostos a problemas relacionados com o tempo excessivo despendido nos *setups* numa empresa do setor de processamento alimentar. Esta indústria era caracterizada por trocas frequentes de moldes e os respetivos ajustes das máquinas, desse modo era imperativo agir sobre este problema. Posto isto, com o auxílio do VSM, utilizado para mapear o estado inicial dos procedimentos associados ao *setup* e protagonizar ajustes no fluxo da produção, foi implementada a ferramenta SMED. Após todo o processo, foi obtida uma redução de 34% nos tempos de inatividade da produção dedicados ao *setup*, a produção aumentou em 11% e foi eliminada a necessidade de trabalhadores sazonais.

Este caso de estudo incidiu sobre nove empresas localizadas na região de Chennai, Índia, que operavam em diferentes áreas indústrias, dentro das quais a maquinagem, conformação de chapas metálicas e forjamento. Sendo que a relação entre elas derivava de um cliente em comum, que produzia equipamentos agrícolas, mercado altamente competitivo e exigente. No entanto, estas pequenas e médias empresas apresentavam baixa eficiência operacional, atrasos nas entregas e elevados desperdícios de recursos, situações resultantes de vários problemas operacionais, dentro dos quais o elevado tempo de troca de ferramentas. Posto isto, uma das ferramentas de melhoria utilizadas foi o SMED, proporcionando uma redução de 64% no tempo de *setup*, assim como o aumento da disponibilidade das máquinas, flexibilidade produtiva e a produtividade (Ramakrishnan et al., 2019).

Localizada no Peru, uma empresa produtora de Polipropileno Biorientado utilizado em embalagens alimentares, era caracterizada pela dificuldade em corresponder à exigência do mercado, no âmbito do prazo de entregas e na reduzida eficiência operacional. Estas dificuldades eram consequências, sobretudo, de tempos excessivos de inatividade da produção, associados a transições entre produções, momento de troca de ferramentas, e manutenções não programadas. Com o objetivo de reduzir estes tempos improdutivos, aumentar o valor do OEE, fixado nos 76,61%, e consequentemente maximizar a produtividade e os lucros, foi implementado o SMED, cujas alterações resultaram numa redução de 36% no período de *setup* e um aumento do OEE para aproximadamente 86% (Poves-Calderno et al., 2019).

Pereira et al. (2019), na presença de um fabricante de moldes para injeção de plástico, caracterizado por possuir elevados tempos de *setup*, sendo que estes tempos consequentemente provocam atrasos nas entregas e reduzem a produtividade do sistema, decidiu implementar a ferramenta SMED, com o intuito de reduzir estes tempos de inatividade da produção, fator que sequencialmente aumenta os indicadores de desempenho. Como resultado final deste processo de melhoria, o tempo de *setup* obteve uma redução média compreendida no intervalo entre os 40% e os 60%, situação dependente do tipo de moldes a serem trocados, assim como o OEE aumentou 15%.

Vieira et al. (2020), perante uma empresa dedicada à produção de tubos de alumínio para sistemas de ar condicionado de automóveis, localizada em Portugal, decidiu implementar a metodologia SMED, pois a indústria possuía problemas ao nível dos tempos elevados associados ao *setup*, sendo que grande parte desse procedimento era executado com a produção parada, e aos grandes desperdícios de material resultantes do desgaste das máquinas provocado por erros no processo de troca de ferramentas. Posto isto, em consequência das medidas de melhoria implementadas, no final de todo o processo foi obtida uma redução de 38% no tempo total de *setup*, mas ainda mais importante foi a redução em 53% do tempo despendido para atividades internas no processo de troca de ferramentas.

A empresa Amorim Revestimentos, dedicada à produção de revestimentos de paredes ou pavimentos em cortiça, tem como foco atingir a excelência, desta forma através da análise continua do processo de produção identificou que os *setups* e as falhas mecânicas representavam 62% das interrupções na produção contínua. Assim sendo, foi implementada a ferramenta SMED, cuja teve como consequência o aumento do tempo total de *setup* de 64

minutos para 66 minutos, no entanto, o número de trabalhadores envolvidos neste processo passou de três para dois, libertando um operador para outra função (Silva et al., 2020).

Numa análise descrita por García-Alcaraz et al. (2021), sobre uma produção industrial localizada no México, focalizada essencialmente na montagem e manufatura de produtos exportados nos setores automóvel, eletrônico e médico. Nesta indústria foram identificados problemas ao nível dos elevados tempos de *setup*, e por forma a corrigir os mesmos, implementaram o SMED, contribuindo para uma redução de 21% dos custos de produção, devido à diminuição do tempo de inoperação da linha de produção, assim como o aumento em 22% das receitas associadas a esta indústria, em consequência do aumento da capacidade de resposta às exigências do mercado.

Com vista ao aumento da eficiência na troca de ferramentas numa indústria de cablagens elétricas, caracterizada pela produção de uma grande variabilidade de produtos, onde está implementado um ambiente de produção *Just in Time* (JIT), foi aplicada a metodologia SMED. Após as alterações impostas por esta ferramenta, foram obtidas reduções na ordem dos 20% nas trocas mais críticas e eficiências superiores a 90% nos operadores mais experientes, no entanto do ponto de vista negativo, os operadores menos experientes registaram perdas de 15% relativamente aos resultados esperados, obrigando a mais ações de formação (Ruppert et al., 2021).

Numa empresa dedicada à termoformagem de plásticos, especializada na produção de peças para refrigeradores e congeladores, foram identificadas algumas lacunas no processo de *setup*. Dentro das quais a limitação do número de operadores utilizados no processo de troca de ferramentas e a falta de padronização das etapas associadas ao *setup*, que conseqüentemente provocam tempos elevados nestes momentos de mudança. Desta forma, para tentar solucionar estes problemas, a empresa implementou a ferramenta SMED, cuja teve como consequência resultados muito positivos, pois com o aumento do número de trabalhadores convocados para este processo e com a padronização e otimização das tarefas associadas ao mesmo, ocorreu uma redução de 81% no período de *setup* (Parwani & Hu, 2021).

Perante problemas de ineficiência operacional, visto que o OEE associado a uma empresa de extrusão de alumínio, localizada na Palestina, era aproximadamente de 65%. Haddad et al. (2021), implementou o SMED com o objetivo de aumentar a disponibilidade do sistema produtivo, através da redução do tempo de *setup*, e conseqüentemente aumentar o OEE da produção. Concluído este processo, a indústria obteve uma redução do *setup* em 57%, no entanto, o OEE continua abaixo do valor padrão, os 85%, fixando-se nos 69%.

Um estudo realizado na Universidade de Estrasburgo, pretendia desenvolver uma impressora 3D com os parâmetros associados à produtividade maximizados. No entanto, foram identificados potenciais problemas, como o entupimento dos bicos que conseqüentemente provoca a paragem da produção para substituição dos mesmos, ou seja, tempo dedicado ao *setup*. Atendendo a esta limitação, implementaram o SMED ainda no processo de *design*, e a solução passou por realizar a adição de um segundo bico para produção e uma zona de manutenção automática, assim aquando do entupimento de um dos bicos, a produção não era

interrompida. Ou seja, ao nível do *setup*, o período de troca de bico de produção foi eliminado, passando para uma atividade externa (Slim et al., 2021).

Kose et al. (2022), perante uma fornecedora, fixada na Turquia, de produtos como válvulas de segurança para aquecedores a gás, identificou dois problemas distintos que influenciavam negativamente a produção. Sendo eles, os grandes intervalos de tempo dirigidos aos *setups* e a exposição dos operadores a fatores ergonómicos críticos. Posto isto, fez uso da metodologia SMED e do método *Interval Valued Pythagorean Fuzzy* (IVPF), para atuar sobre estes problemas, respetivamente. Relativamente aos resultados finais obtidos, a empresa viu os tempos de *setup* serem reduzidos em 58% e os riscos associados a fatores ergonómicos minimizados em 19%.

Uma fábrica portuguesa dedicada à produção de molas de aço, possui um ambiente de trabalho orientado para a melhoria contínua, e deste modo, perante as sucessivas ações de melhoria deparou-se com um desafio no âmbito dos tempos de *setup*, cujos eram vistos como muito elevados, afetando a eficiência global do fluxo de produção. Com vista a melhorar estes indicadores, a empresa implementou a ferramenta *Ergonomic Single Minute Exchange of Die* (ESMED), modelo inovador que integra os princípios do SMED com a análise ergonómica, com isto, contribuiu com uma redução do tempo global de *setup* de 52 minutos para 23 minutos, a produção mensal aumentou 26.4% e minimizou riscos de distúrbios musculoesqueléticos associados às tarefas críticas, estes que passaram de níveis de risco crítico para tolerável (Afonso et al., 2022).

Perante uma empresa com atividade na área da personalização de óculos, caracterizada pela dependência do trabalho humano especializado, Fonda & Meneghetti (2022), aplicaram a ferramenta SMED com o objetivo de reduzir os tempos de paragem da produção sempre que é necessário executar a troca de ferramentas, assim como minimizar os riscos ergonómicos associados ao trabalho dos operadores. Desta forma, os resultados obtidos deste processo evidenciam uma redução de 44% do tempo de *setup*, assim como uma redução acentuada do cansaço e riscos de lesão nos operadores.

Santos et al. (2022), apresenta uma análise à implementação da ferramenta SMED, que comprova a adaptabilidade da mesma a diversas situações. Neste caso, foi adaptada a operações de calibração na *Machine Tolerance Check* (MTC), porque estas operações possuíam uma alta frequência e duração das paragens para ajuste das máquinas. Após implementação dos procedimentos associados ao SMED, o tempo de calibração foi reduzido em 31%, passando dos 1065 minutos utilizados para calibração durante um mês para os 730 minutos, no mesmo intervalo de tempo. Este resultado proporcionou um aumento da disponibilidade dos equipamentos de calibração, que consequentemente influenciou positivamente os valores de eficiência do processo.

Com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva, uma empresa de Minas Gerais, no Brasil, especializada no processamento, embalagem e distribuição de produtos alimentares, definiu como área suscetível a melhorias o momento de *setup* no embalamento, transição de latas de 10kg para 30kg, ou vice-versa, devido aos elevados tempos de paragem da produção e desorganização do processo. Este procedimento de melhoria teve como base a implementação do SMED, auxiliado por ferramentas *Lean*, cuja combinação resultou numa redução significativa

de 30% no tempo total de *setup*, assim como no aumento de 14% da capacidade produtiva mensal de feijão (Ribeiro et al., 2022).

A empresa sujeita à aplicação da ferramenta SMED por parte de Junior et al. (2022), apesar de integrar uma estratégia de melhoria contínua, era caracterizada por possuir um baixo OEE, cerca de 56%, e altos tempos de *setup*, resultantes de desperdícios operacionais. Sendo que a empresa analisada estava associada à produção de componentes de grande precisão, como válvulas ou elementos para a exploração de petróleo, com recurso à maquinagem. Implementado o SMED, existiu uma redução de aproximadamente 91% do período de *setup* e uma melhoria do OEE para 81%.

Uma fábrica localizada em South Yorkshire, no Reino Unido, está associada à indústria alimentar, sendo que a atividade da mesma é a produção de refeições prontas. Para além do processo de melhoria contínua aplicado pela empresa, a análise de dados associados aos tempos de paragem para trocas de ferramentas, demonstraram que os mesmos eram muito elevados, assim como os indicadores de desempenho, como o OEE fixado nos 60%, indicavam que existiam muitos desperdícios, e conseqüentemente a empresa apresentava prejuízos diários a rondar as £3000. De forma a tentar resolver a situação, a empresa implementou o SMED associada a outros princípios *Lean*, obtendo no final do processo uma redução de 30% nas paragens para troca de ferramentas e um aumento de 11% no OEE (Garcia-Garcia et al., 2022).

Kiris et al. (2023), perante uma linha de injeção de moldes da indústria de peças automóveis, numa empresa na Turquia, cujo tempo inicial de *setup* era de 45 minutos, implementou a ferramenta SMED. A aplicação desta ferramenta traduziu-se numa redução do tempo de *setup* na ordem dos 40%, passando para 26 minutos, sendo que estes resultados se traduziram numa redução de 5 segundos no tempo de ciclo e na configuração de uma linha de montagem mais eficiente.

A produção de permutadores de calor por parte de uma empresa italiana, é caracterizada por uma grande variabilidade de modelos, ou seja, é uma produção sujeita a muitos *setups*. Deste modo, a empresa procedeu a uma análise geral de todo o processo de produção e identificou a máquina de fuso vertical como o posto que comprometia o OEE do mesmo. De forma a contrariar estas dificuldades, implementaram o SMED, cuja ação resultou na redução do tempo total de *setup* em 74%, conseqüentemente o OEE aumentou significativamente, uma vez que a empresa aumentou a capacidade produtiva e minimizou o tempo consumido nas paragens (Braglia, Di Paco, Frosolini, et al., 2023).

Localizada no Brasil, uma empresa da indústria de bebidas responsável por todo o processo que envolve o engarrafamento, apresentava problemas ao nível dos tempos despendidos no *setup* na linha de maior produtividade, afetando conseqüentemente a disponibilidade da mesma para corresponder à procura. Com vista a aumentar os indicadores de desempenho, como o OEE, a empresa implementou o SMED, atuando sobretudo no posto gargalo identificado, a rotuladora. Em consequência deste processo de melhoria, o tempo de *setup* na rotuladora reduziu 87% e houve uma redução de 52 minutos no tempo global da linha, nesse mesmo processo de troca de ferramentas (Pacheco & Heidrich, 2023).

Toki et al. (2023), perante dificuldades de eficiência produtiva devido aos elevados tempos de *setup*, numa das indústrias responsáveis pela produção de vestuário para marcas como ZARA, H&M e Walmart, decidiu implementar a ferramenta de melhoria que incide sobre estes tempos de inatividade, ou seja, o SMED, tentando desta forma aumentar os indicadores de desempenho e consequentemente corresponder ao mercado de procura. Como resultado final, após a implementação desta ferramenta, a empresa conseguiu reduzir em média 1 hora e 30 minutos o tempo de inatividade das linhas de produção nos momentos de *setup*, assim como aumentar a eficiência média produtiva de 20% para 46%.

O setor automóvel é associado a diversos tipos de indústria, atendendo há grande diversidade de elementos que constituem os mesmos. Focando numa indústria responsável pela produção de componentes soldados, no decorrer das iniciativas de melhoria contínua, foram analisados os tempos associados ao *setup* de três linhas de produção distintas, sendo identificada uma como o gargalo da produção. Posto isto, com o objetivo de aumentar a produtividade, a empresa implementou o SMED nesta linha de produção, obtendo uma redução de 36% no tempo despendido no *setup* (Oliveira & Lima, 2023).

Fixada no México, uma empresa focada na produção de carroçarias para autocarros e posterior montagem, apresentava grandes dificuldades no momento de troca do modelo de autocarro a produzir, situação comprovada pelos altos tempos associados ao *setup*, consequentes da falta de planeamento destes momentos, cujo era realizado de forma empírica. Com o objetivo de ultrapassar estas dificuldades, foi implementada a ferramenta SMED na empresa, sendo que os resultados foram extremamente promissores, uma vez que o tempo de *setup* foi reduzido em aproximadamente 56% (Juárez-Vite et al., 2023).

Niekurzak et al. (2023), face a uma estratégia de melhoria contínua num processo de montagem de faróis numa indústria automóvel, caracterizada pela operação em linhas de produção automatizadas e semiautomatizadas, incidiu com a aplicação da metodologia SMED sobre os tempos de *setup*, com o propósito de aumentar a eficiência operacional da produção e reduzir desperdícios. Terminado o processo de melhoria, também com o recurso a ferramentas auxiliares ao SMED, ocorreu uma redução de 38% no tempo utilizado para troca de ferramentas entre ordens de produção.

Com produção no setor da etiquetagem e impressão, a *Trim Ltd*, sediada na Sérvia, tinha nos ideais da empresa implementada uma estratégia de melhoria contínua, ou seja, procurava de forma constante aprimorar a eficiência operacional, e para tal, implementou a ferramenta SMED, por forma a reduzir desperdícios resultantes de elevados tempos de paragem para troca de ferramentas e aumentar a produtividade da empresa. Em virtude da aplicação desta ferramenta, auxiliada por outras técnicas e ferramentas associadas ao *Lean*, a empresa obteve uma redução de 50 minutos para 34 minutos no período de *setup* e um aumento de aproximadamente 3% no indicador de desempenho OEE (Nikolić et al., 2023).

Uma empresa focada na indústria do vestuário, localizada no Bangladesh, possui uma grande variedade de produtos, no entanto, possui uma baixa eficiência operacional, resultante principalmente dos elevados valores temporais envolvidos na troca de ferramentas e da desorganização operacional. Posto isto, a empresa com vista a corresponder à alta procura e

diversidade da mesma, implementou a metodologia SMED, culminando assim numa redução na ordem dos 55% dos tempos de *setup*, melhoria da organização empresarial e aumento da eficiência de trabalho (Mohammad et al., 2024).

Ali et al. (2024) confrontado com duas empresas (X e Y) do Bangladesh, focalizadas na produção de vestuário, optou por implementar o SMED para redução dos tempos de troca de ferramentas. Isto porque na empresa X existia uma enorme dificuldade em corresponder à produção de pequenos lotes e grande variedade de produtos. Somado ao problema de produção de pequenos lotes, a empresa Y não conseguia corresponder ao volume de produção exigido, atendendo à elevada procura existente. Posto isto, o recurso ao SMED culminou numa redução de 70% do tempo de *setup* na empresa X, aumentando assim a flexibilidade e redução do tempo de inatividade da produção, e uma redução a rondar os 42% no caso da empresa Y, aumentando assim a capacidade da empresa em corresponder à elevada procura.

Um estudo realizado numa fábrica na Índia, com atividade direcionada para a produção de componentes elétricos, como alternadores e motores de arranque, cuja apresenta uma elevada taxa de procura na Europa e Ásia, no entanto, devido a altos tempos de paragem da produção para troca de ferramentas e falta de padronização e otimização dos processos, a empresa não conseguia corresponder à procura. Deste modo, foi aplicado o SMED, em conjunto com outras ferramentas auxiliares, com o objetivo de reduzir os tempos de *setup* e conseqüentemente aumentar a produtividade. Objetivo esse que foi atingido, uma vez que em ambas as máquinas, A e B, consideradas os postos gargalos, existiu uma redução em 76% e 86% do tempo dedicado ao *setup*, respetivamente (Kamala et al., 2024).

### **2.3.2. Impacto do SMED na Sustentabilidade**

A implementação do SMED é transcendente a uma simples utilização de uma ferramenta de melhoria, pois está diretamente associada a uma estratégia sustentável. Uma vez que ao equilibrar a eficiência produtiva, responsabilidade ambiental e conforto social, associa-se aos modelos de gestão sustentável, como a Gestão *Lean*, Economia Circular ou Sustentabilidade Organizacional (Toki et al., 2023).

No seguimento dos dois grandes tópicos abordados neste capítulo, a Sustentabilidade e a ferramenta SMED, com o recurso aos casos de estudo analisados anteriormente, foi desenvolvida a Tabela 2. Nesta, foram descritos os impactos identificados resultantes da aplicação do SMED, no âmbito das três dimensões da Sustentabilidade (ambiental, económico e social).

Tabela 2 - Impacto na Sustentabilidade dos casos de estudo dos artigos analisados

Referência	Impacto na Sustentabilidade		
	Ambiental	Económico	Social
(Braglia et al., 2016)	Redução de desperdício de material e consumo de energia devido à eliminação dos ciclos de teste.	Aumento da produtividade; Redução dos custos associados à inatividade das máquinas.	Melhoria das condições de trabalho com sistemas de apoio mais intuitivos; Simplificação dos processos; Disponibilização de formações.
(Rosa et al., 2017)	Redução do consumo energético durante as paragens.	Aumento da eficiência produtiva; Menor custo em mão de obra especializada; Redução dos custos envolvidos em atividades que não geram valor para o cliente; Aumento da flexibilidade na produção.	Aumento da capacidade dos operadores; Minimização da dependência de terceiros; Melhoria das condições de trabalho em termos de organização; Redução de deslocações; Ambiente de trabalho mais colaborativo.
(Lozano et al., 2017)	Minimização de desperdício de material; Redução do consumo de energia devido aos tempos de paragem mais reduzidos.	Aumento das receitas em consequência do aumento da produtividade; Redução dos custos operacionais associados à inatividade das máquinas.	Melhoria das condições de trabalho com a integração das ferramentas de auxílio aos operadores; Melhoria das capacidades dos operadores.
(Leme et al., 2018)	Redução de 81% das emissões GEE durante o setup; Redução do consumo de energia.	Aumento da produtividade; Redução dos custos operacionais resultantes dos períodos de inatividade da produção.	Melhoria do ambiente e condições de trabalho.
(Singh et al., 2018)	Menor consumo de energia nos períodos de paragem da produção; Minimização do desperdício de material.	Redução dos custos envolvidos na paragem da produção; Aumento da disponibilidade das máquinas; Aumento da produtividade; Melhorias da linha de produção sem investimento adicional significativo.	Melhoria das condições de trabalho; Envolvimento dos operadores; Aumento das capacidades dos operadores.
(Lozano et al., 2019)	Redução do desperdício de material; Minimização do consumo de energia no período de inatividade; Prolongamento da vida útil das máquinas.	Redução dos custos operacionais envolvidos no <i>setup</i> ; Redução dos custos provocados pelas reparações das máquinas; Aumento da produtividade.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento das capacidades e independência dos operadores; Processos de trabalho mais simples e fiáveis.
(Vieira T. et al., 2019)	Redução do consumo de energia; Minimização dos resíduos resultantes de uma produção pouco eficiente.	Aumento da produtividade do sistema de produção; Redução dos custos associados às ações que não incrementam valor.	Melhoria das condições de trabalho; Envolvimento dos operadores; Aumento das capacidades dos operadores.
(C, Dresch et al., 2019)	Redução de desperdícios; Aumento da eficiência no uso da matéria-prima;	Aumento da produtividade; Redução de custos associados às paragens excessivas; Aumento da capacidade de competir.	Aumento das capacidades das equipas de trabalho; Ambiente de trabalho mais seguro e organizado; Maior satisfação dos operadores.

Impacto na Sustentabilidade			
Referência	Ambiental	Económico	Social
(Maalouf & Zaduminska, 2019)	Redução de desperdícios; Melhor gestão da matéria-prima e embalagens.	Aumento da produtividade; Redução de custos operacionais com a eliminação dos trabalhadores sazonais.	Melhores condições de trabalho; Ambiente de trabalho mais organizado; Formação contínua; Estabilidade no trabalho com a eliminação dos sazonais.
(Ramakrishnan et al., 2019)	Redução de desperdício de recursos durante o <i>setup</i> ; Menor consumo de materiais.	Aumento da produtividade; Minimização dos custos associados à inatividade da linha de produção; Maior rentabilidade.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento da satisfação dos operadores; Aumento da capacidade dos operadores.
(Poves-Calderno et al., 2019)	Redução do consumo de energia; Redução da produção de resíduos; Maior eficiência na utilização da matéria-prima.	Aumento da receita proveniente da produção; Redução de penalidades; Redução dos custos operacionais; Aumento da produtividade.	Redução do esforço operacional; Melhoria das condições de trabalho; Aumento da capacidade dos operadores; Aumento da satisfação dos trabalhadores.
(Pereira et al., 2019)	Redução da produção de resíduos; Melhor gestão dos recursos.	Aumento significativo da produção; Redução dos custos operacionais relacionados com os momentos de paragem da produção.	Melhoria das condições de trabalho; Envolvimento das equipas de trabalho; Maior conhecimento por parte dos operadores; Equipas de trabalho mais especializadas.
(Vieira et al., 2020)	Redução do consumo de energia; Minimização do desperdício de material; Redução dos consumos resultantes do retrabalho.	Minimização dos custos associados aos tempos de paragem; Aumento da produtividade; Redução dos custos com desperdício e retrabalho.	Melhoria das condições de trabalho; Promover o envolvimento dos operadores; Aumento das capacidades dos operadores.
(Silva et al., 2020)	Redução dos desperdícios de material e consumo de energia.	Aumento da eficiência da linha de produção; Redução dos custos envolvidos no período de inatividade da linha de produção; Redução dos custos de mão de obra no momento do <i>setup</i> ; Aumento da flexibilidade operacional; Aumento da produtividade.	Valorização dos trabalhadores; Melhoria da organização do ambiente de trabalho; Padronização das atividades; Aumento da colaboração entre trabalhadores; Desenvolvimento das competências dos operadores.
(García-Alcaraz et al., 2021)	Minimização dos desperdícios de material; Redução do consumo de energia.	Redução de 21% nos custos operacionais; Aumento de 22% nas receitas da produção.	Aumento das competências dos operadores; Aumento da motivação dos colaboradores.
(Ruppert et al., 2021)	Menor consumo de energia; Redução do desperdício de material.	Aumento da produtividade num valor máximo de 15%.	Aumento da equidade da equipa com formações; Melhoria da comunicação entre equipa; Ambiente de trabalho mais colaborativo; Redução do desgaste físico e mental dos operadores.

Referência	Impacto na Sustentabilidade		
	Ambiental	Económico	Social
(Parwani & Hu, 2021)	Utilização mais eficiente dos recursos energéticos e materiais; Redução de desperdícios.	Minimização dos custos associados aos tempos de paragem; Aumento da produtividade com custos reduzidos.	Melhoria das condições de trabalho; Ambiente de trabalho mais colaborativo; Aumento das capacidades dos operadores.
(Haddad et al., 2021)	Menor consumo de energia; Redução de desperdícios de material.	Redução de custos associados aos tempos de paragem para <i>setup</i> ; Aumento da capacidade produtiva.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento da rapidez de resposta à procura dos clientes; Formação dos trabalhadores.
(Slim et al., 2021)	Redução de resíduos; Menor consumo de energia.	Aumento da produtividade; Redução de custos.	Maior segurança no trabalho; Melhor organização no ambiente de trabalho.
(Kose et al., 2022)	Otimização do consumo de energia e materiais; Minimização de produção de resíduos, provenientes de erros.	Redução dos tempos improdutivos; Aumento da eficiência operacional; Redução dos custos operacionais associados aos tempos de paragem; Aumento da disponibilidade das máquinas de produção.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento da motivação e produtividade; Envolvimento dos operadores; Redução da inoperação dos trabalhadores.
(Afonso et al., 2022)	Redução do consumo de energia, uma vez que o tempo de inoperação das máquinas reduziu;	Aumento de 26,4% na produção mensal; Redução dos custos associados a tempos de paragem.	Aumento das competências dos operadores; Aumento da motivação dos colaboradores; Redução dos riscos ergonómicos.
(Fonda & Meneghetti, 2022)	Menor consumo de energia; Minimização de desperdícios com a otimização de processos.	Redução dos períodos improdutivos; Aumento da produtividade; Maximização da eficiência e redução dos custos.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento da motivação e compromisso; Aumento da capacidade dos operadores.
(Santos et al., 2022)	Otimização do uso de energia; Redução do desgaste dos equipamentos.	Redução de custos de inatividade e desperdício de tempo; Aumento da produtividade sem investir em máquinas novas; Redução de custos associados ao erro.	Melhoria das condições de trabalho; Redução das deslocações; Melhorias ergonómicas do processo; Simplificação dos processos com novas ferramentas.
(Ribeiro et al., 2022)	Menor consumo de energia; Otimização do uso dos recursos.	Redução dos custos envolvidos na produção, devido à redução das horas extra necessárias; Baixo custo das melhorias implementadas; Aumento da produtividade.	Envolvimento dos operadores; Melhores condições de trabalho; Procedimentos mais padronizados; Trabalhadores com maiores capacidades.
(Junior et al., 2022)	Menor consumo de energia associado à interrupção da produção; Minimização dos resíduos resultantes de erros.	Aumento da capacidade produtiva; Redução de custos operacionais associados a atividades que não geram valor para o cliente; Baixo investimento nas melhorias implementadas.	Melhoria das condições de trabalho; Aumento da capacidade dos operadores.

Referência	Impacto na Sustentabilidade		
	Ambiental	Económico	Social
(Garcia-Garcia et al., 2022)	Redução do desperdício de energia; Minimização do consumo de materiais durante o <i>setup</i> .	Aumento da produtividade; Redução dos custos operacionais com atividades que não geram valor; Uso mais eficiente dos recursos.	Maior envolvimento dos operadores; Procedimentos mais claros e otimizados; Melhoria das condições de trabalho.
(Kiris et al., 2023)	Redução do consumo energético durante a paragem das máquinas; Menor desgaste dos equipamentos; Redução do desperdício de material; Consumo de energia mais eficiente.	Redução dos custos envolvidos na inatividade das máquinas; Aumento da produção média; Redução de valor preso em armazém.	Eliminação de movimentações desnecessárias; Equilíbrio de tarefas entre operadores; Valorização dos operadores.
(Braglia et al., 2023)	Redução do consumo energético nos momentos de inatividade das máquinas; Minimização do desperdício de materiais.	Redução dos custos operacionais no período de inatividade; Aumento da competitividade no mercado; Aumento da produtividade.	Melhoria das condições ergonómicas dos operadores; Aumento da satisfação das equipas com a simplificação do trabalho; Aumento da capacidade dos operadores com formações.
(Pacheco & Heidrich, 2023)	Redução de desperdícios; Redução dos consumos de energia e materiais; Aumento da eficiência na utilização dos recursos.	Aumento da disponibilidade da linha de produção; Aumento da produtividade; Melhoria na eficiência do uso de recursos; Redução dos custos associados aos tempos de paragem.	Envolvimento dos operadores nos projetos de melhoria; Melhores condições de trabalho; Aumento das capacidades dos operadores.
(Toki et al., 2023)	Menor consumo de energia; Redução do desperdício de material.	Aumento da produtividade; Minimização dos custos envolvidos nas paragens de produção.	Envolvimento dos operadores; Melhoria das condições de trabalho; Aumento da capacidade dos trabalhadores.
(Oliveira & Lima, 2023)	Menor consumo de energia; Redução do desperdício de recursos.	Redução dos custos operacionais associados às paragens de produção; Aumento da eficiência na produção; Melhoria da qualidade dos produtos, resultante da otimização dos processos.	Ambiente colaborativo na empresa; Operadores com maiores capacidades; Melhorias nas condições de trabalho.
(Juárez-Vite et al., 2023)	Redução do desperdício de energia; Menor produção de resíduos; Maior eficiência do processo produtivo, provoca menores emissões de carbono.	Minimização dos custos associados aos períodos de paragem da produção; Aumento da disponibilidade das máquinas; Aumento da eficiência do processo de produção; Maior capacidade para corresponder à procura; Baixo investimento nas melhorias efetuadas.	Envolvimento dos operadores no processo de melhoria; Melhoria das condições de trabalho; Operadores com maiores capacidades.

Referência	Impacto na Sustentabilidade		
	Ambiental	Económico	Social
(Niekurzak et al., 2023)	Redução do consumo de energia nos momentos de paragem; Otimização do consumo de recursos.	Aumento da produtividade; Minimização dos custos associados à inatividade da linha de produção; Melhoria da eficiência operacional.	Processos mais claros para os operadores; Melhoria das condições de trabalho; Envolvimento dos operadores; Operadores com maiores capacidades.
(Nikolić et al., 2023)	Otimização do uso de recursos; Redução do consumo de energia e materiais durante os tempos de paragem.	Redução de custos com paragens e desperdícios; Aumento da produtividade; Maximização da disponibilidade das máquinas; Aumento da flexibilidade da produção.	Maior capacidade dos operadores; Melhores condições de trabalho; Promover o envolvimento dos operadores nos processos de melhoria; Aumento da satisfação dos operadores.
(Mohammad et al., 2024)	Diminuição do desperdício dos recursos; Melhor utilização dos materiais e energia.	Redução dos tempos de inatividade da produção; Maior produtividade sem investimentos avultados.	Processos mais claros para os operadores; Melhoria das condições de trabalho; Ambiente de trabalho mais colaborativo; Aumento da capacidade dos operadores.
(Ali et al., 2024)	Redução de desperdício de material no período de <i>setup</i> ; Otimização do uso de recursos.	Redução de custos operacionais associados aos períodos de inatividade; Maior eficiência na utilização dos recursos; Aumento da flexibilidade na produção.	Ambiente de trabalho mais organizado e previsível; Aumento das capacidades dos operadores.
(Kamala et al., 2024).	Redução do consumo de energia associado às paragens de produção; Processos mais eficientes com menor impacto ambiental.	Redução dos custos envolvidos nos desperdícios; Baixo investimento nas melhorias implementadas; Aumento da capacidade produtiva.	Aumento da capacidade dos operadores; Melhoria das condições de trabalho; Envolvimento dos operadores.

Posto isto, relativamente à análise da Tabela 2, foi possível identificar uma certa regularidade nos efeitos associados à aplicação do SMED, no contexto da Sustentabilidade. Em termos de responsabilidade ambiental, a redução do desperdício de energia no período de *setup* e a minimização de desperdícios resultante da otimização e padronização dos processos, foram as consequências mais vezes salientadas nos casos de estudo. Já sobre o domínio económico, a redução dos custos envolvidos no tempo de inatividade da produção, o aumento da produtividade e a melhoria dos indicadores de desempenho, foram as repercussões positivas mencionadas com mais frequência. Por fim, na esfera social, as ações implementadas nos diferentes casos de estudo, tiveram reflexo no crescimento das condições de trabalho, alargamento do envolvimento dos trabalhadores e consequente aumento da satisfação dos mesmos, e na melhoria das capacidades dos operadores.

Para atingir os resultados positivos descritos na análise dos casos de estudo, o SMED foi em todas as situações integrado com ferramentas associadas à filosofia *Lean*, TPS e/ou tecnologias

avançadas, como é possível analisar na Figura 4, cuja ilustra um gráfico representativo das ferramentas utilizadas em simultâneo com o SMED, com o objetivo de criar um sistema de gestão da produção altamente desenvolvido. A utilização do SMED é potencializada e aumentada substancialmente a eficácia do recurso a esta ferramenta, quando combinada com metodologias de melhoria continua, técnicas de programação de produção e soluções de automação, resultando assim num sistema de produção flexível e adaptado às exigências da indústria (Braglia, et al., 2023; Tortorella et al., 2021).

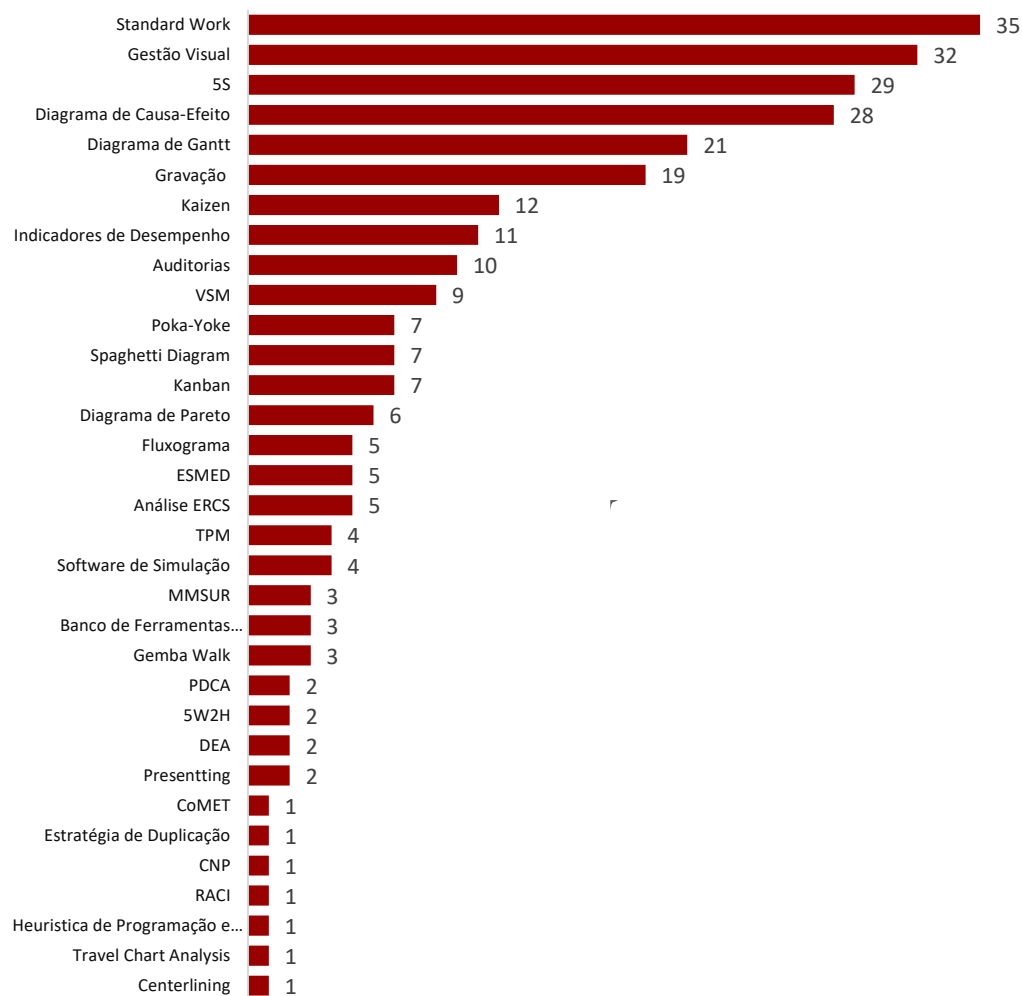


Figura 4 - Gráfico: Quantidade de utilizações das ferramentas em simultâneo com o SMED

Como resultado dos dados analisados na Figura 4, é imperativo afirmar que a associação do *Standard Work*, *Gestão Visual* e *5S* ao SMED é uma situação regular, visto que em aproximadamente 95% dos casos de estudo analisados, no caso do *Standard Work*, 86% relativamente à *Gestão Visual*, e 79% na associação ao *5S*, esta relação estava presente. Sendo estas ferramentas *Lean*, de acordo com A. M. Vieira et al. (2020), as que resultam em mais resultados positivos e de forma mais célere, com um menor investimento. Revelando-se deste

modo cenários extremamente vantajosos para a aplicação do SMED, pois no caso do *Standard Work*, a padronização dos procedimentos intrínsecos ao *setup* e a respetiva documentação disponível para os operadores, permite de forma natural que os mesmos sigam as instruções pré-definidas, reduzindo os desperdícios de tempo com origem nas dúvidas associadas aos procedimentos a seguir (A. M. Vieira et al., 2020). Relativamente à Gestão Visual, a utilização de sinais visuais, gráficos, e informações de trabalho e segurança com fácil acesso, reflete-se num ambiente de trabalho mais organizado e seguro, condições essenciais para a implementação do SMED e rápida adaptação dos operadores há mudança (Rosa et al., 2017). Enquanto o 5S assume-se como uma vantagem, em virtude da organização e padronização do ambiente de trabalho proporcionada pelos cinco princípios japoneses: *Seiri* (seleção), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina) (García-Alcaraz et al., 2021; Tripathi et al., 2022). Já com uma regularidade inferior a estes casos, mas ainda assim próxima, surge também com uma frequência de 76%, o Diagrama de Causa-Efeito. Sendo este uma mais-valia no processo de descrição do problema que incita os elevados tempos de *setup* e na identificação das respetivas causas principais e secundárias, através de uma representação esquemática de fácil e rápida interpretação, para posteriormente ser aplicado o SMED na resolução das mesmas (Patidar et al., 2024).

### 2.4. Balanceamento de Linha

O balanceamento de linha é amplamente aplicado em ambientes *Lean* e está fortemente alinhado com os seus princípios, nomeadamente com o nivelamento da produção, recorrentemente designado como *Heijunka*, e com a minimização dos desperdícios associados à descoordenação entre postos de trabalho (Carravilla, 1998; Coimbra, 2013). Recorrendo ao contexto prático abordado por (Coimbra, 2013), o valor ótimo para o *Work in Progress* (WIP) é alcançado quando para um determinado tempo de ciclo de trabalho, é obtido o menor número de postos de trabalho possível. Numa análise mais recente relativamente a este conceito, Petersen et al. (2025) evidenciaram que o *Line Balancing Problem* (LBP), de modo a estabelecer-se com os ideais atuais da indústria, evoluiu no sentido de considerar também os objetivos da Sustentabilidade. Enquanto Battaia & Dolgui (2022) destacam a associação do balanceamento de linha à resolução de problemas de planeamento, escalonamento e alocação de recursos, pois uma equipa de trabalho caracterizada por uma consistente equidade laboral, permite responder com maior flexibilidade às exigências dos mercados atuais.

### 2.5. Análise crítica da revisão bibliográfica

O desenvolvimento deste capítulo é de extrema importância para esta dissertação, pois é o momento em que o conteúdo mais relevante é sintetizado e incluído nesta nota de conclusão, através do qual foi desenvolvida uma *Framework*. Permitindo verificar se todos os objetivos propostos para a revisão bibliográfica foram cumpridos, e no âmbito do leitor, permite ao mesmo de forma espontânea e célere, consultar a temática do estudo e todos os pontos essenciais a reter que resultaram desta revisão da literatura.

Esta dissertação, associada ao plano de estudos do Mestrado de Engenharia Mecânica, com área de especialização em Gestão Industrial, teve como objetivo principal analisar o impacto da implementação do SMED na Sustentabilidade das empresas.

### 2.5.1. Conclusões da Revisão Bibliográfica

Esta revisão da literatura teve como objetivos principais perceber o modo de implementação da ferramenta SMED e no seguimento do processo, analisar o impacto da utilização desta ferramenta na Sustentabilidade das empresas. No entanto, a concretização deste objetivo derivou de uma abordagem sistemática, dividida em várias etapas.

Numa fase inicial, foi analisado do ponto de vista teórico o conceito de Sustentabilidade, com o recurso à investigação individualizada nos campos do pilar ambiental, económico e social. Seguidamente foi introduzida a componente teórica do SMED, assumindo-se como uma ferramenta desenvolvida por Shigeo Shingo, para revolucionar o mercado dominado pela produção em larga escala por parte dos EUA, cujo objetivo principal passou por minimizar os tempos de *setup*, essencialmente as tarefas internas, e consequentemente tornar as linhas de produção mais flexíveis, reduzir desperdícios e maximizar o valor entregue ao cliente. Posto isto, com o recurso à análise de diversos casos de estudo, foi possível concluir que o SMED é implementado em diversos contextos industriais, como o têxtil, manufatura, automóvel, alimentar, metalomecânica, entre outros. E foi com base no resultado final destes casos de estudo, que foi realizada a revisão da literatura sobre o impacto do SMED na Sustentabilidade das empresas. No âmbito da dimensão ambiental, a redução do consumo de energia no período de *setup* e a minimização de desperdícios, foram os impactos mais vezes destacados, assim como no caso do pilar económico, a redução dos custos associados ao tempo de inatividade da produção, o aumento da produtividade e a melhoria dos índices de desempenho foram as repercussões positivas mais frequentemente destacadas. Por fim, no círculo social, as diferentes ações implementadas, refletiram-se essencialmente na melhoria das condições de trabalho, no maior envolvimento dos trabalhadores, e consequentemente no aumento da satisfação e capacidade dos mesmos.

Numa última análise, ainda no âmbito dos casos de estudo, foi realizado um estudo relativamente às ferramentas de melhoria implementadas em simultâneo com o SMED, a partir do qual foi possível concluir que ferramentas associadas à filosofia *Lean* e ao TPS, como a Gestão Visual, 5S, Diagrama de Causa-Efeito ou Diagrama de *Gantt*, e ainda os Indicadores de Qualidade, são amplamente utilizadas, evidenciando a relevância das mesmas na obtenção de resultados mais promissores aquando da implementação do SMED.

Em virtude de todos os artigos inseridos nesta revisão da literatura, que permitiram atingir o objetivo proposto, foi desenvolvida uma análise de coocorrência das palavras-chave associadas aos artigos utilizados, com recurso ao *VOSviewer*, presente na Figura 5. Partindo para uma análise da mesma, é de realçar a grande ênfase ao SMED e à Sustentabilidade, assim como as inúmeras ligações diretas e indiretas existentes entre os dois, por meio de 31 *clusters*. Associado ao SMED está naturalmente a filosofia de gestão *Lean*, pois num processo de melhoria contínua



## 2.6. Framework

A revisão da literatura, fundamentada nas investigações e análises submetidas por vários autores, permitiu abordar diversas formas de implementação do SMED, assim como identificar os impactos mais comuns na Sustentabilidade das empresas resultantes das melhorias proporcionadas por esta ferramenta. Uma vez que o objetivo passa por implementar esta metodologia num ambiente fabril, com base na informação adquirida no seguimento deste processo de investigação, foi desenvolvida a *Framework* "SMED SUST3NTÁVEL", presente na Figura 6. Na qual foi inserido o Balanceamento de Linha, ferramenta responsável por solucionar a lacuna associada à taxa de ocupação dos operadores no período do *setup*, como identificado anteriormente. Esta representação esquemática pretende demonstrar a metodologia de trabalho a implementar na organização, mencionando os objetivos de cada etapa associada a processo, até ser obtido o pressuposto principal do projeto, ou seja, a otimização do *setup* da linha de engarrafamento e a análise do respetivo impacto na Sustentabilidade da empresa.



Figura 6 - Framework "SMED SUST3NTÁVEL"

## Revisão Bibliográfica

## 3. Diagnóstico do Processo Produtivo

Concluída a revisão da literatura, esta que permitiu, com o recurso a diversos casos de estudo e artigos científicos, reter informações e formas de implementação do SMED importantíssimas para a posterior aplicação prática no ambiente empresarial. Foi então neste capítulo realizada a descrição do processo prático colocado em exercício na Linha 23 do centro de engarrafamento Quinta de Santo António, propriedade da Symington Family Estates.

Por forma a descrever de forma organizada todos os pontos importantes para a interpretação e análise da componente prática desenvolvida, este capítulo está dividido em dois subcapítulos distintos. Numa fase inicial é realizada a apresentação do processo produtivo envolvido no projeto, assim como todos os postos de trabalho associados ao mesmo. No segundo subcapítulo é iniciada a interligação entre a revisão da literatura e a componente prática da dissertação, uma vez que é inicializada a implementação das ações identificadas na *Framework* desenvolvida, mais especificamente a elaboração do diagnóstico inicial.

### 3.1. Apresentação do Processo Produtivo

Este projeto de implementação da metodologia SMED incide sobre uma linha de engarrafamento, caracterizada pelo trabalho com diferentes variedades de vinho do Porto e vinho de consumo, ou seja, trata-se um tipo de produção com uma grande diversidade de produtos. Em consequência disto, surgem os *setups*, responsáveis pela adaptação de todas as máquinas da linha produtiva à garrafa a encher e encaixotar, uma vez que produtos diferentes são engarrafados e encaixotados com diferentes peças dentro das mesmas máquinas. Dentro deste contexto dos *setups*, dependendo das características das ordens de produção que se sucedem, ou seja, a que termina e a que inicia após a troca de ferramentas, a linha de produção tem associados diferentes tipos de *setup*, como estão definidos na Tabela 3. Sendo que este projeto incide apenas sobre o tipo 1, caracterizado por envolver a maior troca de peças e respetivas afinações existente, e ainda o *setup* de vinho. Período de aproximadamente 30 minutos no *setup* de vinho mais comum, associado há mudança entre vinhos do mesmo tipo, pois dentro da gama Vinho do Porto existem diversas variantes, assim como nos vinhos de consumo brancos e tintos. Considerações a ter no momento do planeamento da produção, uma vez que este *setup* entre diferentes gamas de vinho aumenta significativamente o tempo de processamento, pois exige higienizações mais profundas por forma a evitar as misturas de tonalidade, odor ou paladar. Resumidamente neste procedimento são retirados os excessos do

## Diagnóstico do Processo Produtivo

vinho da produção anterior do depósito da máquina e da tubagem, a higienização de todo o circuito e a retirada de golpes para análise do vinho a encher.

Tabela 3 - Tipos de *setup*

Tipos Setup	Descrição
1	Troca completa da linha
2	Mudança máquina <i>Wrap-Around</i> (caixa 6 unid. ↔ caixa 12 unid.) Troca de Selo (Cavaleiro ↔ Adesivo)
3	Mudança da máquina <i>Wrap-Around</i> (Caixa Americana ↔ Caixa <i>Wrap-Around</i> ) Mudança do produto ( <i>Setup de Vinho</i> )
4	Troca do rótulo Troca do contrarrótulo
5	Troca de marcação no lote Troca de marcação na caixa

Também condicionada pela variedade de vinhos envolvida na produção é a velocidade da linha, pois diferentes produtos têm associados diferentes materiais e estes têm influência direta no fluxo de produção, no entanto, em termos médios esta grandeza fixa-se nas 3500 garrafas/hora.

Do ponto de vista dimensional, a Linha 23 tem cerca 60 metros, e ao longo da mesma estão posicionadas as diferentes máquinas mencionadas na Figura 7, ilustração representativa do *layout* da linha. Sendo que são estas máquinas as responsáveis por todo o processo de engarrafamento, que é subdividido em etapas complementares, visto que cada uma tem uma função distinta.

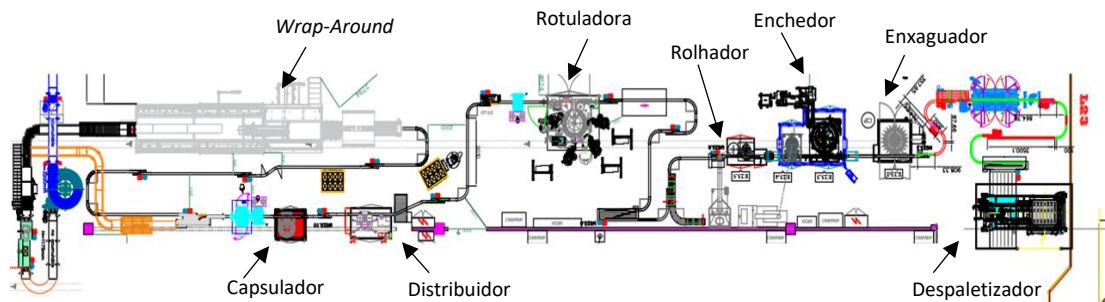


Figura 7 - *Layout* da Linha 23

O processo produtivo é iniciado no Despaletizador, representado na Figura 8, única máquina semiautomática da linha, responsável por retirar individualmente cada nível de garrafas da paleta introduzida na sua área de trabalho. Nesta área de trabalho, o operador é responsável por retirar a placa separadora de níveis, rearmar o Despaletizador sempre que for colocar um nível de garrafas na mesa de acumulação da linha e estar atento a possíveis quedas, uma vez que as garrafas são transportadas em altura.



Figura 8 - Despaletizador

Seguidamente, surge a primeira máquina do grupo de enchimento, o Enxaguador da Figura 9 sendo que a finalidade do mesmo prevalece na limpeza das garrafas recorrendo a duas ações distintas, inicialmente a lavagem da garrafa com água a uma pressão pré-definida, impedindo a contaminação do vinho com possíveis impurezas depositadas na garrafa, e de seguida, a pressurização da mesma com ar comprimido, também este com uma pressão previamente estabelecida, proporcionando a secagem da garrafa. A fixação da garrafa para este movimento é realizada por dois amoladores que a fixam pelo gargalo, ou seja, diferentes configurações de gargalo possuem diferentes amoladores.



Figura 9 - Enxagador

Com as garrafas livres de contaminações, segue-se o processo de enchimento das mesmas no Enchedor exemplificado na Figura 10. Este que recorrendo a um orientador de gargalo por garrafa, responsável por orientar a garrafa, e a um prato, fixa a garrafa numa posição estável, e no decorrer do movimento circular da máquina, a sonda alimentada pelo depósito de vinho que por sua vez está ligado às cubas do departamento de líquidos, realiza o enchimento da mesma e é posicionada novamente no tapete da linha de produção, por forma a dar seguimento ao processo de produção.



Figura 10 - Enchedor

Por fim, no que diz respeito ao grupo de enchimento, as garrafas dão entrada no Rolhador de Embutir da Figura 11, neste podem suceder duas situações distintas. Caso se trate de um vinho de consumo, a rolha, idêntica à da Figura 12, é inserida na garrafa, terminando a zona de maior perigo de contaminação, uma vez que a garrafa já se encontra tapada.



Figura 11 - Rolhador de Embutir



Figura 12 - Rolha de Embutir

No entanto, quando estamos perante uma produção de vinho do Porto, o primeiro rolhador está a funcionar como linha contínua, sendo utilizado o Rolhador *bartop* da Figura 13 para introduzir a rolha *bartop* da Figura 14 no gargalo da garrafa. Sendo importante referir que atualmente as ordens de produção destinadas a esta linha são maioritariamente de vinho do Porto, inclusive durante o período de estágio não foi possível acompanhar nenhuma produção de vinho de consumo na Linha 23.



Figura 13 - Rolhador *Bartop*



Figura 14 - Rolha *Bartop*

Encerrado o grupo de enchimento, a partir do qual as garrafas saem devidamente cheias e seladas com a respetiva rolha, a linha progride para a Rotuladora. Esta máquina, apresentada na Figura 15, ao longo de dois movimentos circulares, um relativamente ao próprio eixo e o segundo relativamente ao eixo das garrafas, insere nas mesmas três materiais diferentes, o rótulo, o contrarrótulo e o selo. Os dois primeiros são específicos de cada produto, sendo através dos mesmos que o produtor realiza uma breve descrição do vinho ao consumidor. Enquanto o selo indica que o produto foi certificado pelo Instituto dos Vinhos do Douro e Porto (IVDP), ou seja, cumpre os requisitos legais e de qualidade para ser comercializado com Denominação de Origem Controlada (DOC).



Figura 15 – Exterior (a) e interior (b) da Rotuladora

Com uma aparência muito próxima do produto que o cliente adquire, as garrafas seguem pela linha para o Distribuidor, Figura 16, mecanismo que coloca as cápsulas no gargalo da garrafa, gerando a diferença representada na Figura 17 e Figura 18.

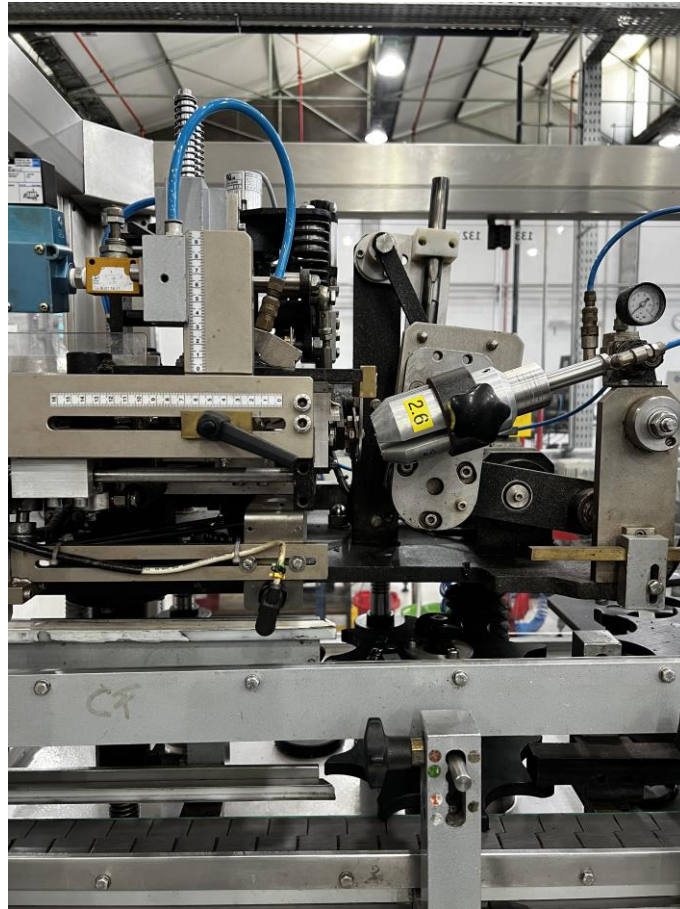


Figura 16 - Distribuidor



Figura 17 - Garrafa antes do Distribuidor



Figura 18 - Garrafa depois do Distribuidor

## Diagnóstico do Processo Produtivo

No entanto, como podemos analisar na Figura 18, a cápsula encontra-se apenas inserida na garrafa. É então fundamental que esta obtenha a forma do gargalo, tanto do ponto de vista estético como no âmbito da conformidade do produto. Para tal, as garrafas são expostas a um processo de capsulagem no Capsulador da Figura 19, no qual são conformadas de forma a ajustarem-se perfeitamente ao perfil do gargalo da garrafa, efeito este representado na Figura 20.



Figura 19 - Capsulador



Figura 20 - Garrafa depois do Capsulador

Posto isto, o próximo passo nesta longa sequência de operações é o encaixotamento das garrafas, sendo que este pode ser realizado em caixas de seis ou doze unidades. Para tal, é utilizado o Wrap-Around demonstrado na Figura 21. Descrevendo o processo de uma forma simples e resumida, inicialmente esta máquina realiza a separação das garrafas de acordo com a capacidade da caixa, seis ou doze unidades, de seguida realiza a montagem da mesma em torno das garrafas, e por fim, coloca cola nos pontos específicos para o fecho da caixa. Para uma análise mais visual, na Figura 22 e Figura 23 podemos verificar o efeito de todo este mecanismo.

## Diagnóstico do Processo Produtivo



Figura 21 - Wrap-Around



Figura 22 - Distribuição de garrafas no WA



Figura 23 - Caixas na saída do WA

Por fim, e concluído todo o processo de produção específico da linha 23, existe uma ligação ao Robô Paletizador comum a duas linhas. Este que é responsável pela paletização de todas as paletes da ordem de produção, de acordo com a informação existente no software do mesmo, uma vez que as caixas variam de produto para produto e por sua vez, essas variações vão provocar alterações no mosaico e no número de caixas por palete.

Como nota final na descrição do processo produtivo da linha 23 da Quinta de Santo António, é importante mencionar aspetos particulares que existem na mesma. Uma vez que se trata de uma indústria alimentar inserida numa empresa que procura a excelência, ao longo da linha de produção podemos encontrar diversos tipos de sensores/inspetores que identificam não conformidades e levam à rejeição da garrafa em causa, dentro das quais a identificação de defeitos nas garrafas após saírem da palete, a análise do nível do vinho após o enchimento e a identificação da falta de rolha. Para além disto, o departamento de qualidade realiza testes num intervalo de tempo pré-definido no decorrer da produção.

## 3.2. Análise Inicial

Num contexto prático, onde é desenvolvido um projeto na área da produção, antes de qualquer análise ou recolha de dados, é fundamental entender a realidade do ambiente de trabalho e apresentar às pessoas envolvidas diretamente no projeto qual o objetivo do mesmo. Deste modo, o ponto de partida do trabalho desenvolvido foi reunir com a equipa da linha 23, composta por cinco elementos, sendo que um deles é o chefe de linha e este não está alocado a nenhum grupo de máquinas específico durante a produção. Esta gestão de equipa é realizada para permitir que o mesmo tenha disponibilidade total para auxiliar os restantes elementos em potenciais problemas que podem surgir no decorrer da produção. Relativamente à distribuição dos quatro operadores restantes, existe um fixo a todo o grupo de enchimento e ainda ao Despaletizador, o segundo está exclusivamente dedicado às operações que envolvem a Rotuladora, de seguida temos a operadora do Distribuidor e do Capsulador, e por fim, o elemento associado ao *Wrap-Around*.

Posto isto, foi iniciado o trabalho na área produtiva. Atendendo ao desconhecimento total relativamente às tarefas que os operadores desempenhavam no decorrer do *setup*, as primeiras intervenções foram ao encontro do *Gemba Walk*, pois de acordo com Bremer (2014), “se as pessoas entendem o propósito, motivo subjacente da necessidade do trabalho desenvolvido, estas estão numa posição muito melhor para encontrar oportunidades de melhoria”. Ou seja, foram realizadas análises, sobretudo visuais e comunicacionais com todos os operadores da equipa, com o objetivo de identificar aspetos importantes relacionados com a organização do ambiente de trabalho e a metodologia de trabalho utilizada durante o *setup*, correspondendo esta à Fase 0 da implementação do SMED. Relativamente à organização do ambiente de trabalho, desde logo foi realizada a identificação dos postos de trabalho de cada operador no momento do *setup*, esta que se encontra na Tabela 4.

## Diagnóstico do Processo Produtivo

Tabela 4 - Distribuição dos operadores no *setup*

Operador	Posto de Trabalho
Operador 2 (Chefe de Linha)	Rolhador
Operador 1	Despaletizador
	Enxaguador
	Enchedor
Operador 3	Rotuladora
Operador 4	Distribuidor
	Capsulador
Operador 5	<i>Wrap-Around</i>

No seguimento desta abordagem, com a listagem de garrafas fornecida pelo chefe de linha e respetivas cores de identificação, foi gerada a legenda representada na Tabela 5, esta que permitiu confirmar a grande variedade de garrafas que circulam na linha. Associado a este facto, foi possível concluir neste acompanhamento em tempo real dos *setups*, que apesar de ser situação comum a partilha das peças tipicamente substituídas entre diferentes garrafas, existe ainda assim uma grande gama de peças associadas à linha para substituição no momento de *setup*.

Tabela 5 - Legenda de garrafas da Linha 23

LEGENDA GARRAFAS	
CB 100	1815
CB 75	1729
TULIP	
CMO	7889
BORGONHA	1736
CHRYSSEIA	721
2070	2070

Em virtude desta panóplia de garrafas e respetivas peças, a empresa tinha aplicado etiquetas individuais em cada peça, como a da Figura 24, estas que possuem dois tipos de informação para o operador, o código representa a designação da peça, enquanto a cor corresponde ao tipo de garrafa associada, com base na legenda da Tabela 5. Toda esta codificação tinha como objetivo a minimização do erro do operador no momento de realizar a seleção e substituição das peças. No âmbito desta identificação, os operadores alertaram para a ausência de identificação de duas garrafas, a falta de etiquetas para as peças de garrafas já identificadas anteriormente, assim como para a dificuldade na descodificação do código associado às peças.

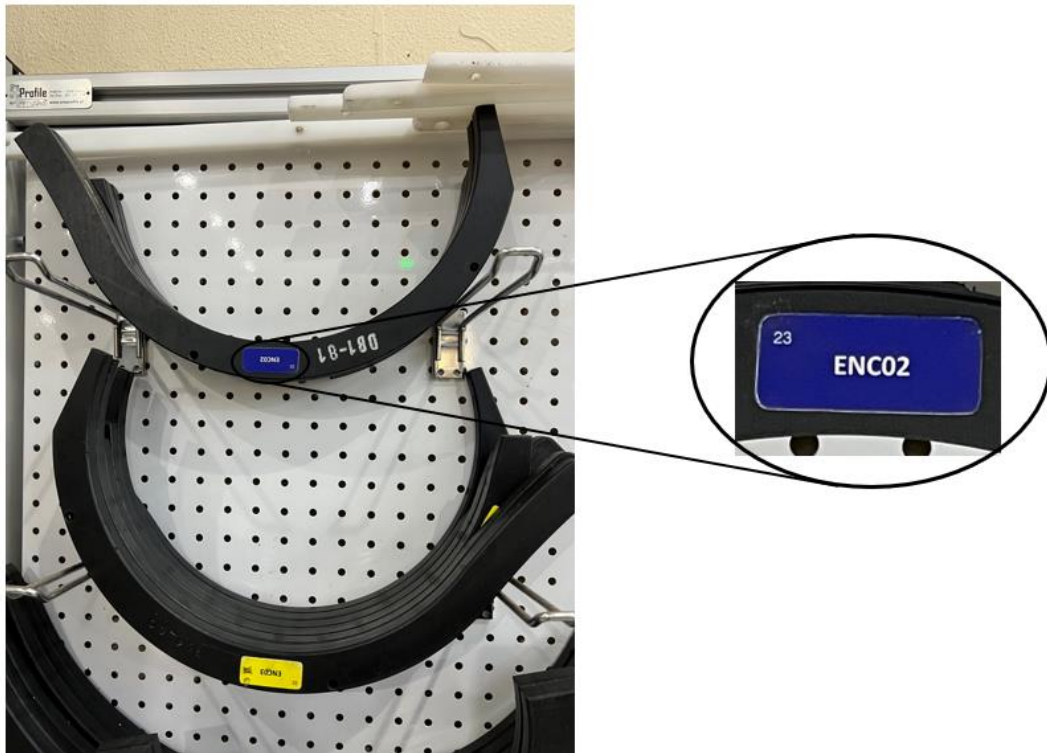


Figura 24 - Etiquetas de Identificação

Para além da identificação de peças, estas encontravam-se armazenadas junto da respetiva máquina com o recurso a estruturas como a da Figura 25, situação mais comum, ou como no caso do espaço de trabalho da Figura 26, recorrendo a suportes fixados na parede.

## Diagnóstico do Processo Produtivo



Figura 25 - Estrutura de armazenamento de peças



Figura 26 - Suportes de armazenamento de peças

Avançando para o campo da metodologia de trabalho utilizada pelos operadores. Estes na fase final da ordem de produção (OP) em execução, colocavam as peças a integrar na máquina para a próxima produção junto da mesma, como no exemplo da Figura 27 representativo desta ação no Distribuidor de cápsulas.



Figura 27 - Peças a substituir junto da máquina

No entanto, com o acompanhamento diário dos *setups* executados, foi notória a falta de padronização por parte dos operadores na sequência de tarefas colocadas em prática. Aspeto negativo, que tinha impacto essencialmente nas deslocações dos mesmos, ou seja, por vezes a sequência de operações que colocavam em prática obrigava-os a um maior número de deslocações.

Em sequência desta análise visual, que permitiu conhecer as peças envolvidas nas trocas de ordens de produção, com diferentes tipos de garrafas, e sobretudo analisar o fluxo dos operadores neste momento de trabalho, foi iniciado o processo de registo individual de todas as tarefas executadas por cada operador nessa mesma atividade. Para esse efeito, foi desenvolvida a folha de operações do Apêndice E, utilizada nas cronometragens ao longo de todo o projeto, na qual, para além do registo da sequência de etapas do *setup*, também eram identificados o operador responsável e a máquina correspondente. Assim como a garrafa da OP encerrada e a garrafa da OP seguinte, assegurando que a análise de resultados de cada máquina ao longo do projeto era sempre realizada no âmbito da mesma transição de produto.

Neste registo foi crucial a participação, inicialmente, do chefe de linha porque fez uma breve apresentação do processo de *setup* em cada uma das máquinas, e posteriormente os operadores alocados às mesmas, pois durante a execução das suas funções, descreveram com detalhe todos os passos realizados na prática.

Com base na informação teórica retida, associada ao *setup* tipo 1 da linha 23, foi iniciado o processo de cronometragem do estado inicial deste procedimento, utilizando a folha de operações do Apêndice E, adaptada da esquematização desenvolvida por Garcia-Garcia et al. (2022). Esta folha inclui campos para registo dos tempos cronometrados, bem como para realizar a distinção entre tarefas internas, externas e movimentações. Esta classificação baseou-se no comportamento real observado no momento da cronometragem, ainda que, como será abordado posteriormente, nem sempre corresponda à classificação teórica de cada tarefa.

Uma vez que o *setup* era realizado pelos cinco operadores em paralelo, o processo de cronometragem foi também executado em cinco momentos distintos, de forma a obter no final o registo de um *setup* completo. Inicialmente foi acompanhado o processo de substituição de peças no Despaletizador, Enxaguador e Enchedor, este último que inclui o *setup* de vinho, uma vez que é o mesmo operador a realizar todas estas operações, sendo que a documentação associada a este momento de atividade está descrita nos Apêndices F, G e H, respetivamente. De seguida, foi realizado o acompanhamento no Rolhador, descrito no Apêndice I, e todas as tarefas inerentes à função do *team leader*, seguidamente realizou-se a cronometragem da Rotuladora, análise presente no Apêndice J. Numa fase mais final do procedimento colocado em prática para obter os dados iniciais, foi realizado o registo dos tempos por tarefa no Distribuidor e no Capsulador, durante o *setup*, como descrito nos Apêndices K e L, respetivamente. Por fim, procedeu-se ao registo dos tempos associados a cada tarefa do *setup* no WA, como documentado no Apêndice M.

Deste modo, terminado o processo de cronometragem do estado inicial de todas as tarefas associadas a cada máquina no momento do *setup* entre OP, foi desenvolvido o gráfico da Figura 28, onde estão contabilizadas as tarefas que obrigam à interrupção da produção. Atendendo a

## Diagnóstico do Processo Produtivo

esta representação individual dos tempos para cada máquina, e ainda com o auxílio da Tabela 6, é notória a grande discrepância do período despendido na Rotuladora e no Enchedor, aproximadamente 57 e 49 minutos, respetivamente, relativamente a todas as outras máquinas, em que os tempos de *setup* variam entre os 15 e os 25 minutos.

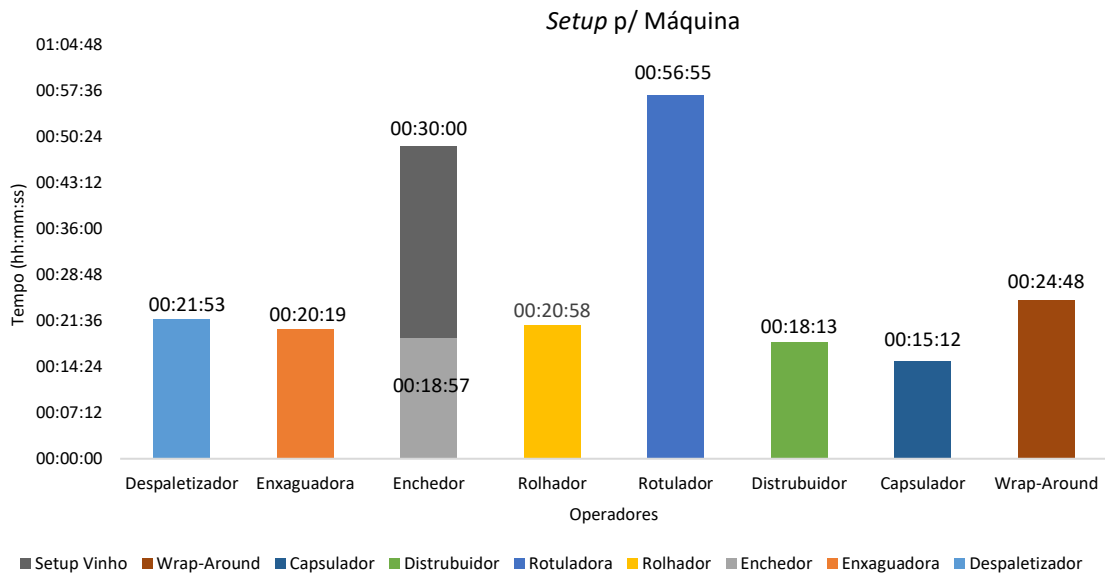


Figura 28 - Análise inicial do *setup* por máquina

Tabela 6 – Taxa de ocupação no estado inicial por máquina

Tempo de <i>Setup</i>								
Máquina	Despaletizador	Enxaguadora	Enchedor	Rolhador	Rotulador	Distribuidor	Capsulador	Wrap-Around
Taxa Ocupação	38%	36%	86%	37%	100%	32%	27%	44%

Mas esta abordagem não representa a realidade, pois como já referido, não existe um operador alocado a cada máquina, deste modo, na Figura 29 está representada a situação real do estado inicial do *setup* da linha 23. Perante a análise destes resultados, são identificados dois operadores com um grande desbalanceamento do período de trabalho comparativamente aos restantes membros da equipa, como confirmado pela análise da taxa de ocupação de cada operador no período de improdutividade da linha, ilustrada na Tabela 7, sendo estes considerados os postos gargalo do *setup*.

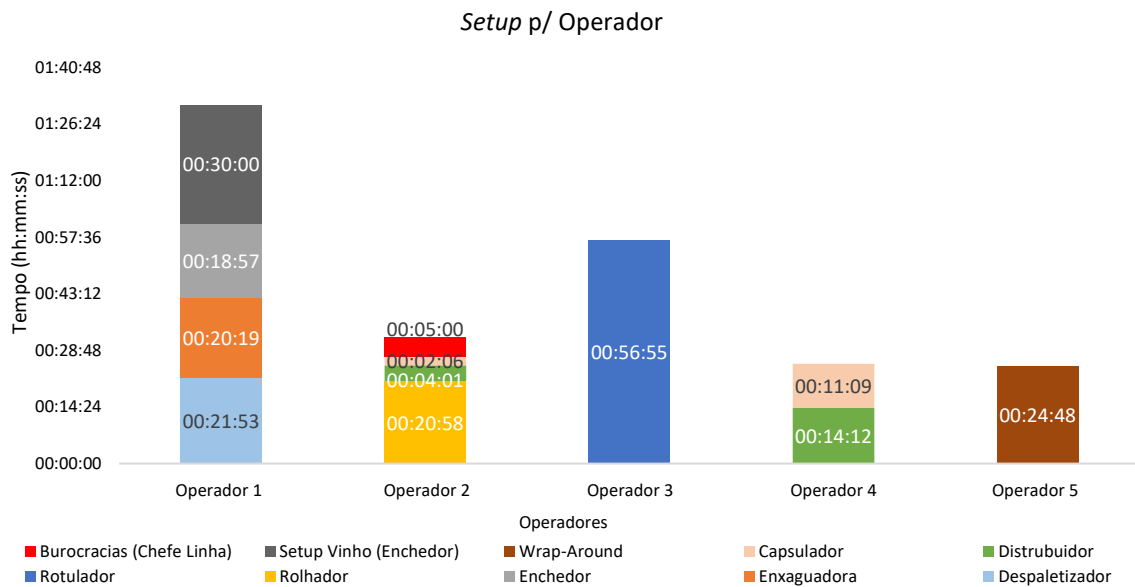


Figura 29 - Análise inicial do setup por operador

Tabela 7 - Taxa de ocupação no estado inicial por operador

Tempo de Setup					
Operador	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5
Total p/ Operador (hh:mm:ss)	01:31:09	00:32:05	00:56:55	00:25:21	00:24:48
Taxa Ocupação	100%	35%	62%	28%	27%

Perante os resultados obtidos nesta análise inicial, estes que permitiram perceber o real ponto de situação relativamente há duração de um *setup* mecânico tipo 1 na linha 23, fixado em aproximadamente 91 minutos, foi possível concluir que existiam dois níveis completamente díspares no círculo da carga de trabalho e ainda que o chefe de linha, para além da troca de peças no Rolhador, tinha de intervir no *setup* do Distribuidor e do Capsulador, pois o operador responsável não realizava as respetivas afinações, apenas trocava as peças.

Em virtude desta grande discrepância relativamente à taxa de ocupação entre operadores durante o *setup*, os que possuíam um período de atividade extremamente curto eram destacados para setores de produção que exigem muito trabalho manual, à exceção do chefe de linha, este ficava junto da linha para corresponder a possíveis problemas técnicos que poderiam surgir durante o trabalho dos elementos sobrecarregados.

Assim sendo, será sobre estes dados mais completos, relativamente ao período total de inatividade da linha de produção em consequência do *setup*, que serão analisados os impactos das propostas de melhoria implementada.



## 4. Propostas de Melhoria

Uma vez familiarizados com todo o sistema de produção que envolve a linha de engarrafamento deste projeto e com a recolha de dados referente ao estado inicial do momento de *setup*, a partir deste instante o foco vai sobretudo incidir sobre a otimização deste procedimento, com o recurso ao seguimento das etapas da *Framework* fundamentada com a informação extraída da revisão da literatura.

Perante a análise inicial realizada, existiam dois grandes aspetos sobre os quais era fundamental intervir, sendo eles a falta de padronização existente na sequência de etapas a seguir durante o processo de *setup* e a falta de equilíbrio, neste mesmo processo, relativamente à carga de trabalho associada a cada operador da equipa da linha de produção. Atendendo que eram duas áreas diferentes que afetavam diretamente o trabalho dos operadores, foram delineadas duas fases distintas para esta intervenção prática, por forma a tomar decisões cautelosas com base nos dados recolhidos frequentemente junto dos operários, e ainda na opinião e vasta experiência dos mesmos. Posto isto, este capítulo é composto por cinco subcapítulos distintos, no primeiro é realizada a apresentação do plano de ação, já no segundo é abordada a intervenção prática no âmbito da implementação do SMED e no seguimento deste tópico, no terceiro são analisados os respetivos resultados. Passando ao quarto subcapítulo, é apresentada a segunda fase do processo, associada ao Balanceamento de Linha e por fim, no último são apresentados os resultados desta intervenção.

### 4.1. Plano de Intervenção

Deste modo, na primeira fase de ação prática, ainda numa fase precoce do projeto, era pretendido o foco essencialmente na otimização e padronização das etapas do *setup* através da aplicação do SMED. Assim sendo, com base na identificação de todas as tarefas associadas ao *setup*, o plano de intervenção contemplava o início da Fase 1 do SMED, sendo então realizada uma análise minuciosa destas tarefas, por forma a identificar as que em nenhum momento poderiam ser executadas com a linha em produção, tarefas internas, e as que poderiam ser executadas no decorrer da produção, tarefas externas. O objetivo desta etapa passava por sequencializar todas as tarefas externas, de forma que fossem executadas durante a produção, antes ou depois de todas as tarefas internas. E também organizar as tarefas internas para redução de desperdícios de tempo, essencialmente no âmbito das deslocações.

## Propostas de Melhoria

Concluído este momento, a Fase 2 tinha o propósito de rever as tarefas internas, pois poderiam existir operações classificadas como internas erradamente, e em simultâneo, analisar oportunidades de melhoria ao nível dos equipamentos, por forma a transformar tarefas internas em externas.

Por fim, no seguimento da proposta de atuação, surge a Fase 3 do SMED. Responsável por intervencionar de forma geral nos dois tipos de tarefas. Com este momento, auxiliado por ferramentas visuais, era pretendido um aumento da organização do ambiente de trabalho já existente, apresentar de forma mais estruturada e clara informações essenciais para este momento de atividade, minimizando o risco de erros e o período de *setup*, assim como a padronização das instruções de trabalho associadas ao *setup*. Por forma a ser possível incrementar estas alterações, foi fundamental formar os operadores para executarem o procedimento como definido e utilizarem as ferramentas disponíveis, tentando desta forma ultrapassar as dificuldades de resistência às práticas comuns.

Mediante resultados positivos na implementação da metodologia SMED, é desencadeada a segunda fase do processo. Esta que surge num momento em que já existe um conhecimento consolidado relativamente às atividades desenvolvidas na linha, assim como das competências dos operadores, tendo então como objetivo a revisão da distribuição destes operadores durante o período de *setup*, por forma a ser atingida a equidade laboral entre os mesmos.

No entanto, mais uma vez, a intervenção de toda a equipa de trabalho era um ponto essencial para a concretização com o sucesso pretendido deste plano de ação. Assim sendo, com o intuito de transmitir esta estratégia de atuação à equipa de forma clara e envolvente, foi introduzida uma representação esquemática, que permite uma análise mais visual, perceptível e apelativa. Para este efeito, foi então utilizado o ciclo *Plan, Do, Check, Plan* (PDCA) presente na Figura 30, este que descreve todo o plano de ação idealizado para melhorar o processo de *setup* da linha 23.

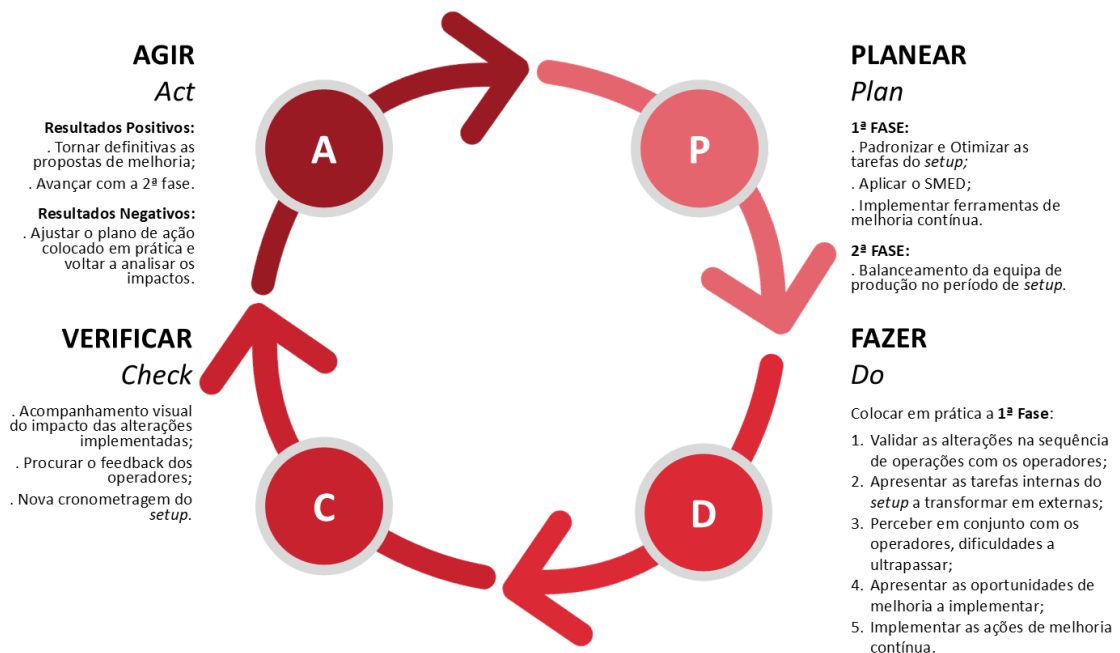


Figura 30 - Ciclo PDCA: Plano de Ação

## 4.2. Intervenção Prática: 1ª Fase

Seguindo o alinhamento do processo de intervenção nesta linha de engarrafamento e encaixotamento, na Fase 1 do SMED foi então efetivada a distinção entre as tarefas internas e externas de todo o processo de *setup*. Esta ação foi realizada junto da área de produção, com uma perspetiva exterior ao processo, aliada à experiência dos operadores, de forma a serem obtidas certezas relativamente à viabilidade operacional das alterações a implementar. Esta distinção baseia-se no princípio *Lean* associado à eliminação da *Muda*, e constitui a base da metodologia SMED, tal como descrito por Shingo e Womack & Jones (2003) na revisão da literatura. Em virtude da análise executada durante o encerramento da OP e o início do *setup*, foram identificados períodos de inatividade das máquinas ao longo de toda a linha, à medida que as últimas garrafas da produção a terminar iam avançando no percurso produtivo, ou seja, existia tempo para executar tarefas externas não utilizado. Este procedimento era colocado em prática para na eventualidade de sucederem quebras ou falta de garrafas no final da produção, enquanto é formada a última paleta no robô paletizador, ser possível a utilização de todas as máquinas da linha para repor essa quantidade em falta.

Levantada esta questão, apesar da justificação apresentada pela equipa de trabalho, foi realizada uma análise pormenorizada relativamente às máquinas que poderiam, para a reposição de pequenas quantidades, ser substituídas pela ação humana, e à frequência de quebras e falta de garrafas no encerramento das OPs. Relativamente à questão das máquinas, apenas era viável no Despaletizador e no Distribuidor, sem ser comprometida a qualidade do produto final. Pois no primeiro caso, o mecanismo é utilizado para retirar um nível completo da paleta, ou seja, em caso de necessidade, o operador coloca as garrafas a repor de forma manual, e no segundo, como o Distribuidor tem apenas a função de posicionar a cápsula no gargalo da

## Propostas de Melhoria

garrafa, tarefa extremamente simples e de esforço reduzido para pequenas quantidades, é então exequível para o operador realizar esta função nestes casos específicos. Já do acompanhamento da produção em tempo real resultaram os dados da Tabela 8, ou seja, durante esta observação em nenhum momento foram repostas grandes quantidades de garrafas, uma média de 3,6 garrafas por *setup*.

Tabela 8 - Reposição de garrafas no final da OP

Observações	Quantidade de garrafas repostas
1	6
2	10
3	1
4	4
5	0
6	0
7	1
8	12
9	0
10	2

Para aprovação deste procedimento, em que o *setup* do Despaletizador começava assim que a última garrafa abandonasse a área do grupo de enchimento, pois é o local de operação do operador responsável por esta troca de peças, tal como o *setup* do Distribuidor era iniciado assim que a última garrafa fosse manipulada no Capsulador, foi consultada a gestão fabril para verificar se com a aplicação deste procedimento as normas de trabalho eram respeitadas. Em virtude do parecer positivo para avançar com a proposta de melhoria, esta foi partilhada em reunião com a equipa e seguidamente colocada em prática. De salientar que em ambos os casos, assim que o chefe de linha encerrasse a contagem final do produto e desse por concluída a OP, todas as tarefas externas por executar nestas máquinas seriam contabilizadas como realizadas com a linha parada. Isto porque o tempo correspondente à fase final da produção varia constantemente, ou seja, em alguns momentos o *setup* destas máquinas pode ser realizado totalmente com a linha ainda a produzir e em outros casos tal não vai suceder, ficando dependente do tempo despendido nos procedimentos de encerramento da OP.

Relacionando as cronometragens realizadas no levantamento inicial com a classificação das tarefas em internas e externas, foi possível elaborar a análise percentual da Figura 31, relativa à distribuição do tempo total despendido com cada tipo de tarefa durante o *setup*, sendo identificado o desperdício *Process Losses*, abordado por Braglia, Di Paco, & Marrazzini (2023) na revisão da literatura. Pois o gráfico evidencia que apenas 11% do tempo total de *setup* corresponde a tarefas realizadas com a linha em produção. Considerando que 38% do tempo total do *setup* estava associado a tarefas classificadas como externas, conclui-se que apenas 29% desse tempo potencialmente dedicado a tarefas externas era, de facto, aproveitado de

forma eficiente, sendo o restante consumido com a produção parada, contrariando os princípios do SMED.

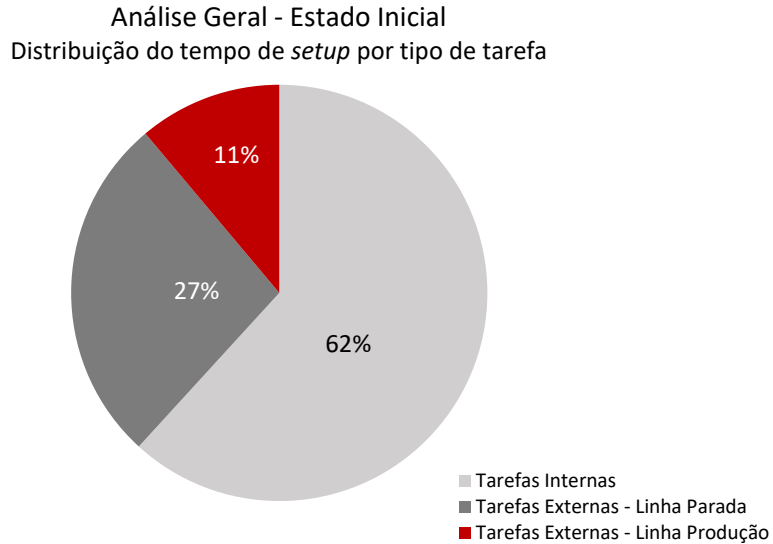


Figura 31 - Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa (Estado Inicial)

Progredindo na implementação do SMED, foi abordada a Fase 2 do mesmo, no entanto, em nenhum momento foram identificadas tarefas classificadas erradamente como internas. Assim como, a análise, em conjunto com a equipa de manutenção, das tarefas de substituição de peças e respetivas afinações, por forma a identificar pontos de melhoria para transformar tarefas internas em externas, evidenciou que possíveis intervenções, como a duplicação de peças na Rotuladora, máquina mais suscetível a estas melhorias, implicaria custos muito avultados que posteriormente poderiam não se traduzir em ganhos de tempo no *setup*, devido à complexidade de fixação dessas peças.

Não existindo mais abertura para aplicar a solução anterior, devido à imprescindibilidade das restantes máquinas na produção, independentemente do número de garrafas, foi iniciada a intervenção prática associada à Fase 3 do SMED individualmente com os operadores da linha, por forma a estes transmitirem as suas dificuldades, e em conjunto serem desenvolvidas ideias de melhoria para ultrapassar essas limitações, tanto ao nível das tarefas internas, por forma a minimizar o *Internal Activity Losses*, como das tarefas externas.

De um modo geral, apesar da existência de etiquetas de identificação nas peças e a respetiva cor associada a uma garrafa, os colaboradores reportaram a presença de algumas dúvidas no momento de seleção das peças nos locais de armazenamento, gerando por vezes erros neste procedimento e consequentemente o tempo de *setup* aumenta, considerando que o erro é detetado na fase de testes. Caso contrário, o equívoco torna-se ainda mais grave pois vai gerar paragens durante a produção, visto que as peças têm obrigatoriamente de ser substituídas novamente. Deste modo, foi obtida a conclusão de que este problema resultava de quatro fatores distintos: algumas das etiquetas colocadas anteriormente descolaram, não existiam etiquetas para todos os tipos de garrafas que circulavam na linha 23, a legenda para demonstrar a correspondência das garrafas e as respetivas cores estava desatualizada e não estava

## Propostas de Melhoria

disponível para consulta junto das máquinas, e também não existiam legendas para descrever o significado do código inserido nas etiquetas, este que representa o posicionamento da peça na máquina. Com o objetivo de ultrapassar esta dificuldade, inicialmente foi atualizada a lista de garrafas da Tabela 5 com as garrafas Estal e Blend, e as respetivas cores, como podemos verificar na Tabela 9.

Tabela 9 - Legenda de garrafas da Linha 23 atualizada

LEGENDA GARRAFAS	
CB 100	1815
CB 75	1729
TULIP	
CMO	7889
BORGONHA	1736
CHRYSSEIA	721
2070	2070
ESTAL	
BLEND	

De seguida foi realizado um levantamento de todas as etiquetas em falta, assim como as necessárias para os novos tipos de garrafa. Concluído este procedimento, foi realizada a encomenda e a respetiva aplicação destas etiquetas, como podemos observar a peça da Figura 32, já com a identificação da garrafa Estal.



Figura 32 - Exemplo de peça com etiqueta nova

No passo seguinte, foram geradas tabelas individuais para cada tipo de garrafa, como a Tabela 10, e colocadas nas respectivas máquinas, sempre acompanhadas pela legenda da Tabela 9, como podemos visualizar na Figura 33, a título representativo, o que sucede em todas as máquinas. Nesta tabela é realizado o registo da designação da garrafa, a respetiva cor, o nome da máquina, os códigos das peças associadas a esse mesmo mecanismo e a respetiva legenda da codificação das peças.

Tabela 10 - Legenda das etiquetas das peças

<b>MATERIAL GARRAFA CMO</b>		
<b>MÁQUINA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>PEÇAS</b>
CAPSULADOR ROLETOS	CRO01	ESTRELA ENTRADA CIMA 1
	CRO02	ESTRELA ENTRADA CIMA 2
	CRO03	ESTRELA ENTRADA BAIXO 1
	CRO04	ESTRELA ENTRADA BAIXO 2
	CRO05	GUIA
	CRO06	ESTRELA SAIDA
	CRO07	GUIA CENTRAL 1
	CRO08	GUIA CENTRAL 2
	CRO09	GUIA EXTERIOR 1
	CRO10	GUIA EXTERIOR 2
<b>SYMINGTON FAMILY ESTATES</b>		

MATERIAL GARRAFA ESTAL		
MAQUINA	CODIGO	PEÇAS
CAPSULADOR ROLETOS	CRO01	ESTRELA ENTRADA CIMA 1
	CRO02	ESTRELA ENTRADA CIMA 2
	CRO03	ESTRELA ENTRADA BAIXO 1
	CRO04	ESTRELA ENTRADA BAIXO 2
	CRO05	GUIA
	CRO06	ESTRELA SAIDA
	CRO07	GUIA CENTRAL 1
	CRO08	GUIA CENTRAL 2
	CRO09	GUIA EXTERIOR 1
	CRO10	GUIA EXTERIOR 2
	CRO11	GUIA BYPASS DENTRO
	CRO12	GUIA BYPASS FORA

SYMINGTON FAMILY ESTATES

LEGENDA GARRAFAS	
CB 100	1815
CB 75	1729
Tulip	
CMO	7889
BORGONHA	1736
CHRYSSEIA	721
2070	2070
ESTAL	
Blend	

Figura 33 - Exemplo de legenda das etiquetas das peças fixada na máquina

Solucionada a dificuldade anterior, comum a toda a linha de produção, esta primeira fase de intervenção avançou sobre um paradigma mais reservado, ou seja, sobre oportunidades de melhoria mais específicas para cada máquina.

- Despaletizador

Este mecanismo, responsável por retirar os níveis de garrafas das paletes para a mesa de acumulação, sempre que há alteração do tipo de garrafa entre OP tem de ser afinado, ou seja, as almofadas pressurizadas, iguais à assinalada na Figura 34, únicos componentes a ajustar, têm um posicionamento específico para cada tipo de garrafa. Pois, em virtude da variação do diâmetro das garrafas e do tipo de palatização, o espaçamento entre as mesmas varia.

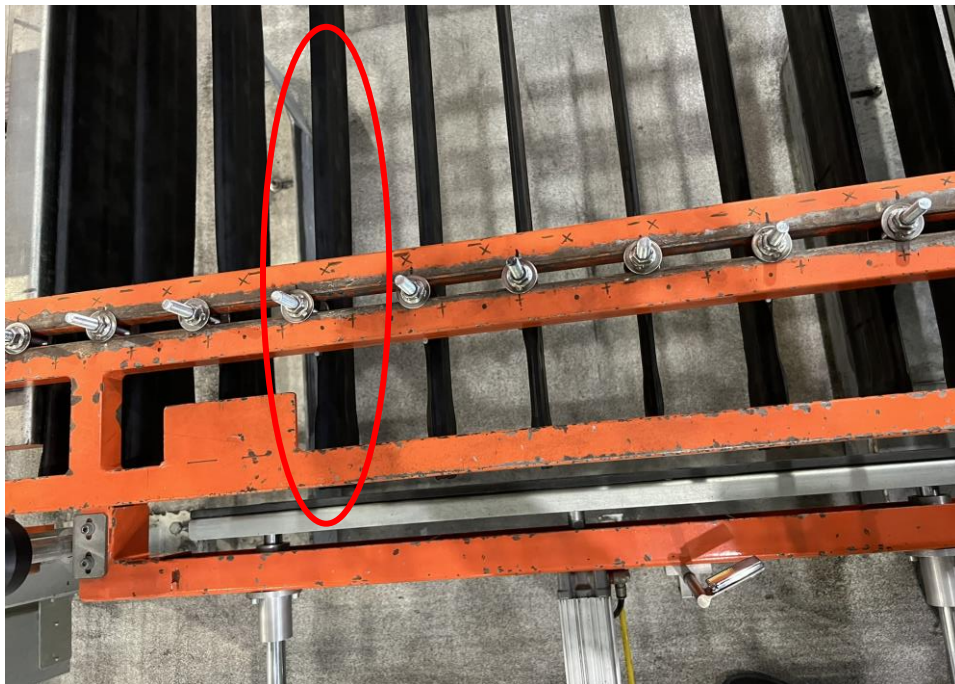


Figura 34 - Despaletizador: Almofadas de pressurização

Uma vez que existiam muitas garrafas, também o número de diferentes afinações era elevado, posto isto, o operador efetuou marcações diretamente no Despaletizador, estas que serviam de referência para posicionar as almofadas, e desenvolveu a respetiva legenda, como representado na Figura 35.



Figura 35 - Despaletizador: Marcação e legenda pré-definidas

## Propostas de Melhoria

Com o objetivo de uniformizar toda a linha, facilitar a interpretação e aumentar a organização desta informação, foi implementado o sistema de referência da Figura 36 para transferir os registos já existentes e realizar as marcações em falta, com o recurso às cores da legenda já desenvolvida, e também ela disponível nesta área de trabalho, tornando a análise visual mais intuitiva e consequentemente mais rápida no momento do *setup*. A utilização das cores e a respetiva legenda, também reduz o risco do operador em utilizar as referências de afinação erradas. Esta ferramenta de melhoria inicialmente foi realizada de forma provisória com recurso a papel, para antes de ser realizado qualquer tipo de investimento, analisar junto do operador a utilidade e funcionamento da mesma.

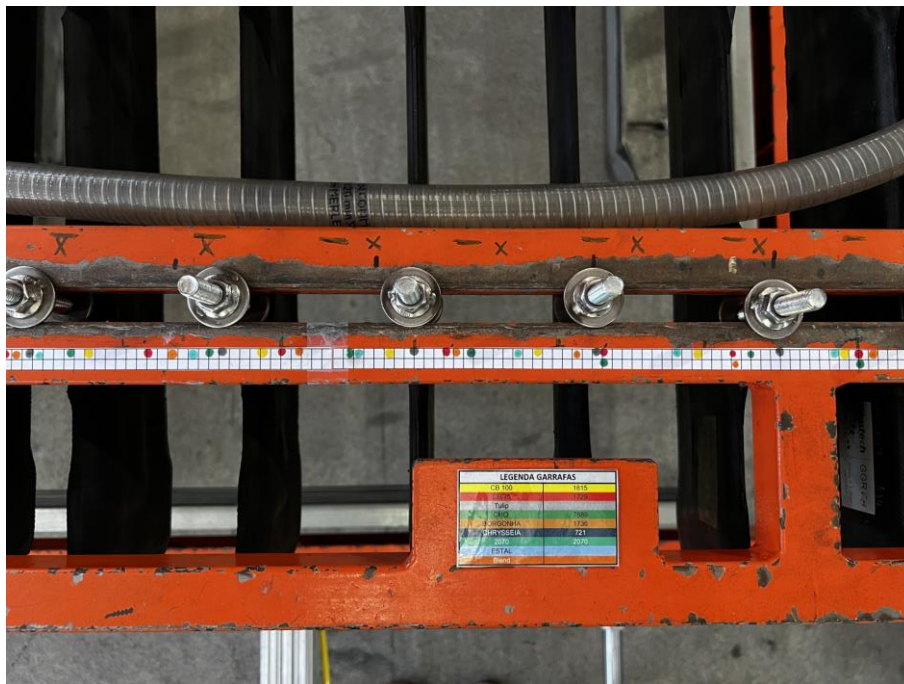


Figura 36 - Despaletizador: Sistema de referência provisório

- Enxaguador e Enchedor

Com a organização das tarefas do *setup* e também as etiquetas de identificação das peças e respetivas legendas, todos estes fatores aliados à grande experiência do operador com estas máquinas, não existia nenhum ponto do processo em específico que gerasse algum tipo de limitação ao operador. Assim sendo, foi procurado mitigar ao máximo a possibilidade de o operador errar na seleção de dois conjuntos de peças muito específicos, os amolgadores no caso do Enxaguador, e os orientadores de gargalo no Enchedor, pois a substituição de ambos é a tarefa gargalo do *setup* das respetivas máquinas. E antes desta ação de melhoria, o operador confirmava o conjunto a inserir nestas máquinas através de testes manuais com a respetiva garrafa, situação suscetível a erros, e no caso de os mesmos sucederem provocar o aumento do tempo de *setup* ou paragens na produção. Com o objetivo de impedir estas situações, uma vez que em ambos os casos as mesmas peças são partilhadas por várias garrafas, foi adicionado um recipiente extra nas duas situações, de forma que cada conjunto possua a respetiva caixa de arrumação, e a respetiva identificação associada à legenda atualizada. Na Figura 37 está demonstrada o sistema de organização utilizado antes desta intervenção e o estado atual.



Figura 37 - Organização de peças antes (a) e após (b) intervenção no Enxaguador e Enchedor

Agora mais especificamente no Enchedor, como se trata de uma máquina mais recente, com um *software* incorporado que permite o controlo de todas as afinações da máquina e inclusive gerar programas para cada tipo de garrafa, a partir dos quais o Enchedor realiza as afinações automaticamente, o operador possuía etiquetas para relembrar a associação dos números dos programas às respetivas garrafas, e uma segunda etiqueta com as quantidades de garrafas necessárias para fazer o escoamento do vinho. Relativamente à primeira situação, utilizada regularmente no *setup*, a informação estava desatualizada, então foi feita a respetiva atualização de dados. Enquanto no segundo caso, o registo estava extremamente mal organizado, impercetível e também desatualizado, o que na ausência do operador habitualmente alocado a esta posição poderia gerar erros devido há impercetibilidade da informação. Estas ações de substituição podem ser consultadas na Figura 38, onde está representada a situação antes e após estas atualizações.

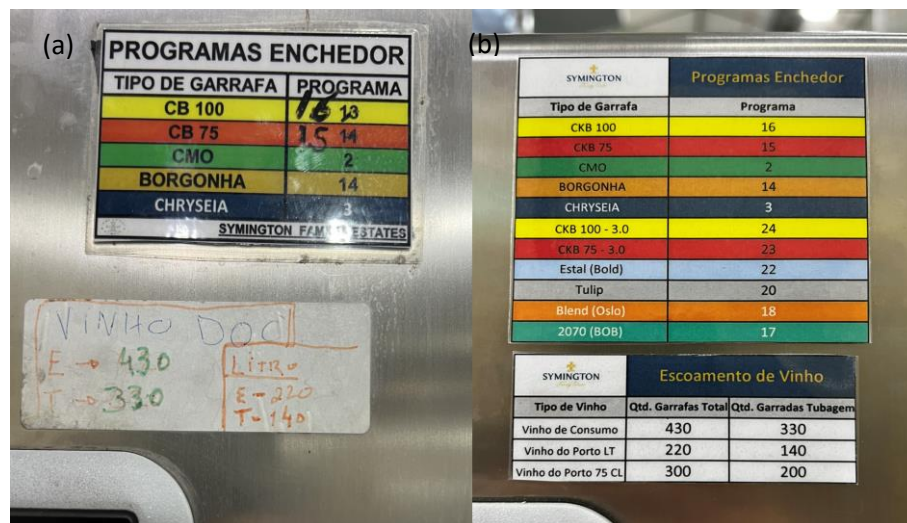


Figura 38 - Enchedor: Programas e Escoamento de Vinho antes (a) e após (b) intervenção

- Rolhador *Bartop*

No seguimento do que foi realizado no Enxaguador e no Enchedor, também no Rolhador foram devidamente identificadas as caixas de armazenamento das maxilas correspondentes a cada tipo de garrafa, como apresenta a Figura 39. Com esta ação, sempre que a troca de garrafa obriga à substituição das maxilas no momento de *setup*, a possibilidade de o elemento da equipa responsável por esta tarefa inserir as maxilas erradas é muito menor do que na situação anterior a esta intervenção. Pois o operador para verificar se estava correto, realizava uma simulação de ligação manual entre a maxila, a garrafa de teste e a rolha, enquanto atualmente, com a informação da garrafa associada à OP a arrancar após o *setup*, consegue confirmar com as etiquetas inseridas nas caixas da Figura 39.



Figura 39 - Organização de peças no Rolhador

- Rotuladora

No caso específico da Rotuladora, perante uma análise minuciosa de todo o processo de substituição de peças, troca do material a adicionar às garrafas, ou seja, as bobines de rótulos, contrarrótulos e selos, e ainda as respectivas afinações, destacaram-se pela negativa as afinações do posicionamento deste material a inserir na garrafa, assim como o ajuste da altura do laser para a gravação do número de lote no local pré-definido. Pois para obter a afinação perfeita em ambos os casos eram realizados vários testes, inicialmente com a garrafa de teste eram apenas ajustados os posicionamentos do rótulo, contrarrótulo e selo, mais especificamente a altura e a distância do suporte à garrafa, pois outras grandezas, como a inclinação, eram ajustadas automaticamente pelo *software*. E apenas no final deste processo iterativo, em que a garrafa percorria a máquina, eram controlados os posicionamentos do material e seguidamente realizados os ajustes necessários, até ser obtida a posição perfeita, era iniciado o processo de afinação da altura do *laser* com o recurso a um processo de trabalho idêntico. Com o objetivo de contornar a execução de um número elevado de testes, que incrementavam tempo excessivo nas atividades que não geram valor para o cliente, neste caso o *setup*, foram implementadas duas ações de melhoria distintas, as quais foram apresentadas ao operador da Rotuladora antes de serem colocadas em desenvolvimento, tentando dessa forma perceber a utilidade das mesmas. Visto que foi transmitido um parecer positivo por parte do mesmo, foram então colocadas em prática. Inicialmente foi colocado no suporte do laser uma régua graduada provisória como representado na Figura 40, mais uma vez não definitiva para não gerar investimento sem antes entender a viabilidade e sucesso da melhoria. E em complemento desta ferramenta e dos mecanismos de afinação da altura e distância dos rótulos, contrarrótulos e selos, foi gerada uma folha associada a cada rótulo para o registo de todas

## Propostas de Melhoria

estas dimensões, como a que está representada na Figura 41. Neste caso não é possível utilizar a legenda de garrafas e aproveitar a respetiva codificação de cores, pois a mesma garrafa trabalha com diferentes tipos de vinhos e consequentemente também tem associados diferentes tipos de rótulos e estes por sua vez têm posicionamentos distintos entre eles.



Figura 40 - Laser de marcação do nº de lote antes (a) e após (b) colocar a régua provisória



Figura 41 - Rotuladora: Folha de registo das afinações

Ainda dentro da área de trabalho da Rotuladora, mas agora relativamente há organização e armazenamento das peças, condição importante para proporcionar uma identificação da localização das peças necessárias de forma expedita e com informação necessária para prevenir a ocorrência de erros, foram colocadas etiquetas na parede com o nome e cor da garrafa associada a cada conjunto de alisadores, como podemos verificar na Figura 42. E nos próprios alisadores, uma vez que estes possuem posições específicas dentro da máquina, foram colocadas etiquetas nos mesmos com a respectiva numeração, isto que inicialmente era realizado pelo operador com uma pequena marca, nem sempre visível, como assinalado na Figura 43. Para não ser levantada qualquer tipo de dúvida, foi implementada uma tabela como a da Tabela 11 com a correspondência entre a numeração e o posicionamento dos alisadores. Estas ações enquadram-se na ferramenta 5S, parte integrante da filosofia *Lean*, mas mais especificamente nos pilares *Seiton* e *Seiketsu*, reforçando a gestão visual e a eficiência operacional, conforme abordado na componente teórica da dissertação.



Figura 42 - Rotuladora: Etiquetas para arrumação dos alisadores

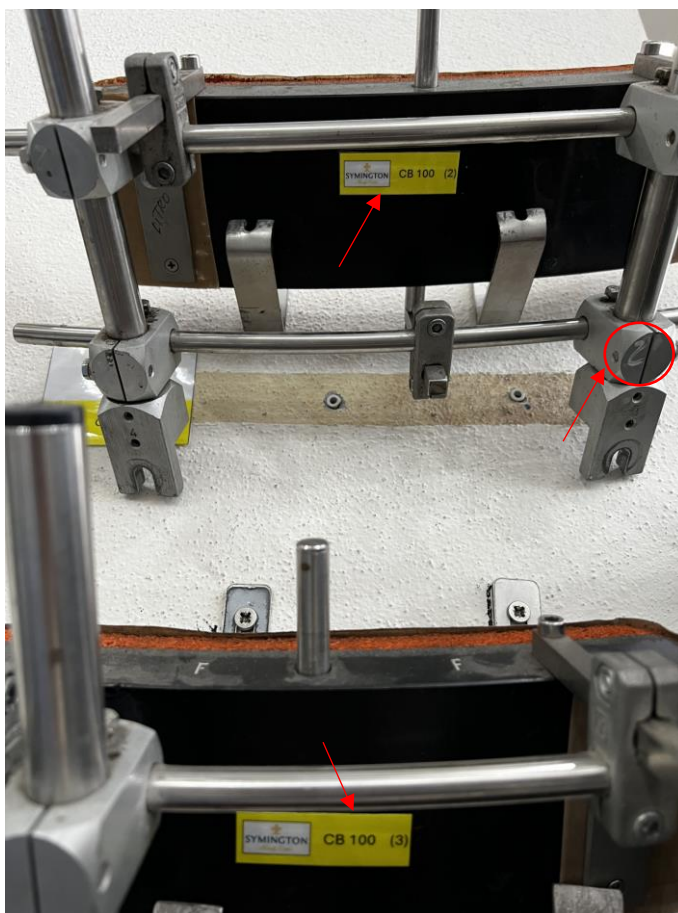


Figura 43 - Rotuladora: Numeração dos alisadores

Tabela 11 - Legenda para a numeração dos alisadores

ALISADORES		
MAQUINA	CODIGO	PEÇAS
ROTULADORA	(1)	ALISADOR DIREITA
	(2)	ALISADOR CENTRO
	(3)	ALISADOR ESQUERDA
SYMINGTON FAMILY ESTATES		

- Capsulador

No ambiente de trabalho do Capsulador, a operadora notificou para a presença de uma régua no mecanismo de ajuste da altura da máquina, que poderia ser utilizada para realizar o registo das alturas a definir por tipo de garrafa. Pois esta afinação quando realizada para garrafas que circulam na linha regularmente, a operadora tinha fixado o respetivo valor, e desta forma realizava a afinação de forma autónoma, no entanto, para garrafas menos comuns ou na presença de outro operador de substituição, este processo tinha de ser realizado por duas pessoas. Dado que a afinação é realizada na zona posterior a um nível inferior da máquina, e a garrafa de teste para servir de referência está colocada na frente da máquina, obrigando então

à presença de dois operadores. Na medida em que para resolver esta situação, foi implementada a tabela da Figura 44 de forma provisória para ser preenchida à medida que são utilizadas todas as garrafas, e posteriormente será fixada permanentemente.



Figura 44 - Capsulador: Registo das afinações das alturas

Ainda de acordo com a avaliação preliminar realizada, sobressaiu também a ausência de uma base de dados que realizasse a descrição do procedimento a seguir no momento de *setup* em cada máquina da linha. Em consequência da ausência deste documento, os operadores com alocação regular nas respetivas máquinas seguiam procedimentos inconstantes, situação suscetível ao erro, como por exemplo o aperto de uma peça que no passo seguinte impedia o posicionamento de uma segunda peça, equívoco que incrementava tempo indesejado ao *setup*. Mas em virtude da vasta experiência dos mesmos no trabalho da linha 23, esta situação não era de todo prática comum. No entanto, esta falta de informação influenciava negativamente o trabalho de operadores de substituição, pois não possuíam uma ordem de trabalho a seguir no processo de *setup*.

Face ao exposto, com base na distinção entre as tarefas externas e tarefas internas do *setup*, e por forma a resolver este problema identificado ao nível da padronização das ações a executar no *setup*, foi definido um *Standard Work* no momento de troca de peças entre ordens de produção para cada máquina. Esta medida, segundo Mid-America Manufacturing Technology Center (2000), permite que qualquer operador, com maior ou menor experiência com a máquina, tenha acesso a uma sequência de operações a seguir, sendo esta normalização do trabalho por máquina especificada na Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19, salientando que nestas ordens de trabalho está realizada a distinção entre as tarefas internas (TI) e as externas (TE). Cúmplice do objetivo de documentar, disponibilizar junto da máquina e padronizar as metodologias de intervenção no *setup*, estava também a redução das atividades que não geram valor para o cliente, sobretudo no âmbito dos

## Propostas de Melhoria

deslocamentos desnecessários e erros que obrigam a correções, e conseqüentemente incrementam tempo indesejado ao período de *setup*.

Tabela 12 - Sequência de tarefas do Despaletizador

Despaletizador			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Posicionar a grua num ponto elevado		X
2	Retirar a palete com as garrafas excedentes da OP anterior do despaletizador		X
3	Contabilizar e registar as garrafas excedentes da OP anterior		X
4	Posicionar a grua para ajustar as borrachas		X
5	Retirar, adicionar e/ou ajustar posicionamento das borrachas		X
6	Colocar as borrachas não utilizadas no suporte		X
7	Preparar a palete com as garrafas excedentes		X
8	Posicionar a grua num ponto elevado		X
9	Preparar a palete para entrar no despaletizador		X
10	Colocar palete no despaletizador		X
11	Retirar película envolvente		X
12	Testar o posicionamento das borrachas com a retirada de um nível de garrafas da palete		X
13	Deslocamento para o Enxaguador		X

Tabela 13 - Sequência de tarefas do Enxaguador

Enxaguador			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X
2	Retirar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	X	
3	Retirar 1 guia central (ENX02)	X	
4	Retirar amolgadores de gargalo (ENX04)	X	
5	Colocar amolgadores de gargalo (ENX04)	X	
6	Colocar 1 guia central (ENX02)	X	
7	Colocar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	X	
8	Ajustar eixo sem fim de entrada	X	
9	Deslocação para trás da máquina	X	
10	Ajustar altura da máquina	X	
11	Deslocação para a frente da máquina	X	
12	Testar a passagem de uma garrafa	X	
13	Deslocamento para o Enchedor	X	
14	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação		X

Tabela 14 - Sequência de tarefas do Enchedor

Enchedor			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X
2	Selecionar o formato da garrafa da nova OP no software – Métodos	X	
3	Retirar eixo sem fim da OP anterior (ENC01)	X	
4	Retirar guia central da OP anterior (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	X	
5	Substituir orientadores de gargalo	X	
6	Substituir peças da guia central (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	X	
7	Colocar guia central da OP seguinte (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	X	
8	Colocar eixo sem fim da OP seguinte (ENC01)	X	
9	Ajuste da estrela de entrada com uma garrafa da OP seguinte	X	
10	Ajuste do eixo sem fim de entrada com uma garrafa da OP seguinte	X	
11	Ajuste do eixo sem fim de saída com uma garrafa da OP seguinte	X	
12	Ajuste da estrela de saída com uma garrafa da OP seguinte	X	
13	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação		X

Tabela 15 - Sequência de tarefas do Rolhador

Rolhador			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X
2	Armazenamento das rolhas excedentes		X
3	Retirar guia central (RDB03)	X	
4	Retirar guia exterior (RDB01)	X	
5	Retirar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	X	
6	Retirar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	X	
7	Colocar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	X	
8	Colocar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	X	
9	Colocar guia exterior (RDB01)	X	
10	Colocar guia central (RDB03)	X	
11	Substituir as maxilas (RDB06)	X	
12	Substituir a calha da rolha (RDB05)	X	
13	Deslocação para trás da máquina	X	
14	Ajuste da altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	X	
15	Ajuste da altura do depósito das rolhas	X	
16	Deslocação para a frente da máquina	X	
17	Ajuste sem fim com uma garrafa da OP seguinte	X	
18	Testar a passagem de uma garrafa da OP seguinte	X	
19	Abastecer o depósito de rolhas	X	
20	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação		X

## Propostas de Melhoria

Tabela 16 - Sequência de tarefas da Rotuladora

Rotuladora				
Sequência	Tarefa	TI	TE	
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respectiva máquina			X
2	Retirar o excesso do rótulo e contrarrótulo da OP anterior			X
3	Abastecer a máquina com o rótulo, contrarrótulo e selos	X		
4	Substituir alisadores	X		
5	Desapertar parafuso de ajuste da altura da máquina e subir a mesma	X		
6	Retirar e colocar os pratos	X		
7	Substituir ou colocar picoletes	X		
8	Deslocação para o lado esquerdo da máquina	X		
9	Retirar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	X		
10	Retirar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	X		
11	Colocar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	X		
12	Colocar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	X		
13	Substituir guia bipartida (RTA05 e RTA06)	X		
14	Deslocação para trás da máquina	X		
15	Substituir sem fim (RTA01)	X		
16	Substituir estrela travão (RTA02)	X		
17	Retirar estrela de entrada (RTA03)	X		
18	Retirar guia central (RTA04)	X		
19	Retirar os amolgadores de garrafa	X		
20	Colocar novos amolgadores	X		
21	Colocar guia central (RTA04)	X		
22	Colocar estrela de entrada (RTA03)	X		
23	Testar a passagem de uma garrada modelo da OP seguinte nos componentes de entrada	X		
24	Afinar altura da máquina com recurso a uma garrafa da OP seguinte (através de botão - mecânico)	X		
25	Deslocação para a frente da máquina	X		
26	Selecionar o tipo de garrafa da OP seguinte no software	X		
27	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo, e respetivo ajuste	X		
28	Margem de erro para testes	X		
29	Deslocação para trás da máquina	X		
30	Ajuste do posicionamento do número de lote	X		
31	Deslocação para a frente da máquina	X		
32	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação			X

Tabela 17 - Sequência de tarefas do Distribuidor

Distribuidor				
Sequência	Tarefa	TI	TE	
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X	
2	Armazenar as cápsulas excedentes, controlando as que faltam para terminar a OP		X	
3	Colocar a máquina numa posição que permita tirar o maior número de ferramentas pela frente		X	
4	Retirar 1 guia central (CTE03)		X	
5	Retirar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)		X	
6	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)		X	
7	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)		X	
8	Colocar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)		X	
9	Colocar 1 guia central (CTE03)		X	
10	Deslocação para trás da máquina		X	
11	Subir a máquina		X	
12	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)		X	
13	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)		X	
14	Retirar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)		X	
15	Colocar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)		X	
16	Deslocação para a frente da máquina		X	
17	Desapertar estrela de entrada (CTE01)		X	
18	Deslocação para trás da máquina		X	
19	Substituir estrela de entrada (CTE01)		X	
20	Deslocação para a frente da máquina		X	
21	Apertar estrela de entrada (CTE01)		X	
22	Deslocação para trás da máquina		X	
23	Ajustar altura da máquina com garrafa da OP seguinte		X	
24	Deslocação para a frente da máquina		X	
25	Afinar as guias para suporte da garrafa		X	
26	Ajustar posicionamento do alimentador de cápsulas		X	
27	Abastecer o armazém com cápsulas		X	
28	Deslocamento para o Capsulador		X	
29	Arrumar as peças da OP anterior		X	

Tabela 18 - Sequência de tarefas do Capsulador

Capsulador				
Sequência	Tarefa	TI	TE	
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X	
2	Colocar a máquina numa posição que permita retirar as peças numa melhor posição ergonómica		X	
3	Retirar guia central (CRO05)	X		
4	Retirar estrela de saída (CRO06)	X		

## Propostas de Melhoria

Capsulador			
Sequência	Tarefa	TI	TE
5	Substituir guia bipartida de entrada (CRO01, CRO02, CRO03 e CRO04)	X	
6	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	X	
7	Colocar estrela de saída (CRO06)	X	
8	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	X	
9	Colocar guia central (CRO05)	X	
10	Deslocação para trás da máquina	X	
11	Retirar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	X	
12	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	X	
13	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	X	
14	Colocar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	X	
15	Ajustar altura da máquina com garrafa da OP seguinte	X	
16	Deslocação para a frente da máquina	X	
17	Ajuste da altura do suporte de gargalo	X	
18	Testar a passagem de uma garrafa pelas duas máquinas	X	
19	Abastecer o Distribuidor com cápsulas	X	
20	Arrumar as peças da OP anterior		X

Tabela 19 - Sequência de tarefas do *Wrap-Around*

Wrap-Around			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respectiva máquina		X
2	Retira as caixas excedentes da máquina, controlando as que faltam para terminar a OP		X
3	Retirar 6 separadores de garrafa e colocar os da OP seguinte	X	
4	Deslocamento para trás da máquina	X	
5	Desapertar de um lado as 3 guias da linha de encaixotamento	X	
6	Desapertar de um lado os 4 dentes	X	
7	Deslocamento para a frente da máquina	X	
8	Retirar as 3 guias da linha de encaixotamento	X	
9	Retirar os 4 dentes	X	
10	Retirar 2 separadores de garrafa	X	
11	Selecionar o programa da OP seguinte no software	X	
12	Colocar 2 separadores de garrafa	X	
13	Colocar as 3 guias da OP seguinte	X	
14	Colocar os 4 dentes da OP seguinte	X	
15	Deslocamento para trás da máquina	X	
16	Ajuste das guias das caixas	X	
17	Apertar as 3 guias da OP seguinte	X	
18	Apertar os 4 dentes da OP seguinte	X	
19	Deslocamento para a frente da máquina	X	
20	Ajustar altura dos palpadores de acordo com valores definidos	X	

Wrap-Around			
Sequência	Tarefa	TI	TE
21	Ajustar a largura do armazém com valor definido	X	
22	Ajustar 3 larguras de garrafa no distribuidor de garrafas mecanismo que divide as caixas em linhas para o posterior encaixotamento	X	
23	Abastecer armazém do cartão com cartão da OP seguinte	X	
24	Arrumar o material da OP anterior		X
25	Ajuste das guias da linha (Adaptar ao formato da caixa da nova OP)		X

Em consequência da identificação e reorganização das tarefas internas e externas do *setup*, das ferramentas de melhoria implementadas e da definição de um *Standard Work*, verificou-se um aumento significativo do tempo de *setup* associado a tarefas externas realizadas no momento adequado, ou seja, com a linha em produção. Passando de um valor de 11% para os 31% presentes no gráfico da Figura 45. Permitindo por sua vez uma redução percentual equivalente do período de *setup* correspondente às mesmas tarefas, mas executadas com a produção parada. Este valor fixou-se nos 7%, em contraste com os 27% registados no diagnóstico inicial presente na Figura 31. No âmbito das tarefas internas, o valor percentual representativo do intervalo de tempo dependente das mesmas manteve-se constante nos 62%.

Análise Geral - Após SMED  
Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa

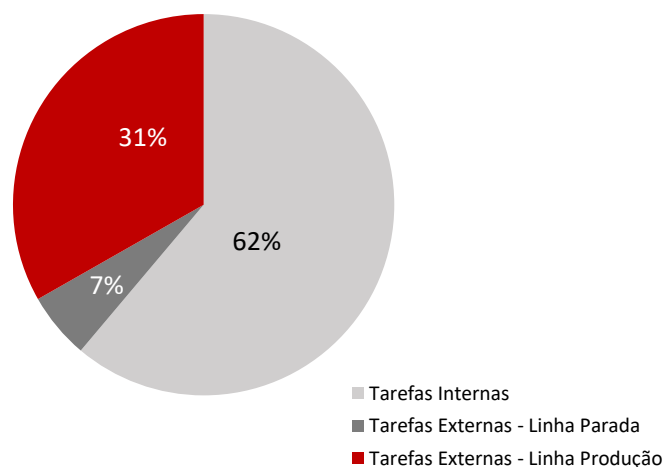


Figura 45 - Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa (Após SMED)

Do ponto de vista dos casos específicos abordados anteriormente, na Figura 46 podemos consultar a análise comparativa relativamente ao estado inicial e após a implementação do SMED, no âmbito do Despaletizador, onde são visíveis resultados extremamente positivos, pois 80% do tempo de troca de ferramentas deste mecanismo foi encaminhado para uma execução durante a produção, quando no início este valor era nulo. Assim como na Figura 47, podemos observar uma situação idêntica, mas agora no caso do Distribuidor, com um aumento das

## Propostas de Melhoria

tarefas externas do *setup* realizadas antes do final da produção de 23% para 76%. Resultados demonstrativos da minimização do *Processo Losses*. Seguidamente estes resultados foram demonstrados há equipa de produção, com o intuito de demonstrar que a experiência e a capacidade de trabalho dos mesmos, aliados aos processos de melhoria contínua contribuem para resultados aliciantes e motivadores.

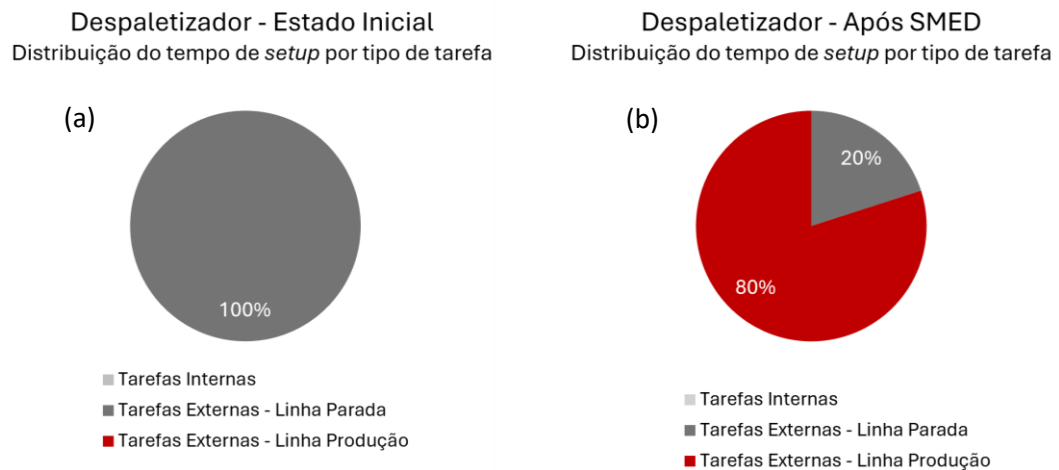


Figura 46 - Despaletizador: Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa antes (a) e após (b) intervenção

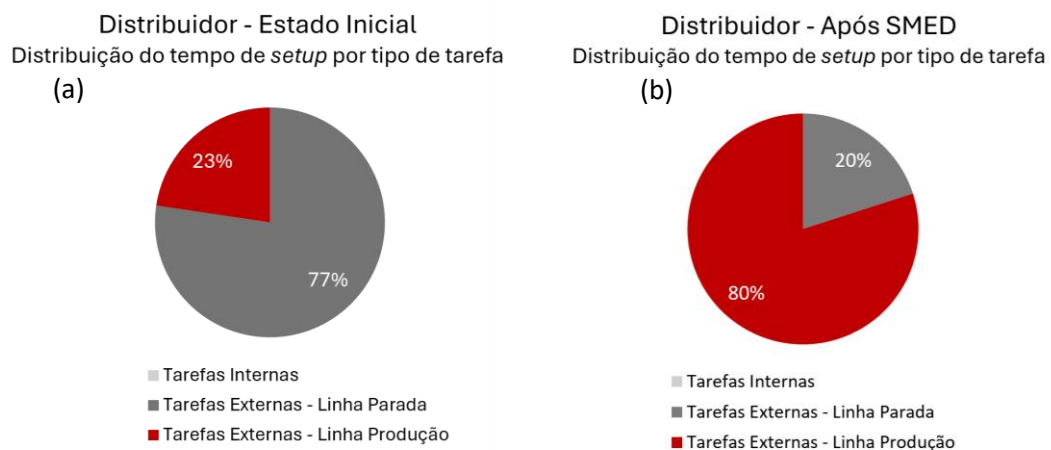


Figura 47 - Distribuidor: Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa antes (a) e após (b) intervenção

Em suma, estas melhorias implementadas na linha de produção, como os códigos de cores, as marcações dos locais de armazenamento, as legendas de peças, os registos e sistemas de referência para as afinações, estabelecem-se como ferramentas de Gestão Visual, e posteriormente, vão ao encontro do *Standard Work*, quando são estabelecidas sequências definidas de tarefas a realizar ao longo de todo o *setup*. E inevitavelmente, o impacto destas ações de melhoria, contribuem para o reforço dos princípios do 5S, gerando um ambiente de

trabalho mais organizado, limpo, padronizado e disciplinado. Ou seja, tal como na revisão da literatura, é identificada aqui uma relação direta entre estas ferramentas e o SMED.

### 4.3. Apresentação de Resultados: 1ª Fase

Com o objetivo de quantificar o impacto das melhorias implementadas na linha de engarrafamento, foi novamente realizada a cronometragem do *setup* em todas as máquinas que compõem o sistema de produção com o recurso às tabelas de registo expostas nos Apêndices de N a U, seguindo assim o mesmo procedimento utilizado na análise inicial. Os dados desta cronometragem, referentes ao tempo de *setup* despendido em tarefas que obrigaram à interrupção da produção, estão representados na Figura 48.

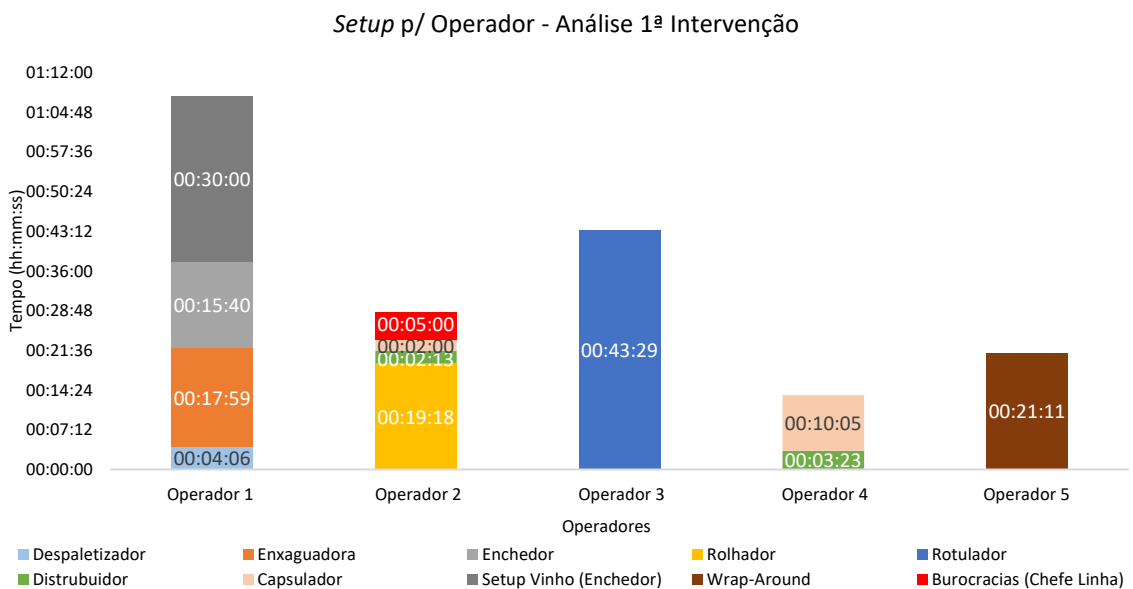


Figura 48 - Resultados da 1ª fase de intervenção

Realizando uma análise comparativa destes valores em relação aos da Figura 29, associados ao estado inicial deste processo, são visíveis melhorias significativas em virtude da reorganização das tarefas internas e externas, e da implementação das ferramentas visuais. Desde logo, o tempo de *setup* associado ao operador 1, este inicialmente tinha um período de trabalho durante a produção de aproximadamente 1 hora e 31 minutos, e após esta intervenção, recorrendo à Tabela 20, este tempo foi reduzido para 1 hora e 8 minutos, contabilizando uma redução de 26%. Este resultado deriva sobretudo da reorganização das tarefas externas do *setup* do Despaletizador, permitindo que o mesmo seja realizado maioritariamente com a linha em produção, o que não sucedia inicialmente. O mesmo ocorreu com a operadora do Distribuidor e do Capsulador, pois comparando os dados associados a esta operadora na Tabela 20, é notória uma redução das tarefas realizadas durante a interrupção da produção entre OP's, onde ocorreu uma diminuição do trabalho interno na ordem dos 47%.

Relativamente à Rotuladora, máquina associada ao operador 3, consultando a Tabela 20, foi obtida uma redução de 13 minutos, ou seja, 24% relativamente ao valor inicial, fruto essencialmente da redução dos testes e respetivas afinações do posicionamento do rótulo,

contrarrótulo e selo na garrafa. Visto que foi disponibilizada uma base de dados com as afinações correspondentes a cada tipo de rótulo. Esta melhoria associada à Rotuladora, tornou o Enchedor a máquina gargalo deste processo, uma vez que os 16 minutos de troca de peças e afinações do Enchedor e os 30 minutos do *setup* de vinho, impossíveis de realizar em simultâneo, perfazem um total de 46 minutos, superiores aos 44 minutos obtidos na cronometragem da Rotuladora.

Tabela 20 - Análise dos resultados da 1ª fase de intervenção por operador

Tempo de <i>Setup</i>					
Operador	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5
TOTAL p/ Operador – Início (hh:mm:ss)	01:31:09	00:32:05	00:56:55	00:25:21	00:24:48
TOTAL p/ Operador – 1ª Fase (hh:mm:ss)	01:07:45	00:28:31	00:43:29	00:13:28	00:21:11
Taxa Ocupação - 1ª Fase	100%	42%	64%	20%	31%

Apesar destas melhorias, em alguns casos bastante significativas, o problema associado à falta de equidade laboral entre os operadores da linha 23 persiste. Pois, consultado tanto graficamente os resultados na Figura 48 como a taxa de ocupação dos operadores na Tabela 20, concluímos que continua a existir uma grande discrepância entre o posto gargalo, associado ao operador 1, e os restantes elementos da equipa.

#### 4.4. Intervenção Prática: 2ª Fase

Face à lacuna identificada na revisão da literatura, relativamente há reduzida exploração de metodologias de trabalho para a introdução do balanceamento de linha num contexto prático real, o presente subcapítulo, através da adaptação dos princípios operacionais descritos por Carravilla (1998), demonstra a abordagem desenvolvida com base na observação direta, análise de tempos e redistribuição de tarefas entre operadores. Em que o objetivo principal passava por nivelar a carga de trabalho dos operadores ao longo do *setup* e melhorar o desempenho global da equipa no mesmo período, ou seja, eliminar a disparidade de valores referentes à taxa de ocupação dos operadores, obtida na Tabela 20.

Analisando de forma minuciosa os dados do gráfico da Figura 48, especialmente a coluna do operador com maior taxa de ocupação, foi identificado que o problema deriva essencialmente da alocação excessiva de diferentes máquinas para realizar o *setup* a esse operador, sobretudo a questão do Enchedor, pois após o *setup* mecânico do tipo 1 existe obrigatoriamente o *setup* de vinho. Ou seja, existe uma limitação para o tempo mínimo de interrupção da produção de sensivelmente 46 minutos. Face ao exposto, uma eventual redução do tempo de *setup* inicial, fixado nos 91 minutos, para estes 46 minutos, culminava numa redução de 50%, valor extremamente positivo.

Tendo em conta a conclusão extraída da análise desenvolvida no parágrafo anterior, foram apresentados estes dados à gestão do departamento de engarrafamento, e em sequência, definido o objetivo final para uma redução percentual similar ao idealizado em consequência

da limitação identificada anteriormente, os 50%. Face ao exposto, o desafio neste momento era reduzir o período de trabalho do operador do grupo de enchimento durante o *setup* e, por sua vez, aumentar o nível de ocupação dos restantes membros da equipa durante o período de interrupção da produção para o valor aproximado de 46 minutos, ou seja, introduzir alterações com o objetivo de obter uma equidade laboral entre os operadores. Há exceção do operador da Rotuladora, pois este já tinha um período de atividade associado às tarefas internas de 44 minutos.

Assim sendo, foi então definido o menor número de operadores necessários para realizar o *setup* da linha 23 no intervalo de tempo já definido, através da equação (1) associada às seguintes diretrizes práticas de Carravilla (1998), adaptadas a este contexto prático:

$$N_{min} = \frac{\sum T_i}{C} \quad (1)$$

$N_{min}$  – Número mínimo de operadores necessários para executar o *setup* da linha 23

$T_i$  – Tempo de *setup* na máquina  $i$  (minutos)

$C$  – Tempo de *setup* definido (minutos)

Deste modo, com base nos períodos associados ao *setup* individual das máquinas da linha em estudo, representados no gráfico da Figura 48, e com recurso à equação (1) foram obtidos os seguintes resultados:

$$C = 46 \text{ minutos}$$

$$\sum T_i = 175 \text{ minutos}$$

$$N_{min} = \frac{175}{46} = 3.80 \simeq 4 \text{ operadores}$$

No seguimento do processo, uma vez que os cálculos efetuados no âmbito do balanceamento da linha de produção indicaram que era possível reduzir o número de operadores responsáveis pelo *setup* da linha de produção, passando de 5 elementos para 4, foi necessário tomar uma decisão relativamente ao operador a retirar deste procedimento e integrar a equipa responsável pela mesa de manipulações. Neste posto, onde o trabalho é totalmente manual, existem equipas alocadas diariamente, mas quanto maior for o número de operadores, maior é a produtividade, logo quando existe disponibilidade por parte de operadores das linhas são também eles integrados nestes trabalhos. Assim, foi avaliada a taxa de cumprimento das tarefas do *setup* por parte de cada um dos operadores da linha 23, resultando que o único que não cumpria as mesmas a 100% era a operadora do Distribuidor e do Capsulador, visto que o chefe de linha tinha de ir realizar as afinações das respetivas máquinas, facto comprovado pelo gráfico da Figura 48. Em virtude desta análise, foi decidido em reunião de equipa, sempre com a presença dos responsáveis superiores, que no momento do *setup* a operadora 4 era então deslocada para a mesa de manipulações, decisão provisória numa primeira fase, para que com o recurso a testes práticos em produção se revele uma decisão acertada e conseqüentemente definitiva. De salientar que no estado inicial este movimento dos operadores já era comum, tal como transmitido na análise inicial, em consequência da baixa taxa de ocupação de alguns trabalhadores no momento do *setup* da respetiva linha.

Seguiu-se então a redistribuição dos operadores presente na Tabela 21. Do ponto de vista da Rotuladora, tudo se manteve constante, com um único operador responsável pelo *setup* da mesma. Agora no âmbito do grupo de enchimento, com o objetivo de conciliar os ganhos obtidos na reorganização das tarefas externas do Despaletizador, estas que resultaram numa redução de 80% das tarefas executadas no período de paragem da produção, como demonstrado na Figura 46, manteve-se então o operador do grupo de enchimento responsável por estas tarefas. Pois apresenta disponibilidade de as executar nesse período, como foi definido e demonstrado com o gráfico da Figura 48, e seguidamente executa a troca de peças do Enchedor e o respetivo *setup* de vinho, tarefas associadas ao *bottleneck* do processo. Para atingir o objetivo proposto era fundamental reduzir a carga sobre este operador, deste modo o operário do WA foi incumbido de realizar a troca de peças e respetiva afinação no Enxaguador, antes de realizar no WA. Para que tal fosse possível, este teve de ser sujeito a sessões de formação, uma vez que não tinha qualquer tipo de experiência com esta máquina. E por fim, neste caso o chefe de linha, assumiu a responsabilidade de realizar completamente os *setups* do Distribuidor e do Capsulador, e como já era hábito, do Rolhador.

Tabela 21 - Balanceamento: Redistribuição dos operadores no *setup*

Operador	Posto de Trabalho
Operador 2 (Chefe de Linha)	Distribuidor
	Capsulador
	Rolhador
Operador 1 (Operador - Grupo de Enchimento)	Despaletizador
	Enchedor
Operador 3 (Operador - Rotuladora)	Rotuladora
Operador 5 (Operador – <i>Wrap-Around</i> )	Enxaguador
	<i>Wrap-Around</i>
Operador 4 (Operador – Distribuidor e Capsulador)	Mesa de Manipulação

No decorrer deste processo, foi também implementado no Rolhador um motor para o operador realizar o ajuste da altura do depósito das rolhas. O plano de intervenção sobre esta situação tinha sido proposto ainda na primeira fase, mas devido à espera pelo material foi apenas executado neste momento.

Na Figura 49 está representado o mecanismo de ajuste da altura do depósito do Rolhador existente inicialmente, este que estava colocado atrás da máquina numa posição significativamente inferior, exigindo que o operador assumisse uma postura fletida. Para além desta situação ergonómica, o sistema de engrenagens deste mecanismo possuía uma relação muito pequena, problema que se refletia na grande perda de tempo na execução deste ajuste, aproximadamente dois minutos para o *setup* mais crítico, troca de garrafa Cockburn's 100 para Tulip. Para reduzir o tempo de *setup* neste momento, este mecanismo foi substituído por um motor inativo, como demonstrado na Figura 50, promovendo uma solução mais económica e

sustentável, tendo-se o cuidado de colocar o comando responsável por acionar este movimento na frente da máquina, permitindo ao operador realizar a afinação do depósito de rolhas numa posição ergonomicamente estável.



Figura 49 - Mecanismo do depósito de rolhas no estado inicial



Figura 50 - Motor instalado no depósito do Rolhador Bartop

## Propostas de Melhoria

O efeito da aplicação deste motor no Rolhador em termos de deslocamentos está representado no diagrama de esparguete da Figura 51. Sendo que numa fase inicial o operador era obrigado a vários movimentos curtos na zona posterior da máquina, por forma a confirmar a posição ideal do depósito de rolhas, mas atualmente este acompanha na frente da máquina o movimento deste depósito até ser atingida essa posição correta.

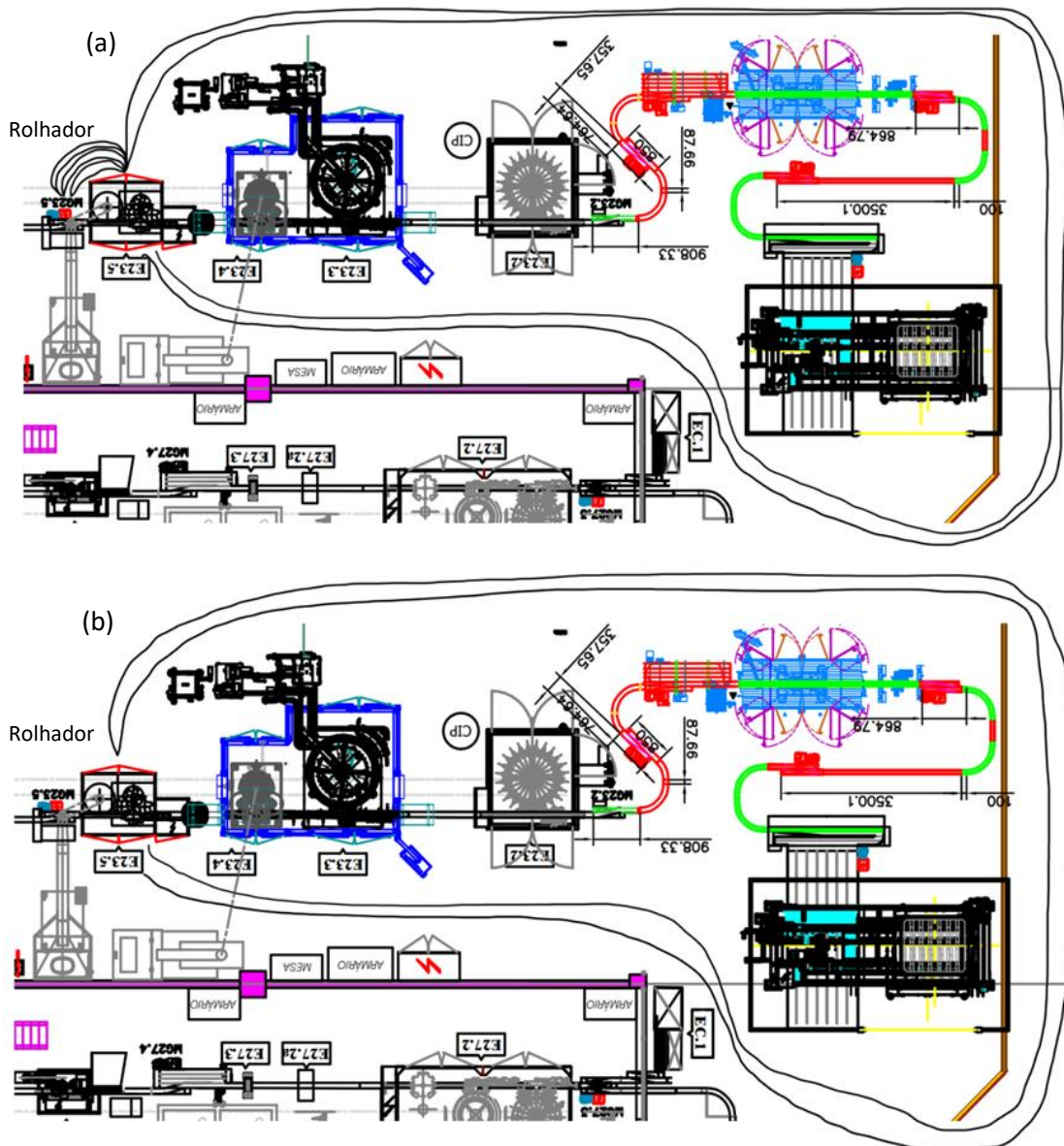


Figura 51 - Diagrama de Esparguete: Deslocamentos antes (a) e após (b) a instalação do motor elétrico no Rolhador

Em consequência das alterações implementadas no Rolhador, Distribuidor e Capsulador, na Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24, respetivamente, estão as ordens de trabalho associadas a estas máquinas atualizadas relativamente às anteriormente idealizadas, por forma a serem enquadradas com a realidade atual. A tipologia das tarefas mantém-se, pois tanto a influência das máquinas no processo produtivo como o tipo de peças a substituir não tiveram alterações, no entanto, no Rolhador o ajuste da altura do depósito de rolhas passou a ser realizado na

frente da máquina, e o *setup* do Distribuidor e do Capsulador é atualmente realizado em simultâneo.

Tabela 22 - Sequência de tarefas do Rolhador após 2ª intervenção

Rolhador				
Sequência	Tarefa	TI	TE	
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina			X
2	Armazenamento das rolhas excedentes			X
3	Retirar guia central (RDB03)	X		
4	Retirar guia exterior (RDB01)	X		
5	Retirar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	X		
6	Retirar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	X		
7	Colocar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	X		
8	Colocar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	X		
9	Colocar guia exterior (RDB01)	X		
10	Colocar guia central (RDB03)	X		
11	Substituir as maxilas (RDB06)	X		
12	Substituir a calha da rolha (RDB05)	X		
13	Deslocação para trás da máquina	X		
14	Ajuste da altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	X		
15	Deslocação para a frente da máquina	X		
16	Ajuste da altura do depósito das rolhas	X		
17	Ajuste sem fim com uma garrafa da OP seguinte	X		
18	Testar a passagem de uma garrafa da OP seguinte	X		
19	Abastecer o depósito de rolhas	X		
20	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação			X

Tabela 23 - Sequência de tarefas do Distribuidor após 2ª intervenção

Distribuidor				
Sequência	Tarefa	TI	TE	
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina			X
2	Armazenar as cápsulas excedentes, controlando as que faltam para terminar a OP			X
3	Retirar 1 guia central (CTE03)			X
4	Retirar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)			X
5	Retirar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)			X
6	Retirar guia bipartida interior (CTE05 e CTE06)			X
7	Colocar guia bipartida interior (CTE05 e CTE06)			X
8	Colocar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)			X
9	Colocar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)			X
10	Colocar guia central (CTE03)			X
11	Deslocamento para o Capsulador			X
12	Ajustar altura da máquina			X

## Propostas de Melhoria

Distribuidor			
Sequência	Tarefa	TI	TE
13	Substituir estrela de entrada (CTEO01)		X
14	Deslocação para a frente da máquina		X
15	Afinar as guias para suporte da garrafa		X
16	Ajustar posicionamento do alimentador de cápsulas		X
17	Deslocamento para o Capsulador		X
18	Abastecer o armazém com cápsulas		X
19	Arrumar as peças da OP anterior		X
20	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X

Tabela 24 - Sequência de tarefas do Capsulador após 2ª intervenção

Distribuidor			
Sequência	Tarefa	TI	TE
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina		X
2	Retirar guia central (CRO05)	X	
3	Retirar estrela de saída (CRO06)	X	
4	Retirar guia bipartida interior (CRO07 e CRO08)	X	
5	Retirar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	X	
6	Substituir guia bipartida de entrada (CRO01, CRO02, CRO03 e CRO04)	X	
7	Colocar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	X	
8	Colocar guia bipartida interior (CRO07 e CRO08)	X	
9	Colocar estrela de saída (CRO06)	X	
10	Colocar guia central (CRO05)	X	
11	Deslocação para trás da máquina	X	
12	Ajuste da altura da máquina	X	
13	Deslocamento para o Distribuidor	X	
14	Ajuste da altura do suporte de gargalo	X	
15	Testar a passagem de uma garrafa e respetivas afinações	X	
16	Deslocamento para o Rolhador	X	
17	Abastecer o Distribuidor com cápsulas	X	
18	Arrumar as peças da OP anterior		X

Regressando às ferramentas provisórias, implementadas na fase inicial do projeto no Despaletizador, no Laser e no Capsulador, perante a satisfação e recorrente utilização das mesmas por parte dos colaboradores, foi iniciada a substituição das mesmas por ferramentas definitivas, como podemos verificar na Figura 52 a implementação da régua no mecanismo do Laser. Relativamente ao sistema de referência do Despaletizador, a substituição do sistema provisório pelo definitivo, está dependente da disponibilidade da equipa de manutenção. Já a tabela final do Capsulador, aguarda a utilização de todas as garrafas associadas à linha para registo das respetivas alturas.



Figura 52 - Régua definitiva no laser de marcação do nº de lote

#### 4.5. Apresentação de Resultados: 2ª Fase

Como resultado da reestruturação desenvolvida nesta 2ª fase de intervenção, mais especificamente da atribuição do *setup* do Distribuidor e do Capsulador ao chefe de linha, foi verificada uma redução significativa de movimentos desnecessários, um dos tipos de *Muda* identificados na filosofia *Lean*. Tal como evidenciado na Figura 53, as deslocações para trás da máquina diminuíram de três para uma, representando a eliminação de desperdícios do tipo “movimento”. Este resultado surgiu devido a uma maior compatibilidade ergonómica entre este operador e o posto de trabalho, no caso do Distribuidor. Já relativamente ao Capsulador, inicialmente o *setup* era realizado após o final da troca de ferramentas do Distribuidor, no entanto, com esta alteração passou a ser realizado em simultâneo com o Capsulador, como demonstrado na Figura 53 (b). Esta alteração possibilitou a redução de mais uma deslocação desnecessária, anteriormente exclusiva ao *setup* do Capsulador, e contribuiu ainda para a mitigação de *Muda* do tipo “espera”, ao promover a sincronização de tarefas e a consequente otimização do fluxo de trabalho no *setup* destas máquinas.

## Propostas de Melhoria

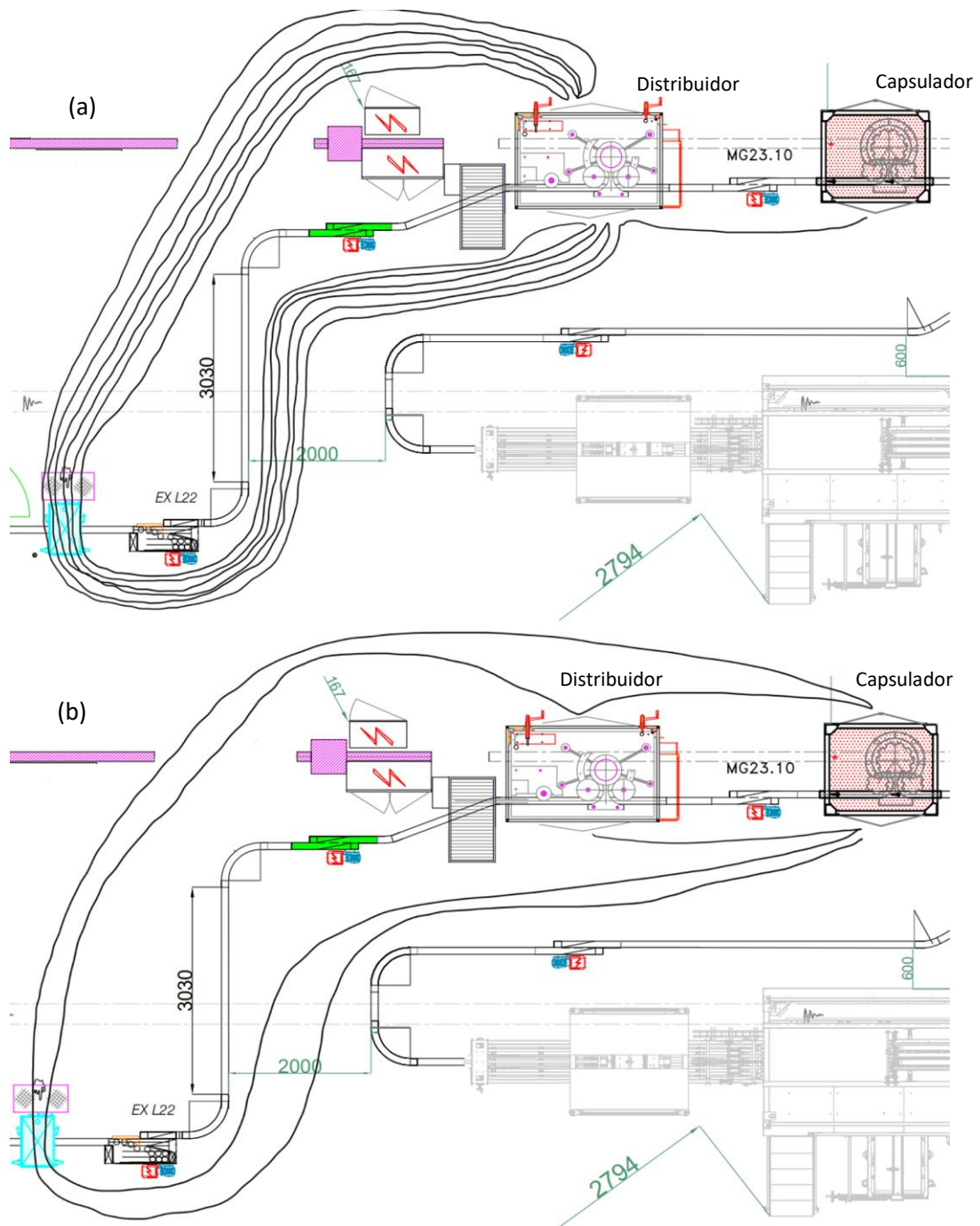


Figura 53 - Diagrama de Esparguete: Deslocamentos antes (a) e após (b) a afetação do chefe de linha ao Distribuidor e Capsulador

No entanto, os resultados inicialmente obtidos na implementação do SMED foram condicionados. Pois a operadora responsável pelo *setup* do Distribuidor, operação realizada maioritariamente com a linha em produção, como demonstrado na Figura 47, foi transferida para a linha de manipulação durante este período de *setup*. Desta forma, como o chefe de linha, novo responsável por esta troca de ferramenta, realiza a contagem final da produção e todas as burocracias associadas ao encerramento da mesma, não tem disponibilidade para realizar estas tarefas externas no *timing* correto. Consequentemente a esta alteração, e focando apenas

nas tarefas externas, responsáveis por um grande impacto ao nível da redução do período de *setup*, cerca de 26%, como obtido nos resultados da 1ª intervenção. A reorganização das mesmas e consequente formação aos operadores, com o recurso às ordens de trabalho desenvolvidas, culminou num aumento do tempo associado às tarefas externas realizadas durante a produção de 42%, passando de 29% para 71%, como podemos analisar nos gráficos da Figura 54. Dentro dos mesmos valores, mas em sentido inverso, as tarefas externas realizadas durante a paragem de produção foram minimizadas.

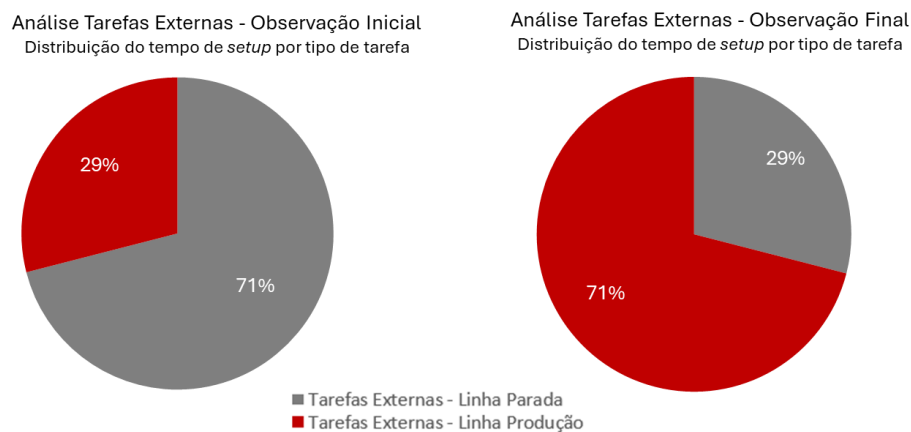


Figura 54 - Análise final percentual das externas no início (a) e final (b) do projeto

Por fim, do ponto de vista da análise geral a todo o tipo de tarefas envolvidas no *setup*, foi obtida uma percentagem de tarefas internas equivalente ao estado inicial, fixada nos 62%, pois em virtude da complexidade dos mecanismos e consequentemente custos avultados de investimento, não foram realizadas intervenções técnicas, como a duplicação de ferramentas, para transformar tarefas internas em externas. Prosseguindo com esta análise final, foi obtida uma percentagem de 9% no âmbito das tarefas externas executadas com a linha parada, representando uma redução acentuada de 18%, relativamente aos dados iniciais. E por fim, um valor percentual de 29% associado às tarefas externas executadas durante a produção, proporcionando um aumento de 18% comparativamente à informação recolhida inicialmente. Estes dados referentes à análise inicial e final podem ser consultados de forma esquemática nos gráficos da Figura 31 e Figura 55, respetivamente.

Análise Geral - Observação Final  
Distribuição do tempo de *setup* por tipo de tarefa

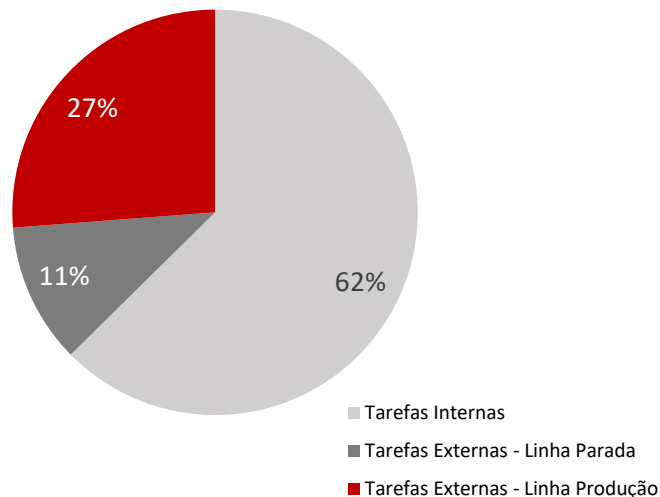


Figura 55 - Análise final percentual das tarefas internas e externas

Em virtude das ferramentas de melhoria implementadas, mas sobretudo da redistribuição dos operadores no momento do *setup*, foram obtidos os resultados finais do projeto representados graficamente na Figura 56, provenientes da cronometragem final desenvolvida nos mesmos moldes das anteriores, cuja documentação detalhada da cronometragem pode ser consultada nos Apêndices V a CC. Deste modo, com base na análise do gráfico, é possível concluir que o conjunto de tarefas associadas ao operador do grupo de enchimento, mantêm-se como o *bottleneck* do *setup*, com um tempo total de 49 minutos, sendo então este o novo tempo de inatividade da linha em consequência da execução do *setup* do tipo 1. Enquanto na Tabela 25 são discriminados os tempos totais de operação individual de cada operador no período de inatividade produtiva e a respetiva taxa de ocupação nesse mesmo intervalo de tempo. Com base nesta análise percentual, é notório o equilíbrio laboral existente entre todos os operadores responsáveis pela execução do *setup*, pois para além do operador associado ao *bottleneck* do processo, cujo tem uma ocupação de 100%, também os restantes têm um grau de aproveitamento dos 49 minutos de *setup* elevado, correspondente a 90%, 88% e 81%.

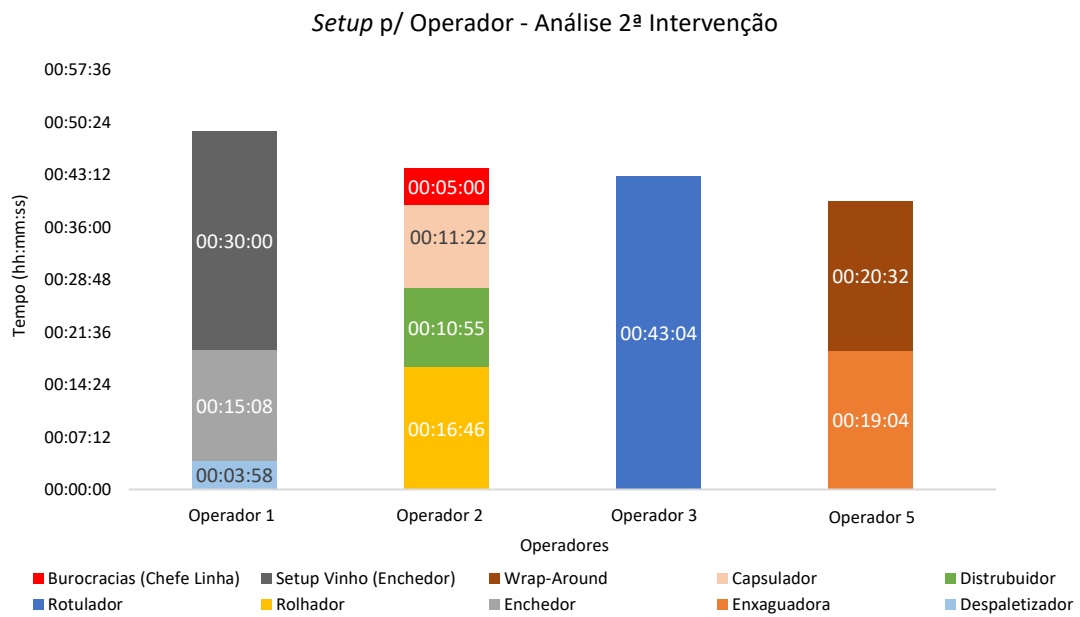


Figura 56 - Resultados da 2ª fase de intervenção

Tabela 25 - Análise dos resultados da 2ª intervenção por operador

Tempo de Setup – Resultado Final				
Operador	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 5
TOTAL p/ Operador Início (hh:mm:ss)	01:31:09	00:32:05	00:25:21	00:24:48
TOTAL p/ Operador – 2ª Fase (hh:mm:ss)	00:49:06	00:44:03	00:43:04	00:39:36
Taxa Ocupação	100%	90%	88%	81%

## 5. Análise de Resultados e Conclusão

Seguindo a sequência cronológica da dissertação, uma vez apresentado o estado inicial da empresa, as propostas de melhoria e os resultados da respetiva aplicação prática, segue-se este capítulo final que visa analisar os resultados obtidos, essencialmente as diferenças identificadas relativamente aos dados recolhidos no início do projeto e no final, e o impacto das ações implementadas na Sustentabilidade da empresa. Posteriormente, é apresentada a conclusão global do projeto, onde são sintetizados todos os pontos abordados na dissertação, enfatizando os resultados obtidos. E por fim, são identificadas possíveis linhas de progresso e investigação futura no âmbito do seguimento do projeto desenvolvido como base para esta dissertação.

### 5.1. Análise de Resultados

Previamente à análise dos resultados obtidos na componente prática da dissertação, na Tabela 26 é realizada uma síntese das propostas de melhoria implementadas na empresa, com o objetivo de realizar uma conexão entre as mesmas e os respetivos resultados. Importante mencionar que a implementação de um *Standard Work* e a disponibilidade da ordem de trabalho para o *setup* é comum a todas as máquinas, assim como a atualização da legenda de garrafas.

Tabela 26 - Resumo das ações de melhoria implementadas

Melhorias Implementadas	
Máquinas	Melhorias
Despaletizador	Organização das tarefas externas e internas do <i>setup</i>
	Registo do posicionamento das almofadas por tipo de garrafa
Enxaguador	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa
	Legenda dos códigos das peças
	Alteração do operador responsável pelo <i>setup</i>
	Organização e identificação do local de armazenamento das peças
Enchedor	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa
	Legenda dos códigos das peças
	Organização e identificação do local de armazenamento das peças
Rolhador <i>Bartop</i>	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa

Melhorias Implementadas	
Máquinas	Melhorias
	Legenda dos códigos das peças
	Organização e identificação do local de armazenamento das peças
	Substituição do mecanismo manual por motor elétrico
	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa
	Legenda dos códigos das peças
Rotuladora	Organização e identificação do local de armazenamento das peças
	Régua graduada no laser
	Registo das afinações a realizar por tipo de rótulo
	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa
Distribuidor	Legenda dos códigos das peças
	Alteração do operador responsável pelo <i>setup</i>
	Reposição das etiquetas nas peças por tipo de garrafa
	Legenda dos códigos das peças
Capsulador	Registo das alturas da máquina por tipo de garrafa
	Alteração do operador responsável pelo <i>setup</i>

Primeiramente vão ser analisados os dados referentes à troca de ferramentas geral, contemplando tanto as tarefas internas como as externas deste período, e ainda o *setup* de vinho. Recorrendo então ao gráfico de barras da Figura 57, onde estão disponíveis os dados referentes ao estado inicial e final deste processo, como discriminado na legenda. É possível analisar, tanto visualmente como através dos rótulos de dados representativos do tempo individual de cada operador, que no caso dos operadores que inicialmente possuíam um maior tempo de atividade, mais especificamente os operadores 1 e 3, ocorreu um decréscimo desse período, essencialmente no primeiro, com uma redução na ordem dos 29%, e no segundo um decréscimo de 12%. Enquanto nos restantes surgiram duas situações distintas, em virtude das decisões tomadas. Ou seja, a operadora 4 passou a ter um período de atividade nulo, uma vez durante este intervalo de tempo vai acrescentar mão de obra para as linhas de manipulação. Já o chefe de linha, operador 2, e o operador 5, viram aumentar o seu contributo direto em 37% e 57%, respetivamente. Sendo que estes valores percentuais, representativos do incremento e decréscimo do tempo de atividade durante as trocas de ferramentas e afinações, associados a cada operador estão presentes na Tabela 27.

Uma vez que o *bottleneck* do estado inicial coincide com o do estado final, como podemos comprovar na análise gráfica da Figura 57, então, a redução em termos globais dos procedimentos que contemplam as tarefas internas e externas desta linha de produção, corresponde à diminuição do período de trabalho associado a esse operador. Ou seja, os 29% correspondentes ao operador 1, este que viu o seu intervalo de tempo de atividade passar de 1 hora e 34 minutos, para 1 hora e 7 minutos.

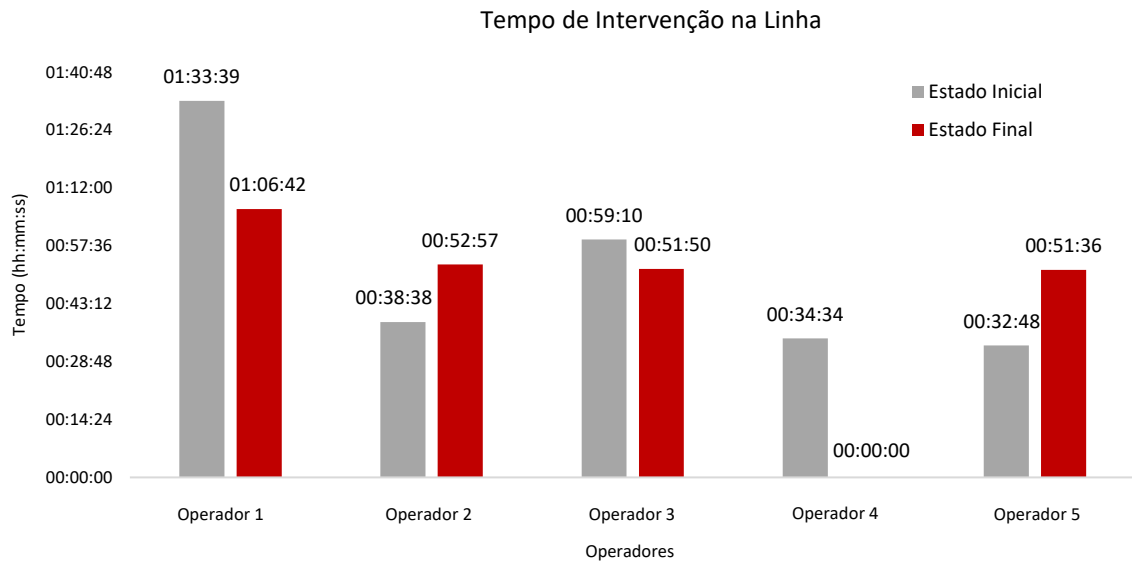


Figura 57 - Análise final: Tempo de Intervenção na Linha

Tabela 27 - Análise final: Impacto no tempo de intervenção na linha

Tempo de Intervenção na Linha – Análise Final					
Operador	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5
Impacto p/ Operador	- 00:26:57	00:14:19	- 00:07:20	<sup>1</sup>	00:18:48
Impacto percentual	-29%	37%	-12%	<sub>1</sub>	57%

No seguimento desta abordagem, com recurso ao gráfico da Figura 58 representativo do trabalho em paralelo dos operadores e à Tabela 28, vai ser analisado o impacto das melhorias mencionadas na Tabela 26 no período do *setup* da linha 23, responsável pela interrupção da produção.

Focalizando, numa primeira fase, o estado inicial, era notória a discrepância de carga de trabalho entre os operadores responsáveis por realizar as trocas de ferramentas e as respetivas afinações, acrescido do *setup* de vinho no caso do operador do Enchedor. Ainda dentro deste capítulo, a título de exemplo, o *bottleneck* do processo apresentava um período de atividade de 1 hora e 31 minutos e o operador com o menor tempo de atividade apenas contribuía ativamente no *setup* com 25 minutos de operação, dados representativos da grande falta de equidade laboral entre os elementos da equipa. Posto isto, em consequência das propostas de melhoria implementadas, este problema foi ultrapassado, uma vez que a redistribuição das tarefas do *setup* pelos operadores culminou num balanceamento do período de trabalho equilibrado, este que é visível através do nivelamento das barras correspondentes ao estado final do gráfico da Figura 58 e em termos numéricos, com recurso à Tabela 25 é possível verificar que a taxa de ocupação dos mesmos ficou fixada entre os 100% e os 80%, enquanto inicialmente este intervalo era entre os 100% e os 27%. No entanto, para serem atingidos estes

<sup>1</sup> Operadora da equipa da linha 23 alocada à linha de manipulações durante o *setup*

resultados positivos, os operadores 1 e 3, tiveram um decréscimo do tempo de operação no *setup* de 46% e 24%, respetivamente. E os colaboradores 2 e 5 foram expostos ao inverso, ou seja, no primeiro caso ocorreu um incremento de 37% ao período de atividade inicial no *setup* e no seguinte, um aumento de 60%, estes dados percentuais estão mencionados na Tabela 28.

Do ponto de vista do tratamento dos dados associados ao período de inatividade da linha, consultando a Figura 58, inicialmente este intervalo de tempo era de 1 hora e 31 minutos, mas na cronometragem final, constatou-se que o operador responsável pelo conjunto de tarefas *bottleneck* era o mesmo. No entanto este período é agora de apenas 49 minutos, representando assim, como resultado final do projeto, uma redução de 46% do período de interrupção da produção.

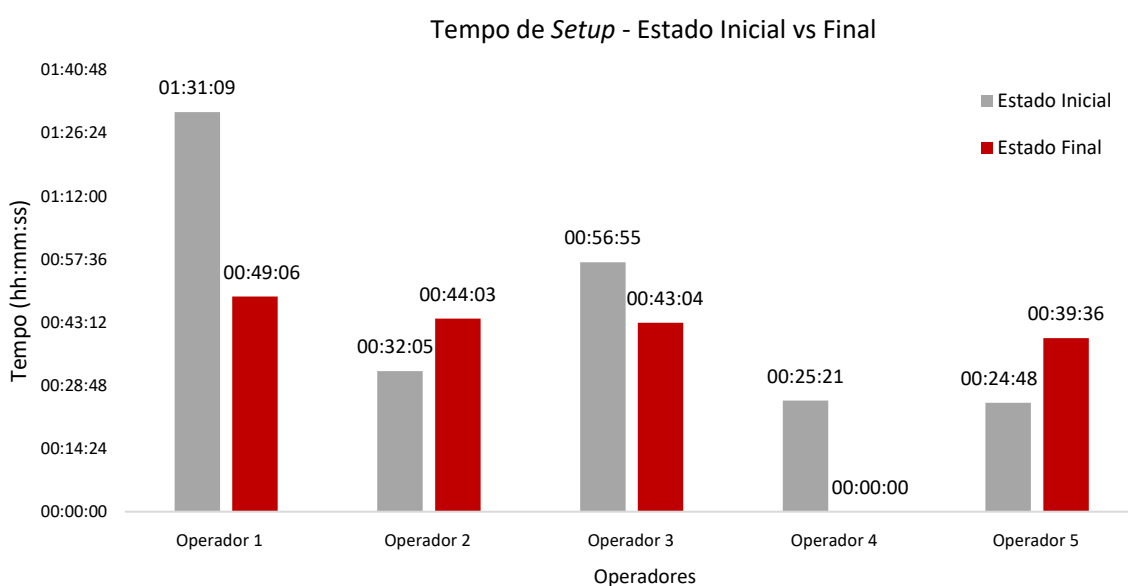


Figura 58 - Análise final: Estado inicial vs final do tempo de *setup*

Tabela 28 - Análise final: Impacto no tempo de *setup*

Tempo de Setup – Análise Final					
Operador	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5
Impacto p/ Operador	- 00:42:03	00:11:58	- 00:13:51	1	00:14:48
Impacto percentual	- 46%	37%	-24%	1	60%

## 5.2. Impacto na Sustentabilidade da Empresa

Face ao exposto na Tabela 26, nos próximos subcapítulos são analisados individualmente os impactos destas intervenções práticas, no *setup* tipo 1 da linha de engarramento e encaixotamento, relativamente aos três pilares da Sustentabilidade. Esta análise vai recair sobre dois campos distintos, o qualitativo e o quantitativo. O primeiro incide sobretudo nos

aspectos que são identificados no acompanhamento diário dos trabalhos de produção e do *feedback* dos respetivos operadores. Enquanto o segundo domínio deste estudo, avalia em termos numéricos os resultados obtidos, sendo que no desenvolvimento do mesmo vão ser utilizados regularmente os dados da Tabela 29, referentes à evolução do tempo de *setup*.

Tabela 29 - Sustentabilidade: Valores referência do *setup*

Tempo <i>Setup</i> - Produção Parada			
Indicador	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Tempo de <i>setup</i> (hh:mm:ss)	01:31:09	00:49:06	- 00:42:03
Tempo de <i>setup</i> (minutos)	91	49	- 42

### 5.2.1. Pilar Ambiental

Do ponto de vista do pilar ambiental, uma vez que este *setup* é restringido essencialmente à substituição de peças das máquinas da linha produtiva e respetivas afinações, o parâmetro desta área da Sustentabilidade afetado por este projeto, foi o desperdício energético. Pois ao ocorrer a redução do tempo de *setup*, como concluído no gráfico da Figura 58, conseqüentemente o período de utilização de energia para alimentação das máquinas durante estas atividades que não geram valor para o cliente, também é mais curto.

Deste modo, para quantificar este facto, foi realizado o registo do consumo semanal da linha como identificado na Tabela 30. Posto isto, conjugando os dados da Tabela 29 e da Tabela 30, foi obtida uma redução de 0,255 kWh de energia por *setup* do tipo 1, correspondente a nível percentual, a uma redução de 46%, como reportado na Tabela 31.

Tabela 30 – Sustentabilidade: Registo dos consumos de energia

Registo dos Consumos de Energia	
Início da Semana	2507,71 kWh
Final da Semana	2524,11 kWh
Consumo Semanal Total	16,4 kWh
Consumo	0,00607 kWh/min
Custo	2,00 €/kWh

Tabela 31 - Sustentabilidade: Impacto nos consumos energéticos

Pilar Ambiental			
Indicador	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Desperdício de Energia no <i>setup</i>	0,055 kWh	0,030 kWh	- 0,25 kWh
Impacto no consumo de energia por <i>setup</i> (%)	-	-	- 46%

### 5.2.2. Pilar Social

No âmbito social, ao contrário do que sucedeu no pilar ambiental, as conclusões relativamente ao impacto das melhorias implementadas são extraídas por intermédio da análise do fluxo de trabalho durante a preparação e execução do *setup*, assim como pelas interações diretas e indiretas com os elementos da equipa de produção, principalmente os alocados à linha, mas também os externos.

Em virtude de sistemas de apoio e organização mais intuitivos, como as ferramentas de gestão visual adotadas e o aperfeiçoamento da organização do ambiente de trabalho, foram notórias as melhorias das condições de trabalho e a minimização do risco de erro por parte dos colaboradores, sobretudo na seleção das peças. Um outro aspeto decisivo foi a padronização das tarefas do *setup*, contribuindo para a prática de procedimentos mais claros e otimizados. A medida que diretamente e indiretamente proporcionou um grande incremento de valor neste pilar social da Sustentabilidade, foi o balanceamento da linha de produção, pois de imediato levou à formação de operadores, e conseqüentemente ao aumento das capacidades dos mesmos, motivo de satisfação e motivação, tornando a equipa de trabalho mais especializada. Atingido um dos objetivos desta ação, ocorreu a redução da inoperação dos trabalhadores e o número de operadores necessários para realizar o *setup*, passando de cinco para quatro elementos. Inevitavelmente, a partir do momento em que os funcionários da linha no momento do *setup* foram alocados a outras máquinas, para além das operadas por eles ao longo da produção, há um maior envolvimento entre operadores, contribuindo assim para um ambiente de trabalho mais colaborativo.

Também do ponto de vista dos riscos ergonómicos, resultantes de posições de trabalho inadequadas, como era o caso do ajuste da altura do depósito de rolhas, e o grande volume de deslocações desnecessárias no Distribuidor, fruto da incompatibilidade ergonómica da operadora relativamente à máquina, foram situações intervencionadas. No primeiro caso com a instalação do motor elétrico e no segundo a substituição do operador responsável por esse *setup*.

### 5.2.3. Pilar Económico

No contexto económico, a redução do tempo de *setup* descrito na Tabela 29 conduz a análise deste pilar da Sustentabilidade para quatro campos distintos. A redução dos gastos associados ao desperdício de energia e aos salários dos operadores neste período, onde não é gerado valor para o cliente, o aumento da disponibilidade da linha de produção, gerando um aumento da produtividade, e o aumento da eficiência na execução do *setup*.

Para realizar estes estudos são indispensáveis alguns dados de referência, como a velocidade média da linha, o número de semanas de trabalho anualmente, a quantidade de horas de trabalho semanalmente, o número de operadores afetos ao *setup* da linha antes e após o projeto, o custo para a empresa de um operador por hora de trabalho, e o número médio de *setups* realizados anualmente, para este caso foi utilizada a média móvel com recurso ao

levantamento de dados históricos relativamente aos anos de 2021, 2022, 2023 e 2024, tal como apresentado na Tabela 32.

Tabela 32 - Sustentabilidade: Registos da atividade produtiva

Registos da Atividade Produtiva	
Número de semanas por ano	52
Horas de trabalho por semana (hh:mm:ss)	45:00:00
Horas de trabalho anual (hh:mm:ss)	2340:00:00
Velocidade média da linha	3500 garrafas/hora
Número de operadores no <i>setup</i> - inicial	5
Número de operadores no <i>setup</i> - final	4
Custo por operador	15,00 €/h
Nº <i>setups</i> em 2021	38
Nº <i>setups</i> em 2022	30
Nº <i>setups</i> em 2023	26
Nº <i>setups</i> em 2024	43
Nº <i>setups</i> médio por ano	34

Assim sendo, com a combinação do custo referência da energia elétrica da Tabela 30 com os consumos deste recurso energético no período de *setup*, registados na Tabela 31, é obtida a redução dos custos envolvidos no intervalo de troca de ferramentas, durante a paragem da produção, culminando numa redução de 46%, como registado na Tabela 33.

Tabela 33 - Sustentabilidade: Impacto nos custos energéticos

Indicador	Pilar Económico		
	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Gastos com energia	1,11 €/setup	0,60 €/setup	- 0,51 €/setup
Gastos com energia	37,59 €/ano	20,24 €/ano	- 17,35 €/ano
Impacto nos gastos com energia no <i>setup</i>	-	-	- 46%

Ainda ao nível da redução de custos derivada da redução do tempo de *setup*, foi realizada uma análise ao valor monetário gasto com os operadores da respetiva linha, antes e após a implementação das propostas de melhoria, no período de inatividade da linha. Pois durante a produção, ainda que sejam realizadas tarefas de troca de ferramentas e afinações, diretamente associadas ao *setup*, está a ser gerado valor para o cliente e dessa forma os custos com os operadores são diluídos por via dos lucros resultantes da produção. Situação contrária ao que sucede no momento de interrupção da produção, pois os operadores estão a realizar tarefas que não se traduzem em qualquer benefício tanto para o cliente como para a empresa.

Para realizar esta análise, foi utilizado um custo de mão de obra de 15 euros por hora, sendo este valor fictício devido a restrições relacionadas com a proteção de dados da empresa. Deste modo, com o recurso a este valor monetário e aos dados relativamente aos tempos de *setup* registados na Tabela 29, foi obtida uma redução de 39% no valor despendido inicialmente para

pagar aos operadores por este período improdutivo, quando comparado com os valores atuais do mesmo momento de mudança de peças, vinho e afinações. Esta redução que resultou essencialmente da limitação do número de operadores no *setup* a 4 elementos e da respetiva distribuição de tarefas. Tanto este impacto percentual como os dados financeiros resultantes desta análise, estão discriminados na Tabela 34.

Tabela 34 - Sustentabilidade: Impacto nos custos com os trabalhadores

Pilar Económico			
Indicador	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Gastos com os operadores	80,75 €/setup	49,00 €/setup	-31,75 €/setup
Gastos com os operadores	2 745,50 €/ano	1 666,00 €/ano	-1 079,50 €/ano
Impacto nos gastos com operadores	-	-	- 39%

Avançando para o alargamento da disponibilidade produtiva da linha, é esperado um aumento da produção em consequência dos 42 minutos ganhos no período de *setup* interno. Como ponto de partida para esta análise, foram utilizados os dados relativos ao número de semanas de trabalho por ano e o número de horas de trabalho por semana, dados da Tabela 32, sendo com isto obtida a disponibilidade total da linha de produção. No entanto, a este valor foi retirado o período utilizado para a realização dos *setups* do tipo 1 anualmente, gerando neste momento a distinção entre a disponibilidade da linha no antes e no após o projeto, como podemos verificar na Tabela 35. Uma vez obtida a disponibilidade da linha, com o recurso ao valor da velocidade média da linha de produção, as 3500 garrafas por hora, é obtido o aumento da produtividade anual, valor fixado nas 83 370 garrafas. Este valor corresponde apenas a um crescimento da produtividade da linha em 1%, fruto do número médio de *setups* do tipo 1 previstos ser reduzido, ou seja, a redução do período de inatividade da linha resultante do momento de *setup* é um intervalo de tempo muito curto quando comparado com a disponibilidade da linha.

Tabela 35 - Sustentabilidade: Impacto na disponibilidade e produtividade da linha de produção

Pilar Económico			
Indicador	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Disponibilidade anual (hh:mm:ss)	2288:20:54	2312:10:36	23:49:42
Disponibilidade anual	2288,35 h	2312,17 h	23,82 h
Produtividade anual	8 009 225 garrafas	8 092 595 garrafas	83 370 garrafas
Impacto na produtividade	-	-	1%

Ainda dentro deste campo de análise, a transferência de um dos operadores para a mesa de manipulações, onde está constantemente a ser realizado um trabalho que incrementa mais-valia ao produto, ao invés de estar a realizar as tarefas de *setup* que não se traduzem em lucro para a empresa, revelou-se numa boa decisão de reorganização do ambiente de trabalho no âmbito dos operadores. Uma vez que se conseguiu ainda assim, a redução do tempo inicialmente consumido no *setup*.

Para avaliar o impacto das propostas de melhoria implementadas na eficiência dos operadores na execução das tarefas do *setup*, foram consultados os dados relativamente às tarefas definidas como externas quando foi introduzido o *Standard Work*. Ou seja, na linha do “Tempo ideal” da Tabela 36, está representado o somatório do tempo associado a todas as tarefas externas do *setup* da linha 23, enquanto na linha do “Tempo real” está apenas o período temporal correspondente às tarefas executadas pelos operadores no devido momento. Com base nestes dados, como passível de consulta na Tabela 29, estão representadas a eficiência inicial, fixada apenas nos 29%, em consequência da desorganização das tarefas encontradas na análise inicial, assim como a má gestão do período de finalização das OP, e a eficiência final de 72%, representativa de um aumento de 43% fruto das melhorias implementadas.

Tabela 36 – Sustentabilidade: Impacto na eficiência de execução do *setup*

Pilar Económico			
Indicador	Antes do Projeto	Após o Projeto	Ganho/Redução
Tarefas externas - Tempo ideal (hh:mm:ss)	01:24:48	01:12:21	-
Tarefas externas - Tempo real (hh:mm:ss)	00:24:41	00:52:16	-
Eficiência (%)	29%	72%	43%

Por fim, é importante mencionar o reaproveitamento de um motor elétrico armazenado sem qualquer tipo de utilidade, contribuindo para a otimização de recursos, este que foi adaptado a uma tarefa crítica do ponto de vista ergonómico com o recurso a um baixo investimento, eliminando integralmente o problema inicialmente identificado. À semelhança desta intervenção de baixo custo, surge também a identificação visual padronizada colocada ao longo da linha.

#### 5.2.4. Síntese do Impacto na Sustentabilidade da Empresa

Em formato de resumo, a todos os pontos abordados na análise dos impactos na Sustentabilidade da empresa, resultantes das ações de melhoria implementadas no decorrer deste projeto prático, foi elaborada a Tabela 37. A organização da mesma promove a análise individual dos três pilares da Sustentabilidade, onde o símbolo “↑” representa um aumento do respetivo indicador e o ícone “↓” revela uma redução da métrica associada.

Tabela 37 - Síntese dos impactos na Sustentabilidade da empresa

Sustentabilidade		
Pilar	Impacto Qualitativo	Impacto Quantitativo
Ambiental	↓ Desperdício de energia	↓ Consumo de energia
	↑ Ergonomia	
Social	↑ Condições de trabalho	↓ Nº trabalhadores no <i>setup</i>
	↑ Formação dos operadores	
	↑ Motivação, envolvimento e colaboração	

Sustentabilidade		
Pilar	Impacto Qualitativo	Impacto Quantitativo
	↑ Definição da ordem de trabalho ↓ Deslocações e inoperação ↓ Suscetibilidade a erros	
Económico	↑ Flexibilidade da linha ↑ Disponibilidade da linha	↓ Custos em tarefas sem valor acrescentado ↓ Custo das melhorias implementadas ↓ Custos energéticos ↑ Produtividade média ↑ Receitas associadas à produção ↑ Eficiência na execução do <i>setup</i>

### 5.3. Conclusão

Uma vez que o projeto de dissertação, associado ao plano de estudos do Mestrado de Engenharia Mecânica, com área de especialização em Gestão Industrial, foi desenvolvido num contexto prático, durante o progresso do mesmo foi fundamental a associação dos conceitos teóricos à realidade empresarial.

Num primeiro momento, o enquadramento teórico consistiu na revisão detalhada de várias referências literárias, com o propósito de contextualizar a teoria inerente à metodologia SMED, bem como a sua aplicação prática em distintos ambientes industriais. Em simultâneo, foi evidenciada a importância da utilização em paralelo com o SMED de outro tipo de ferramentas associadas à filosofia *Lean*, nomeadamente, o 5S, a Gestão Visual, o *Standard Work* e o *Gemba Walk*. Esta associação, em conjunto com o conceito *Kaizen*, constitui, segundo os princípios da filosofia *Lean*, o caminho para perseguir a perfeição. Seguidamente, e com vista à equidade laboral, foi também abordado o conceito de Balanceamento de Linha, de igual forma essencial para o projeto. Com base nesta análise, foi possível estruturar a *Framework* aplicada à linha de engarrafamento e encaixotamento da Symington Family Estates, S.A.

No âmbito da Symington Family Estates, S.A., o *setup*, área de intervenção do SMED, é a pausa produtiva mais importante da empresa devido à alta diversidade de tipologias de garrafas que são utilizadas nas linhas de engarrafamento. A alocação de recursos humanos, a organização e a eficiência processual inerente à execução das tarefas do *setup*, são variáveis com um impacto significativo neste período de atividade que não gera valor para o cliente.

Posto isto, na base da abordagem prática desencadeada na empresa, dividida em duas grandes fases de intervenção, a aplicação do SMED seguida do balanceamento da equipa alocada à linha de produção, estavam objetivos sequenciais bem definidos, sendo que a concretização dos mesmos permitiu corresponder à questão associada ao objetivo principal da dissertação: “Qual

o impacto da implementação do SMED na Sustentabilidade da Symington Family Estates, S.A?”. Por via a avaliar o cumprimento ou incumprimento dos objetivos definidos, foi desenvolvida a Tabela 38, sendo que antes de avançar para a análise da mesma, é importante mencionar que apesar de ter sido realizada uma análise para colocar em prática a Fase 2 do SMED, foi determinado que não existiam condições para tal aplicação.

Tabela 38 - Análise ao cumprimento dos objetivos propostos para a dissertação

Objetivos	Abordagem Metodológica	Avaliação
Analisar os procedimentos e tempos do <i>setup</i> no estado inicial da linha	Foram identificadas todas as tarefas associadas ao <i>setup</i> , e com recurso às mesmas foi realizada a cronometragem do estado inicial do processo de <i>setup</i> . Sendo obtido um tempo de <i>setup</i> de 1 hora e 31 minutos, com o <i>bottleneck</i> a pertencer ao operador do grupo de enchimento – Fase 0 do SMED.	✓
Identificar os principais desperdícios no processo de <i>setup</i>	Após a separação das tarefas internas e externas do <i>setup</i> , e a respetiva organização, momento associado à Fase 1 do SMED. No decorrer da análise em tempo real dos procedimentos do <i>setup</i> , foi identificada falta de organização e padronização das tarefas do <i>setup</i> . Uma vez que os operadores não seguiam sempre a mesma sequência de tarefas, e por outro lado, executavam 71% das tarefas classificadas como externas, durante a interrupção da produção. Relativamente à carga de trabalho dos operadores no <i>setup</i> , existia uma grande discrepância na utilização destes recursos humanos, visto que as taxas de ocupação associadas aos cinco operadores da equipa eram: 100%, 62%, 35%, 28% e 27%.	✓
Propor e implementar propostas de melhoria	O processo de implementação das propostas de melhoria, associadas à implementação da Fase 3 da metodologia SMED, foi iniciado pela implementação das ferramentas de Gestão Visual para minimizar o período de execução das tarefas do <i>setup</i> e a probabilidade de erro humano na seleção de peças e respetivas afinações. Esta redução é suportada por etiquetas codificadas associadas a todas as peças para identificação das mesmas, assim como pelas legendas desta codificação referente a todas as tipologias de garrafa utilizada na linha, e ainda a distinção dos locais de armazenamento das peças por tipo de garrafa, integrando neste ponto os 5S. Ainda dentro das tarefas externas, no Despaletizador, foram colocados dois sistemas de referência, com as cores respetivas de cada garrafa, para facilitar o posicionamento das almofadas pressurizadas. Para a redução do período de tarefas internas, foi instalado um motor no Rolhador para o ajuste da altura do depósito de rolhas, uma régua no laser de marcação do número de lote, uma sebenta com o registo das afinações por tipo de rótulo na Rotuladora e por fim, no Capsulador uma tabela que associa a garrafa a uma altura específica da máquina. Após estas propostas de melhoria seguiu-se a otimização e padronização das tarefas do <i>setup</i> , incutindo um <i>Standard Work</i> na equipa de trabalho da linha com o recurso a formações e disponibilidade das ordens de trabalho associadas a cada máquina.	✓
Estabelecer a equidade laboral entre operadores no <i>setup</i>	Por forma a agir sobre o baixo aproveitamento dos elementos da equipa no período do <i>setup</i> , foi realizada uma redistribuição de tarefas pelos operadores. Assim sendo, o operador do <i>Wrap-Around</i> , para além do <i>setup</i> da respetiva máquina, passou a realizar a troca de peças e respetivas afinações no Enxaguador, permitindo ao operador do grupo de enchimento realizar apenas o <i>setups</i> do Despaletizador, Enchedor e o respetivo <i>setup</i> de vinho. Relativamente ao chefe de linha, este ficou encarregue de realizar o <i>setup</i> do Rolhador, Distribuidor e Capsulador. Posto isto, o operador da Rotuladora manteve a sua atividade no <i>setup</i>	✓

Objetivos	Abordagem Metodológica	Avaliação
	inalterado, enquanto a operadora do Distribuidor e do Capsulador foi alocada à linha de manipulações, uma vez que fruto das limitações encontradas ao nível do <i>timing</i> e período de execução do <i>setup</i> de vinho, era excessivo possuir cinco operadores para este momento de paragem da produção.	
Avaliar os resultados da implementação das propostas de melhoria	Consequentemente à implementação da metodologia SMED, na recolha de dados final, ficou registado que os operadores executam 71% das tarefas externas do <i>setup</i> durante a produção, ou seja, foi obtido um resultado inverso ao que era verificado inicialmente. E no seguimento desta análise final, fruto da implementação do SMED e do balanceamento da equipa da linha, foi obtida uma redução percentual do tempo de <i>setup</i> de 46%, valor muito próximo dos 50% definidos com a gestão do engarrafamento no início da 2ª fase de intervenção, tendo o <i>bottleneck</i> do processo ficado limitado a 49 minutos. No seguimento deste plano de melhorias colocado em prática, o número de operadores responsáveis por executar o <i>setup</i> da linha 23 passou de 5 elementos para 4, sendo que a taxa de ocupação destes, ficou fixada nos valores de 100%, 90%, 88% e 81%. Valores representativos da obtenção de uma grande equidade laboral.	✓

Os resultados obtidos da aplicação da metodologia SMED e o posterior balanceamento de linha, enunciados na Tabela 38, foram extremamente positivos, pois demonstram o comprometimento dos operadores com o projeto e com as ações de melhoria implementadas, sobretudo no respeito pela padronização das tarefas do *setup*, e na utilização das ferramentas de auxílio disponibilizadas para os mesmos.

Com base nos resultados apresentados, sobretudo a redução do período do *setup* que inibe a linha de produzir, na Tabela 39 estão exibidos os impactos na Sustentabilidade da empresa, respondendo desta forma à questão principal da dissertação.

Tabela 39 - Análise do impacto na Sustentabilidade da empresa

Pilar da Sustentabilidade	Impacto
Ambiental	Redução de 46% no desperdício de energia nos períodos de <i>setup</i> .
Económico	Redução de 46% nos gastos com energia nos períodos de <i>setup</i> ; Aumento da eficiência na execução das tarefas externas do <i>setup</i> em 43%; Redução de 39% dos gastos com os operadores neste período que não gera valor para o cliente; Aumento da produtividade em 1 %.
Social	Equipa de trabalho mais especializada; Redução do número de operadores de 5 para 4 elementos; Melhoria das condições ergonómicas no trabalho.

Realizando uma retrospectiva relativamente ao plano de ação colocado em prática na componente prática desta dissertação. A divisão do projeto em duas fases complementares, permitiu evoluir com o projeto de forma gradual, não gerando mudanças repentinas nos

hábitos dos operadores. A comunicação constante com a equipa da linha foi essencial, dado que são eles que executam o trabalho diariamente e conseqüentemente identificam as dificuldades a que estão expostos. Esta abordagem participativa reduziu resistências e facilitou a aprovação das mudanças por parte dos operadores, reforçando o papel imprescindível dos mesmos no sucesso de projetos de melhoria contínua.

Em suma, o desenvolvimento da dissertação num contexto empresarial permitiu aprofundar e pôr em prática inúmeros conceitos lecionados ao longo do percurso académico, bem como adquirir conhecimento por via do contacto diário com profissionais com um elevado nível de conhecimento, característica comum aos colaboradores desta empresa com grande estatuto no setor de atividade. Não só neste ponto de vista técnico, mas também as competências comunicacionais e sociais saíram deste projeto extremamente enriquecidas. Todos estes aspetos, foram fulcrais para no final, ser apresentada uma resposta em concordância com as expectativas da empresa.

### 5.4. Limitações e Trabalhos Futuros

A situação inicial da linha de produção revelou-se num grande desafio, principalmente por se tratar de uma primeira experiência empresarial. Num primeiro impacto com a equipa da linha, foi extremamente difícil transmitir o objetivo principal da implementação da metodologia SMED, conseqüência da falta de conhecimento das práticas de melhoria contínua regularmente implementadas na empresa, recomendando-se desta forma, a aposta na formação dos colaboradores no âmbito das metodologias *Lean*. Do ponto de vista prático, com o acompanhamento inicial de vários *setups* no *Gemba*, foi apurada a inexistência de um método de trabalho *standard* para a execução das tarefas do *setup*. Estas eram executadas de forma aleatória de *setup* em *setup*, dificultando a identificação de todas as tarefas associadas ao *setup* e a respetiva sequência inicial. Ainda dentro deste contexto da identificação das tarefas do *setup*, a grande variedade de produtos associados às linhas de produção da Symington Family Estates, S.A., gerou muitas dúvidas, pois existem pormenores muito específicos para determinados tipos de produto, que não são colocados em prática regularmente.

Sendo esta uma empresa que depende de vários tipos de fornecedores, vidro, rótulos, contrarrótulos, selos, cápsulas e caixas, tem uma produção extremamente vulnerável à qualidade dos materiais recebidos, pois apesar destes serem expostos a um controlo de qualidade apertado, ligeiras alterações na composição ou formato dos mesmos, gera dificuldades nos processos de afinação das máquinas e conseqüentemente incrementa tempo inesperado ao período de *setup*.

Perante uma cultura *Kaizen*, característica da empresa de acolhimento, é constante a procura pela melhoria dos processos, produtos e práticas de trabalho. Deste modo, no seguimento do trabalho desenvolvido nesta dissertação, essencialmente no âmbito das práticas da metodologia SMED colocadas em ação, destacando a separação e ordenação das tarefas internas e externas, que culminaram num processo de trabalho mais padronizado e otimizado. Será extremamente vantajoso no futuro prosseguir com a implementação do SMED, mas de forma mais incisiva nas tarefas internas, ou seja, sobre a Fase 2 do SMED, pois após o processo

já implementado ao longo deste projeto, surge o momento de transformar tarefas internas do *setup* em tarefas externas, permitindo desta forma reduzir o tempo de paragem da produção relativamente aos resultados obtidos neste projeto. A título de exemplo, uma das tarefas mais demorosas e complexas do *setup* da linha 23 é a substituição dos amolgadores da Rotuladora, sendo esta a tarefa gargalo da respetiva máquina pois o operador demora cerca de 7 minutos a executá-la. Esta limitação deriva dos apertos complexos dos amolgadores, estes que são feitos com o recurso a uma chave auxiliar, pois em virtude das vibrações da máquina, estes não podem ser substituídos por apertos rápidos. Assim sendo, uma possível solução pode passar pela duplicação do suporte destes componentes, e assim o operador durante a produção pode colocar os amolgadores correspondentes à garrafa da OP seguinte nesse mesmo suporte, sendo apenas necessário substituir o conjunto na interrupção da produção. Apesar deste ponto, já abordado anteriormente, indiciar um grande investimento e uma incerteza do ponto de vista do tempo reduzido no *setup*, deveria ser alvo de uma análise aprofundada no futuro.

Do ponto de vista do impacto na Sustentabilidade da empresa, uma vez que a linha de produção possui quatro tipos de *setup* distintos, será útil num futuro próximo recolher os dados necessários para avaliar o impacto das melhorias implementadas ao longo do projeto nos restantes tipos de *setup* mecânico. Possuindo desta forma uma maior quantidade de dados reais para analisar de forma mais minuciosa, os impactos na Sustentabilidade da empresa.

## Referências

- Afonso, M., Gabriel, A. T., & Godina, R. (2022). Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100075>
- Al-Emran, M., & Griffy-Brown, C. (2023). The role of technology adoption in sustainable development: Overview, opportunities, challenges, and future research agendas. *Technology in Society*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102240>
- Ali, S. M., Haque, M. N., Sarker, M. R., Kandasamy, J., & Vlachos, I. (2024). Improving changeover techniques in apparel manufacturing through single minute exchange of die: implications for benchmarking. *Benchmarking*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2022-0718>
- Battaia, O., & Dolgui, A. (2022). Hybridizations in line balancing problems: A comprehensive review on new trends and formulations. *International Journal of Production Economics*, 250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108673>
- Braglia, M., Di Paco, F., Frosolini, M., & Marrazzini, L. (2023). Quick changeover design: a new Lean methodology to support the design of machines in terms of rapid changeover capability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(9), 84–114. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2022-0430>
- Braglia, M., Di Paco, F., & Marrazzini, L. (2023). A new Lean tool for efficiency evaluation in SMED projects. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 127(1–2), 431–446. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-11508-9>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2016). Enhancing SMED: Changeover out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy. *Production Planning and Control*, 27(4), 328–342. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1126370>
- Brem, A., & Puente-Díaz, R. (2020). Are you acting sustainably in your daily practice? Introduction of the Four-S model of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122074>
- Bremer, M. (2014). *How to Do a Gemba Walk: Coaching Gemba Walkers* (M. Bremer, Ed.; 3rd edition). Michael Bremer.
- Carlowitz, H. C. (1713). *Sylvicultura Oeconomica, oder hauswirthliche Nachricht und naturmässige Anweisung zur wilden Baumzucht*. Johann Friedrich Braun.
- Carravilla, M. A. (1998). *Layouts Balanceamento de Linhas [Sebenta de apoio ao ensino]*. Porto: Universidade Do Porto.
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics & Suplly Chain*. New York: McGraw-Hill Education.
- Dresch, A., Veit, D. R., Lima, P. N. de, Lacerda, D. P., & Collatto, D. C. (2019). Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 69–87. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2017-0248>

- Ebrahimi, A., Khakpour, R., & Saghiri, S. (2023). Sustainable setup stream mapping (3SM): a systematic approach to lean sustainable manufacturing. *Production Planning and Control*, 34(4), 311–329. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1916637>
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business* (1ª edição). Capstone.
- Elkington, J. (2006). Governance for sustainability. *Corporate Governance: An International Review*, 14(6), 522–529. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8683.2006.00527.x>
- Fonda, E., & Meneghetti, A. (2022). The Human-Centric SMED. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010514>
- García-Alcaraz, J. L., Díaz Reza, J. R., Sánchez Ramírez, C., Limón Romero, J., Jiménez Macías, E., Lardies, C. J., & Rodríguez Medina, M. A. (2021). Lean manufacturing tools applied to material flow and their impact on economic sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910599>
- García-García, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Gest, G., Culley, S. J., McIntosh, R. I., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1995). Review of fast tool change systems. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 8(3), 205–210. [https://doi.org/10.1016/0951-5240\(95\)00011-H](https://doi.org/10.1016/0951-5240(95)00011-H)
- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Mubarak, M. F., Mubarik, M., Rejeb, A., & Nilashi, M. (2022). Identifying industry 5.0 contributions to sustainable development: A strategy roadmap for delivering sustainability values. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 716–737. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.003>
- Gólcher-Barguil, L. A., Nadeem, S. P., & Garza-Reyes, J. A. (2019). Measuring operational excellence: an operational excellence profitability (OEP) approach. *Production Planning and Control*, 30(8), 682–698. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1580784>
- Gong, Q., Chen, G., Zhang, W., & Wang, H. (2022). The role of humans in flexible smart factories. *International Journal of Production Economics*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108639>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Javernik, A., Ojstersek, R., & Buchmeister, B. (2023). The Impact of Collaborative Robot on Production Line Efficiency and Sustainability. *Tehnicki Glasnik*, 17(2), 237–243. <https://doi.org/10.31803/tg-20230425171431>
- Jensen, I. B., & Dikilitas, K. (2023). A scoping review of action research in higher education: implications for research-based teaching. *Teaching in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/13562517.2023.2222066>
- Juárez-Vite, A., Corona-Arment, J. R., Rivera-Gómez, H., Montaña-Arango, O., & Medina-Marín, J. (2023). Application of the SMED methodology through folding references for a bus manufacturing company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 232–243. <https://doi.org/10.24867/IJIEEM-2023-3-335>
- Junior, R. G. P., Inácio, R. H., da Silva, I. B., Hassui, A., & Barbosa, G. F. (2022). A novel framework for single-minute exchange of die (SMED) assisted by lean tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 6469–6487. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08534-w>
- Kaizen Institute. (2025, junho 3). *O que é KAIZEN*. Kaizen Institute <https://kaizen.com/pt/o-que-e-kaizen/>
- Kamala, V., Sunder M, V., Sreedharan, V. R., Chargui, K., Zouadi, T., & Tortorella, G. L. (2024). Testing the S-Curve Theory in OEM for Lean Operations: A Study on Organizational

## Referências

- Transformation in the VUCA World. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 7930–7945. <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3267040>
- Kiris, S. B., Eryarsoy, E., Zaim, S., & Delen, D. (2023). An integrated approach for lean production using simulation and data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 320(2), 863–886. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04265-z>
- Kose, Y., Civan, H. N., Ayyildiz, E., & Cevikcan, E. (2022). An Interval Valued Pythagorean Fuzzy AHP–TOPSIS Integrated Model for Ergonomic Assessment of Setup Process under SMED. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142113804>
- Leme, R. D., Nunes, A. O., Message Costa, L. B., & Silva, D. A. L. (2018). Creating value with less impact: Lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 196, 517–534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.064>
- Leminen, S., Rajahonka, M., Westerlund, M., & Hossain, M. (2021). Collaborative innovation for sustainability in Nordic cities. *Journal of Cleaner Production*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129549>
- Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2017). Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9–12), 3607–3618. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9686-x>
- Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E., & Blanco, J. (2019). Centerline-SMED integration for machine changeovers improvement in food industry. *Production Planning and Control*, 30(9), 764–778. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582110>
- Maalouf, M. M., & Zaduminska, M. (2019). A case study of vsm and smed in the food processing industry. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), 60–68. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.129569>
- Martínez-Jurado, P. J., & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134–150. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.042>
- Mid-America Manufacturing Technology Center. (2000). *Lean Manufacturing Utilizes Multiple Tools To Help Companies Improvem Performance Objectives*. Manufacturer’s Edge.
- Mohammad, A., Hamja, A., & Hasle, P. (2024). Reduction of changeover time through SMED with RACI integration in garment factories. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(2), 201–219. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2021-0176>
- Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A Model to Reduce Machine Changeover Time and Improve Production Efficiency in an Automotive Manufacturing Organisation. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310558>
- Nikolić, J., Dašić, M., & Đapan, M. (2023). SMED AS AN INDISPENSABLE PART OF LEAN MANUFACTURING IN THE SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES. *International Journal for Quality Research*, 17(1), 255–270. <https://doi.org/10.24874/IJQR17.01-16>
- Nirino, N., Santoro, G., Miglietta, N., & Quaglia, R. (2021). Corporate controversies and company’s financial performance: Exploring the moderating role of ESG practices. *Technological Forecasting and Social Change*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120341>
- Oliveira, C., & Lima, T. M. (2023). Setup Time Reduction of an Automotive Parts Assembly Line Using Lean Tools and Quality Tools. *Eng*, 4(3), 2352–2362. <https://doi.org/10.3390/eng4030134>
- Pacheco, D. A. de J., & Heidrich, G. D. G. (2023). Revitalising the setup reduction activities in Operations Management. *Production Planning and Control*, 34(9), 791–811. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1964881>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., & Mulrow, C. D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pan, S. L., & Nishant, R. (2023). Artificial intelligence for digital sustainability: An insight into domain-specific research and future directions. *International Journal of Information Management*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102668>
- Papoutsis, A., & Sodhi, M. M. S. (2020). Does disclosure in sustainability reports indicate actual sustainability performance? *Journal of Cleaner Production*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121049>
- Parwani, V., & Hu, G. (2021). Improving Manufacturing Supply Chain by Integrating SMED and Production Scheduling. *Logistics*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/logistics5010004>
- Patidar, A., Sharma, M., Agrawal, R., Sangwan, K. S., & Sarkar, P. (2024). Building supply chain resilience in developing economies: A weighted Ishikawa diagram approach. *Operations Management Research*, 17(1), 363–386. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00433-5>
- Pereira, A. M. H., Silva, M. R., Domingues, M. A. G., & Sá, J. C. (2019). *Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study*. *Study. Qual. Innov. Prosper*, 103–121.
- Petersen, J., Nourmohammadi, A., Fathi, M., Ghobakhloo, M., & Tavana, M. (2025). Line balancing for energy efficiency in production: A qualitative and quantitative literature analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111144>
- Poves-Calderno, I. G., Ramirez-Mendoza, J. A., Nunez-Ponce, V. H., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). *Application of Lean Manufacturing Techniques in a Peruvian Plastic Company*. In Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM).
- PRISMA. (2025, janeiro 18). *PRISMA 2020 flow diagram*. <https://www.Prisma-Statement.Org/Prisma-2020-Flow-Diagram>.
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Painel Internacional de Recursos. (2024). *Global Resource Outlook 2024: Pathways to resource efficiency and sustainable development* [Relatório]. *United Nations Environment Programme*. <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook-2024>
- Ramakrishnan, V., Jayaprakash, J., Elanchezhian, C., & Ramnath, B. V. (2019). Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 16). [www.sciencedirect.com/www.materialstoday.com/proceedingsICAMMAS'17](http://www.sciencedirect.com/www.materialstoday.com/proceedingsICAMMAS'17)
- Ribeiro, M. A. S., Santos, A. C. O., de Amorim, G. da F., de Oliveira, C. H., Braga, R. A. da S., & Netto, R. S. (2022). Analysis of the Implementation of the Single Minute Exchange of Die Methodology in an Agroindustry through Action Research. *Machines*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/machines10050287>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Ruppert, T., Csalodi, R., & Abonyi, J. (2021). Estimation of machine setup and changeover times by survival analysis. *Computers and Industrial Engineering*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107026>
- Sá, J. C., Reis, M., Dinis-Carvalho, J., Silva, F. J. G., Santos, G., & Ferreira, L. P. (2022). The Development of an Excellence Model Integrating the Shingo Model and Sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159472>
- Santos, V., Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O., Pinto, A. G., & Campilho, R. D. S. G. (2022). Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures. *Systems*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/systems10060239>

## Referências

- Shigeo Shingo. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (Productivity Press).
- Silva, A., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Pereira, M. T. (2020). Implementation of SMED in a cutting line. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.189>
- Silvestre, W. J., Fonseca, A., & Morioka, S. N. (2022). Strategic sustainability integration: Merging management tools to support business model decisions. *Business Strategy and the Environment*, *31*(5), 2052–2067. <https://doi.org/10.1002/bse.3007>
- Singh, J., Singh, H., & Singh, I. (2018). SMED for quick changeover in manufacturing industry – a case study. *Benchmarking*, *25*(7), 2065–2088. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2017-0122>
- Slim, R., Houssin, R., Coulibaly, A., Hanifi, M., & Chibane, H. (2021). Framework for Resolving Problems Resulting from Lean Integration from the Early Design Phases of Production 3D Printing Machine. *FME Transactions*, *49*(2), 279–290. <https://doi.org/10.5937/fme2102279S>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, *17*, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Symington Family Estates. (2025). <https://www.symington.com/>.
- Toki, G. F. I., Ahmed, T., Hossain, M. E., Alave, R. K. K., Faruk, M. O., & Mia, R. (2023). Single Minute Exchange Die (SMED): A sustainable and well-timed approach for Bangladeshi garments industry. *Cleaner Engineering and Technology*, *12*. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100592>
- Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D., & Karamaşa, Ç. (2021). Comparative assessment of social sustainability performance: Integrated data-driven weighting system and CoCoSo model. *Sustainable Cities and Society*, *71*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102975>
- Tortorella, G., Sawhney, R., Jurburg, D., de Paula, I. C., Tlapa, D., & Thurer, M. (2021). Towards the proposition of a Lean Automation framework: Integrating Industry 4.0 into Lean Production. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *32*(3), 593–620. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2019-0032>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2022). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. *Mathematics*, *10*(3). <https://doi.org/10.3390/math10030347>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer* (1.6.20). Center for Science and Technology Studies (CWTS), Leiden University.
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, *38*, 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future* [Relatório]. Organização das Nações Unidas
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.
- Xia, D., Zhang, M., Yu, Q., & Tu, Y. (2019). Developing a framework to identify barriers of Green technology adoption for enterprises. *Resources, Conservation and Recycling*, *143*, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.022>

- Zhang, W., Chen, G., & Gong, Q. (2023). Setup improvement review and trend. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 14, Issue 7, pp. 1354–1375). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2022-0192>
- Zhou, Z., Dou, Y., Sun, J., Jiang, J., & Tan, Y. (2017). Sustainable production line evaluation based on evidential reasoning. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/su9101811>
- Zimon, G., Arianpoor, A., & Salehi, M. (2022). Sustainability Reporting and Corporate Reputation: The Moderating Effect of CEO Opportunistic Behavior. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031257>

## Referências

# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

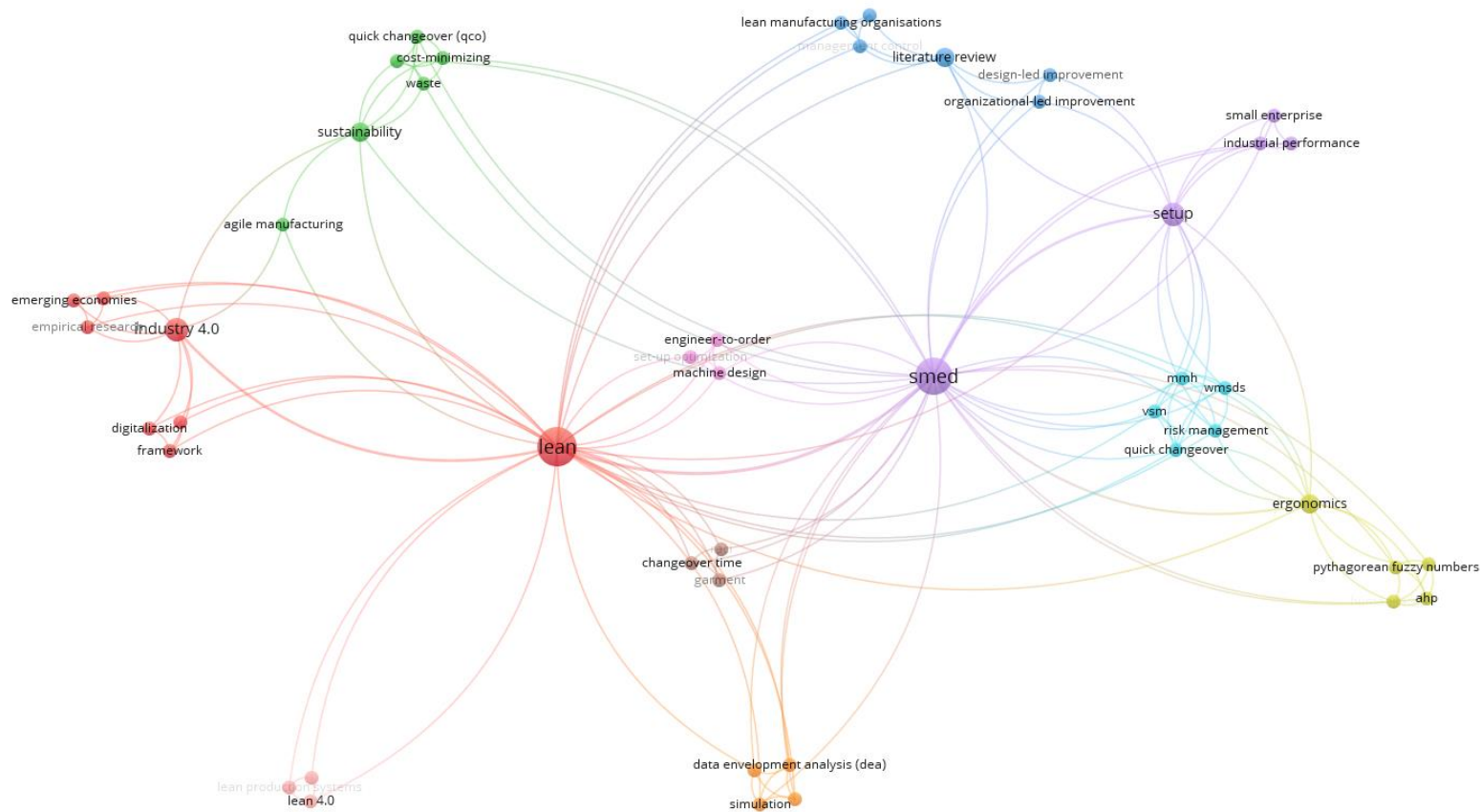
NOME: Gonçalo Pinto Rodrigues

ISEP, Porto, 14 de julho de 2025





## Apêndice B – VOSviewer: Análise de coocorrência intermédia



## Apêndice C – Tabela de análise quantitativa dos casos de estudo

Título	Autor	H-Index	Nº Publicações	Quartil	Quartil (Valor Lógico)	Fator de Impacto (5 Anos)	Citações/ano	Jornal
"Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures"	Raul Campilho	39	286	Q1	10	2,5	0	Systems
"Estimation of machine setup and changeover times by survival analysis"	Janos Abonyi	31	272	Q1	10	6,7	4	COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING
"Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies"	Tortorella, Guilherme	37	180	Q1	10	8,3	69,5	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH
"Lean Manufacturing Tools Applied to Material Flow and Their Impact on Economic Sustainability"	Jorge Luis García-Alcaraz	23	239	Q2	8	3,6	2	SUSTAINABILITY
"Towards the proposition of a Lean Automation framework Integrating Industry 4.0 into Lean Production"	Tortorella, Guilherme	37	180	Q1	10	8,6	21,7	JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT
"Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit"	Radu Godina	31	171	Q2	8	3,9	5	ADVANCES IN INDUSTRIAL AND MANUFACTURING ENGINEERING
"The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs"	Ali Allahverdi	31	103	Q1	10	5,9	38,6	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH
"Improving changeover techniques in apparel manufacturing through single minute exchange of die: implications for benchmarking"	Syed Mithun Ali	33	125	Q1	10	4,8	1	BENCHMARKING-AN INTERNATIONAL JOURNAL
"Centerline-SMED integration for machine changeovers improvement in food industry"	Julio Blanco	20	127	Q1	10	8	1,6	PRODUCTION PLANNING & CONTROL
"Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED"	Julio Blanco	20	127	Q2	8	3,2	3,4	INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY
"The role of humans in flexible smart factories"	Wang, Hui	29	97	Q1	10	10,3	3	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS
"Enhancing SMED: Changeover Out of Machine Evaluation Technique to implement the duplication strategy"	Braglia, Marcello	25	94	Q1	10	8	2,5	PRODUCTION PLANNING & CONTROL
"Quick changeover design: a new Lean methodology to support the design of machines in terms of rapid changeover capability"	Braglia, Marcello	25	94	Q1	10	8,6	1	JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT
"Multiple machine continuous setup lotsizing with sequence-dependent setups"	Almada-Lobo, Bernardo	30	94	Q2	8	2	2,1	COMPUTATIONAL OPTIMIZATION AND APPLICATIONS
"A heuristic algorithm for identical parallel machine scheduling: splitting jobs, sequence-dependent setup times, and limited setup operators"	Hyun-Jung Kim	27	85	Q2	8	2,5	4,7	FLEXIBLE SERVICES AND MANUFACTURING JOURNAL
"Creating value with less impact: Lean, green and eco-efficiency in a metalworking industry towards a cleaner production"	Diogo Silva	20	77	Q1	10	10,2	7,3	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION

## Apêndice D – Tabela de análise qualitativa dos casos de estudo

Título	Área	Ano	Objetivo	Metodologia Aplicada	Resultados	Conclusões
"Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures"	Aplicação da metodologia SMED nos procedimentos de calibração de máquinas na produção de pneus para veículos industriais	2022	Aplicar e adaptar o SMED para otimizar atividades de calibração de pneus, demonstrando que a metodologia pode ser eficaz em vários setores.	O estudo dividiu a implementação do SMED em três passos: separação de atividades internas e externas, conversão de atividades internas em externas, e melhorias gerais. Ferramentas como o diagrama de <i>Ishikawa</i> e o 5S foram utilizadas para identificar e resolver problemas.	O tempo total da calibração foi reduzido para 730 minutos (31% menos), com 17% das atividades realizadas de forma externa. Essa otimização aumentou a disponibilidade dos equipamentos e melhorou o rendimento.	O artigo conclui que o SMED pode ser aplicado com sucesso a processos de calibração, ampliando a aplicabilidade da metodologia. Esta adaptação melhora a eficiência e a qualidade do processo, abrindo caminho para futuras aplicações do SMED em tarefas complexas e específicas.
"Estimation of machine setup and changeover times by survival analysis"	Análise do tempo de <i>setup</i> e troca de ferramentas em máquinas de cravagem para a produção de cabos, com o recurso à <i>Survival Analysis</i> .	2021	Fornecer uma metodologia baseada em dados para padronizar e otimizar a troca de ferramentas, auxiliando na tomada de decisões e na monitorização de desempenho das operações.	Aplicação da <i>Survival Analysis</i> para modelar tempos de atividades e identificar causas de perdas de eficiência. O estudo integra registos automáticos das máquinas e dados de operadores para criar modelos de desempenho.	Os modelos revelaram que variáveis como o número de ferramentas e o diâmetro do fio afetam significativamente o tempo de <i>setup</i> . A aplicação prática da análise permitiu identificar operadores com melhor desempenho, bem como oportunidades de melhoria na alocação de operadores e manutenção.	O estudo conclui que a <i>Survival Analysis</i> é eficaz para identificar fatores críticos que influenciam os tempos de <i>setup</i> . Os modelos desenvolvidos podem apoiar iniciativas <i>Lean</i> e SMED, fornecendo informações para melhorar a alocação de operadores e maximizar a eficiência das máquinas.
"Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies"	Implementação da Indústria 4.0 e produção <i>Lean</i> em empresas de manufatura no Brasil.	2018	Investigar a relação e os benefícios da implementação simultânea de produção <i>Lean</i> e tecnologias da Indústria 4.0 no contexto da economia brasileira.	Registo de dados através de questionários, com análise multivariada e união de empresas em <i>clusters</i> segundo o nível de implementação do <i>Lean</i> , tecnologias da Indústria 4.0 e melhorias de desempenho.	A implementação conjunta do <i>Lean</i> e da Indústria 4.0 mostrou estar associada a melhorias de desempenho operacional. Empresas com maior adoção de ambos observou benefícios superiores.	O estudo conclui que a combinação do <i>Lean</i> e da Indústria 4.0 pode trazer benefícios operacionais, especialmente em economias emergentes, mas fatores como o tempo de implementação e o tamanho da empresa afetam esta relação.
"Lean Manufacturing Tools Applied to Material Flow and Their Impact on Economic Sustainability"	<i>Lean Manufacturing</i> aplicado ao fluxo de materiais e ao impacto na dimensão económica da Sustentabilidade.	2021	Avaliar como as ferramentas de <i>Lean Manufacturing</i> associadas ao fluxo de materiais impactam a dimensão económica da Sustentabilidade.	Modelo de equações estruturais com dados de um questionário aplicado a 169 empresas de transformação.	A ferramenta 5S mostrou o maior efeito direto sobre o SMED, este consequentemente desempenha um papel essencial na manutenção do fluxo contínuo e, por sua vez, no pilar económico.	A implementação das ferramentas 5S, SMED e fluxo contínuo têm um impacto positivo na dimensão económica das empresas justificando a adoção dessas ferramentas no setor.
"Towards the proposition of a Lean Automation framework Integrating Industry 4.0 into Lean Production"	Integração do <i>Lean Manufacturing</i> e da Indústria 4.0 através de um quadro <i>Lean Automation</i> .	2023	Desenvolver um quadro que integre <i>Lean</i> e Indústria 4.0 para melhorar a eficácia das práticas <i>Lean</i> e ultrapassar as limitações convencionais desta metodologia.	Questionário aplicado a vários setores, seguido de análise multivariada, incluindo análise de correlação parcial, para medir a	O estudo identifica correlações positivas entre tecnologias de Indústria 4.0 e práticas <i>Lean</i> , mostrando que a automação <i>Lean</i>	O quadro de <i>Lean Automation</i> proposto facilita a integração de tecnologias da Indústria 4.0 com a filosofia <i>Lean</i> , superando barreiras convencionais do <i>Lean</i> e promovendo uma produção mais adaptável e eficiente.

Título	Área	Ano	Objetivo	Metodologia Aplicada	Resultados	Conclusões
				relação entre práticas <i>Lean</i> e tecnologias da Indústria 4.0.	melhora a implementação da mesma e promove uma maior flexibilidade e eficiência."	
"Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit"	Integração do SMED e da Ergonomia na indústria automóvel.	2022	Implementar uma intervenção que integre o SMED com a análise ergonómica para melhorar a eficiência produtiva e reduzir o risco de lesões nos operadores.	Aplicação do ESMED numa unidade de produção de molas de aço, incluindo observações diretas, entrevistas, e utilização de ferramentas de análise ergonómica.	Redução do tempo de <i>setup</i> em 55% e diminuição significativa do risco ergonómico dos trabalhadores envolvidos nas operações de <i>setup</i> .	O modelo ESMED demonstrou-se eficaz na redução do tempo de <i>setup</i> e na mitigação dos riscos ergonómicos, com potencial de adaptação para outras indústrias.
"Improving changeover techniques in apparel manufacturing through single minute exchange of die: implications for benchmarking"	Melhoria de <i>setups</i> e técnicas de mudança rápida na indústria de vestuário.	2024	Demonstrar como a aplicação do SMED pode trazer flexibilidade à produção de vestuário, permitindo que as empresas respondam com maior rapidez a mudanças na procura.	Aplicação prática da metodologia SMED em duas empresas com registo de dados antes e depois da implementação das propostas de melhoria para análise de impacto.	A aplicação do SMED resultou numa redução de 70.76% e 42.12% nos tempos de <i>setup</i> , aumentando a flexibilidade e a capacidade de resposta das empresas.	O SMED mostrou-se eficaz para diminuir os tempos de <i>setup</i> e aumentar a capacidade de resposta da produção de vestuário a pequenas encomendas, com potenciais melhorias em competitividade.
"Centerline-SMED integration for machine changeovers improvement in food industry"	Melhoria de <i>setups</i> e trocas rápidas de máquinas na indústria alimentar.	2019	Demonstrar que a integração do <i>Centerlining</i> com o SMED otimiza as trocas de <i>setup</i> , proporcionando uma mudança mais rápida e estável nos ambientes de produção alimentar.	Aplicação prática do <i>Centerlining</i> seguido do SMED em quatro linhas de embalagem de alimentos, com análise comparativa entre máquinas que passaram e não passaram pelo <i>Centerlining</i> .	A integração do <i>Centerlining</i> e SMED resultou numa redução consistente e estável nos tempos de <i>setup</i> , especialmente nas linhas onde ambas as técnicas foram aplicadas em sequencialmente.	A aplicação conjunta do <i>Centerlining</i> e do SMED mostrou-se eficaz na redução do tempo de <i>setup</i> e no aumento da eficiência, especialmente em ambientes com mudanças frequentes de formato e material."
"Quick changeover design: a new Lean methodology to support the design of machines in terms of rapid changeover capability"	Melhoria dos <i>setups</i> nas máquinas de manufatura, com foco na flexibilidade e adaptação às variações de produção.	2023	Desenvolver uma metodologia estruturada para integrar princípios de <i>setup</i> , reduzindo o tempo de troca de ferramentas e melhorando a flexibilidade do processo.	O QCD segue uma abordagem em três etapas consecutivas, cada uma com ferramentas e formulários específicos para estruturar atividades de <i>design</i> .	A metodologia QCD aplicada ao estudo de caso reduziu o tempo de <i>setup</i> de 51,2 para 13,4 minutos, uma redução de 74%.	O QCD oferece um sistema eficiente para o desenvolvimento de máquinas com <i>setups</i> rápidos, mostrando-se vantajoso em casos de <i>setups</i> frequentes e demorados, com grande impacto em sistemas de produção com taxas de procura inconstantes.

Caso de estudo utilizado

Caso de estudo não utilizado

## Apêndice E – Folha modelo para registo das tarefas e cronometragem do *setup*

Linha	
Máquina	
Operador	
Garrafa OP inicial	
Garrafa OP final	

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1					
2					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Tempo de Setup					

## Apêndice F - Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Despaletizador (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Despaletizador
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrfa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:25	x		
2	Retirar a palete com as garrafas excedentes da OP anterior do despaletizador	00:00:35	x		
3	Contabilizar e registar as garrafas excedentes da OP anterior	00:00:50	x		
4	Preparar a palete com as garrafas excedentes	00:02:13	x		
5	Posicionar a grua para ajustar as borrachas	00:00:37	x		
6	Retirar, adicionar e/ou ajustar posicionamento das borrachas	00:12:20	x		
7	Colocar as borrachas não utilizadas no suporte	00:00:18	x		
8	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:23	x		
9	Preparar a palete para entrar no despaletizador	00:01:43	x		
10	Colocar palete no despaletizador	00:00:15	x		
11	Retirar película envolvente	00:01:04	x		
12	Testar o posicionamento das borrachas com o levantamento de um nível de garrafas	00:01:00	x		
13	Deslocamento para o Enxaguador	00:00:10			x
<b>Tempo de Setup</b>		00:21:53			

## Apêndice G – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enxaguador (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Enxaguador
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:30		x	
2	Retirar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:00:43	x		
3	Retirar 1 guia central (ENX02)	00:00:49	x		
4	Retirar amolgadores (ENX04)	00:07:05	x		
5	Colocar amolgadores de gargalo (ENX04)	00:05:05	x		
6	Colocar 1 guia central (ENX02)	00:00:52	x		
7	Colocar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:00:41	x		
8	Deslocação para trás da máquina	00:00:20			x
9	Afinar altura da máquina com recurso a uma garrafa da OP seguinte	00:02:53	x		
10	Deslocação para a frente da máquina	00:00:16			x
11	Afinar entrada do eixo sem fim com uma garrafa da OP seguinte	00:00:37	x		
12	Testar a passagem de uma garrafa de teste na Enxaguadora	00:00:10	x		
13	Colocar as peças da OP anterior no carrinho de arrumação	00:00:40	x		
14	Deslocamento para o Enchedor	00:00:08			x
<b>Tempo de Setup</b>		00:21:49			

## Apêndice H – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enchedor (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Enchedor
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:00		x	
2	Selecionar o formato da garrafa da nova OP no software - Métodos	00:02:30	x		
3	Retirar eixo sem fim da OP anterior (ENC01)	00:00:23	x		
4	Retirar guia central da OP anterior (Conjunto ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:00:30	x		
5	Substituir orientadores de gargalo (Apenas se o gargalo da garrafa da nova OP for diferente – há garrafas diferentes com o mesmo gargalo)	00:08:57	x		
6	Substituir peças da guia central e colocá-la (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:01:50	x		
7	Colocar eixo sem fim da OP seguinte (ENC01)	00:00:20	x		
8	Ajuste de guias e eixo sem fim de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:15	x		
9	Ajuste da estrela de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:12	x		
10	Ajuste da estrela de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:13	x		
11	Ajuste do eixo sem fim de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:37	x		
12	Selecionar o formato da garrafa da nova OP no software	00:02:30	x		
13	Colocar as peças da OP anterior no carrinho de arrumação	00:00:40	x		
<b>Tempo de Setup</b>		00:19:57			

## Apêndice I – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Rolhador (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Rolhador <i>Bartop</i>
Operador	Operador 2
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:40		x	
2	Armazenamento das rolhas excedentes	00:03:00		x	
3	Retirar 1 guia exterior (RDB01)	00:00:35	x		
4	Retirar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:50	x		
5	Retirar 1 guia central (RDB03)	00:00:37	x		
6	Retirar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:01:10	x		
7	Colocar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:01:12	x		
8	Colocar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:32	x		
9	Colocar 1 guia central (RDB03)	00:00:50	x		
10	Colocar 1 guia exterior (RDB01)	00:00:38	x		
11	Substituir as maxilas (RDB06)	00:03:38	x		
12	Substituir a calha da rolha (depende do tipo de bartop)	00:03:33	x		
13	Deslocação para trás da máquina	00:00:26			x
14	Ajuste da altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	00:01:12	x		
15	Ajuste da altura do depósito das rolhas com a altura da máquina	00:01:30	x		
16	Deslocação para a frente da máquina	00:00:20			x

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Ajuste sem fim com uma garrafa da OP seguinte	00:00:50	x		
18	Testar a passagem de uma garrafa da OP seguinte no Rolhador	00:00:50	x		
19	Abastecer o depósito de rolhas	00:01:30	x		
Tempo de Setup		00:24:53			

## Apêndice J – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* da Rotuladora (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Rotuladora
Operador	Operador 3
Garrafa OP inicial	Cockburn's Estal
Garrafa OP final	Cockburn's 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:02:15		x	
2	Retirar o excesso do rótulo e contrarrótulo da OP anterior	00:03:32	x		
3	Desapertar parafuso de ajuste da altura da máquina e subir a mesma	00:00:15	x		
4	Retirar e colocar os pratos	00:07:47	x		
5	Retirar e colocar alisadores	00:01:56	x		
6	Picoletes novos (para garrafas com ranhura)	00:03:25	x		
7	Deslocação para o lado esquerdo da máquina	00:00:08			x
8	Retirar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:00:35	x		
9	Retirar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:47	x		
10	Colocar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:48	x		
11	Colocar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:00:32	x		
12	Deslocação para trás da máquina	00:00:15			x
13	Retirar sem fim e colocar o da OP seguinte (RTA01)	00:01:47	x		
14	Retirar estrela travão (RTA02)	00:00:34	x		
15	Retirar estrela de entrada (RTA03)	00:00:20	x		
16	Retirar guia central (RTA04)	00:00:40	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Retirar guia bipartida (RTA05 e RTA06)	00:00:45	x		
18	Retirar os amoladores de garrafa	00:03:17	x		
19	Colocar novos amoladores	00:03:26	x		
20	Colocar guia central (RTA04)	00:00:37	x		
21	Colocar estrela de entrada (RTA03)	00:00:20	x		
22	Colocar estrela travão (RTA02)	00:00:17	x		
23	Testar a passagem de uma garrada modelo da OP	00:00:57	x		
24	Afinar altura da máquina com recurso a uma garrada da OP seguinte	00:00:36	x		
25	Deslocação para a frente da máquina	00:00:27			x
26	Abastecer a máquina com o rótulo	00:02:33	x		
27	Abastecer a máquina com contrarrótulo	00:04:25	x		
28	Abastecer a máquina com selo	00:02:36	x		
29	Selecionar o tipo de garrafa da OP seguinte no software	00:01:34	x		
30	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 1	00:01:38	x		
31	Medição do posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 1	00:00:25	x		
32	Ajuste (altura e ângulo) do posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 1	00:00:31	x		
33	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 2	00:00:29	x		
34	Medição do posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 2	00:00:24	x		
35	Ajuste (altura e ângulo) do posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 2	00:01:01	x		
36	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 3	00:00:29	x		
37	Medição do posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo - Teste 3	00:01:20	x		
38	Deslocação para trás da máquina	00:00:25			x
39	Ajuste do posicionamento do número de lote	00:03:00	x		
40	Deslocação para a frente da máquina	00:00:22			x
41	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação	00:01:40	x		
Tempo de Setup		00:59:10			

## Apêndice K – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Distribuidor (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Distribuidor
Operador	Operador 4
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:50		x	
2	Armazenar as cápsulas excedentes	00:03:30		x	
3	Retirar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:34	x		
4	Retirar 1 guia central (CTE03)	00:00:31	x		
5	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)	00:00:32	x		
6	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)	00:00:40	x		
7	Colocar 1 guia central (CTE03)	00:00:50	x		
8	Colocar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:42	x		
9	Deslocação para trás da máquina	00:00:43			x
10	Subir a máquina	00:00:10	x		
11	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)	00:00:41	x		
12	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)	00:00:37	x		
13	Retirar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:00:35	x		
14	Colocar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:00:45	x		
15	Deslocação para a frente da máquina	00:00:37			x

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
16	Desapertar estrela de entrada (CTE01)	00:00:33	x		
17	Deslocação para trás da máquina	00:00:29			x
18	Substituir estrela de entrada (CTE01)	00:00:47	x		
19	Deslocação para a frente da máquina	00:00:30			x
20	Apertar estrela de entrada (CTE01)	00:00:09	x		
21	Deslocação para trás da máquina	00:00:32	x		
22	Ajustar altura com uma garrafa da OP seguinte	00:00:39	x		
23	Deslocação para a frente da máquina	00:00:37	x		
24	Afinar as guias para suporte da garrafa com uma garrafa da OP seguinte	00:01:48	x		
25	Ajuste do suporte/alimentador das cápsulas	00:00:42	x		
26	Testar a passagem de uma garrafa no distribuidor	00:01:31	x		
27	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação	00:01:53	x		
28	Deslocamento para o Capsulador	00:00:06			x
<b>Tempo de Setup</b>		00:23:33			

## Apêndice L – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Capsulador (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Capsulador
Operador	Operador 4
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:02:00		x	
2	Retirar estrela saída (CRO06)	00:00:33	x		
3	Retirar guia central (CRO05)	00:00:22	x		
4	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	00:00:24	x		
5	Colocar a estrela de saída (CRO06)	00:00:16	x		
6	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	00:00:36	x		
7	Retirar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:01:02	x		
8	Colocar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:01:03	x		
9	Colocar guia central (CRO05)	00:00:44	x		
10	Substituir guia bipartida de entrada (CRO01, CRO02, CRO03 e CRO04)	00:01:40	x		
11	Deslocação para trás da máquina	00:01:02			x
12	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	00:00:14	x		
13	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	00:00:25	x		
14	Ajustar altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	00:00:22	x		
15	Deslocação para a frente da máquina	00:00:55	x		
16	Ajustar altura do suporte do gargalo com uma garrafa da OP seguinte	00:01:02	x		
17	Testar a passagem da garrafa teste do distribuidor no capsulador	00:01:04	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
18	Abastecer o Distribuidor com cápsulas	00:01:46	x		
19	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação	00:02:00	x		
Tempo de Setup		00:17:30			

## Apêndice M – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Wrap-Around (Análise Inicial)

Linha	23
Máquina	Wrap-Around
Operador	Operador 5
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrafa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:03:00		x	
2	Retira as caixas excedentes da máquina, controlando as que faltam para terminar a OP	00:05:00		x	
3	Retirar 6 separadores de garrafa e colocar os da OP seguinte	00:04:06	x		
4	Deslocamento para trás da máquina	00:00:16			x
5	Desapertar 3 guias da linha de encaixotamento	00:00:30	x		
6	Desapertar 4 dentes (fazem a pega inferior da garrafa)	00:00:48	x		
7	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:20			x
8	Retirar as 3 guias da linha de encaixotamento	00:01:02	x		
9	Retirar os 4 dentes	00:01:13	x		
10	Retirar 2 separadores de garrafa	00:00:18	x		
11	Selecionar o programa da OP seguinte no software	00:01:25	x		
12	Colocar 2 separadores de garrafa	00:00:27	x		
13	Colocar as 3 guias da OP seguinte	00:01:39	x		
14	Colocar os 4 dentes da OP seguinte	00:01:52	x		
15	Deslocamento para trás da máquina	00:00:16			x
16	Ajuste das guias das caixas	00:00:35	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Apertar as 3 guias da OP seguinte	00:00:40	x		
18	Apertar os 4 dentes da OP seguinte	00:00:55	x		
19	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:20			x
20	Ajustar altura dos palpadores de acordo com valores definidos	00:01:32	x		
21	Ajustar a largura do armazém do cartão	00:00:15	x		
22	Ajustar 3 larguras de garrafa no distribuidor de garrafas mecanismo que divide as caixas em linhas para o posterior encaixotamento	00:00:44	x		
23	Abastecer armazém do cartão com cartão da OP seguinte	00:00:35	x		
24	Arrumar o material da OP anterior	00:03:00	x		
25	Ajuste das guias da linha (Adaptar ao formato da caixa da nova OP)	00:02:00	x		
<b>Tempo de Setup</b>		00:32:48			

## Apêndice N - Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Despaletizador (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Despaletizador
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrfa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:25		x	
2	Retirar a palete com as garrafas excedentes da OP anterior do despaletizador	00:00:11		x	
3	Contabilizar e registar as garrafas excedentes da OP anterior	00:00:15		x	
4	Posicionar a grua para ajustar as borrachas	00:00:24		x	
5	Retirar, adicionar e/ou ajustar posicionamento das borrachas	00:12:10		x	
6	Colocar as borrachas não utilizadas no suporte	00:00:40		x	
7	Preparar a palete com as garrafas excedentes	00:02:17		x	
8	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:25	x		
9	Preparar a palete para entrar no despaletizador	00:01:36	x		
10	Colocar palete no despaletizador	00:00:16	x		
11	Retirar película envolvente	00:00:54	x		
12	Testar o posicionamento das borrachas com o levantamento de um nível de garrafas da palete	00:00:45	x		
13	Deslocamento para o Enxaguador	00:00:10			x
Tempo de Setup		00:20:28			

## Apêndice O – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enxaguador (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Enxaguador
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:30		x	
2	Retirar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:00:39	x		
3	Retirar 1 guia central (ENX02)	00:01:01	x		
4	Retirar amoladores de gargalo (ENX04)	00:07:12	x		
5	Colocar amoladores de gargalo (ENX04)	00:05:02	x		
6	Colocar 1 guia central (ENX02)	00:00:37	x		
7	Colocar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:01:05	x		
8	Ajustar eixo sem fim de entrada	00:00:49	x		
9	Deslocação para trás da máquina	00:00:20			x
10	Ajustar altura da máquina	00:00:42	x		
11	Deslocação para a frente da máquina	00:00:14			x
12	Testar a passagem de uma garrafa	00:00:10	x		
13	Deslocamento para o Enchedor	00:00:08			x
14	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:30		x	
<b>Tempo de Setup</b>		<b>00:19:59</b>			

## Apêndice P – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enchedor (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Enchedor
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:00		x	
2	Selecionar o formato da garrafa da nova OP no software - Métodos	00:02:30	x		
3	Retirar eixo sem fim da OP anterior (ENC01)	00:00:30	x		
4	Retirar guia central da OP anterior (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:00:21	x		
5	Substituir orientadores de gargalo	00:08:55	x		
6	Substituir peças da guia central (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:01:05	x		
7	Colocar guia central da OP seguinte (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:00:26	x		
8	Colocar eixo sem fim da OP seguinte (ENC01)	00:00:29	x		
9	Ajuste da estrela de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:25	x		
10	Ajuste do eixo sem fim de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:36	x		
11	Ajuste do eixo sem fim de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:10	x		
12	Ajuste da estrela de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:13	x		
13	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:40		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:17:20			

## Apêndice Q – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Rolhador (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Rolhador <i>Bartop</i>
Operador	Operador 2
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:30		x	
2	Armazenamento das rolhas excedentes	00:02:50		x	
3	Retirar guia central (RDB03)	00:00:43	x		
4	Retirar guia exterior (RDB01)	00:01:08	x		
5	Retirar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:29	x		
6	Retirar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:01:05	x		
7	Colocar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:01:09	x		
8	Colocar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:27	x		
9	Colocar guia exterior (RDB01)	00:00:42	x		
10	Colocar guia central (RDB03)	00:00:41	x		
11	Substituir as maxilas (RDB06)	00:03:27	x		
12	Substituir a calha da rolha (RDB05)	00:03:24	x		
13	Deslocação para trás da máquina	00:00:25			x
14	Ajuste da altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	00:00:37	x		
15	Ajuste da altura do depósito das rolhas	00:02:10	x		
16	Deslocação para a frente da máquina	00:00:20			x

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Ajuste sem fim com uma garrafa da OP seguinte	00:00:47	x		
18	Testar a passagem de uma garrafa da OP seguinte	00:00:30	x		
19	Abastecer o depósito de rolhas	00:01:14	x		
20	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:51		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:24:29			

## Apêndice R – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* da Rotuladora (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Rotuladora
Operador	Operador 3
Garrafa OP inicial	Cockburn's Estal
Garrafa OP final	Cockburn's 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:02:15		x	
2	Abastecer a máquina com o rótulo, contrarrótulo e selos	00:04:46		x	
3	Retirar o excesso do rótulo e contrarrótulo da OP anterior	00:03:16	x		
4	Substituir alisadores	00:01:42	x		
5	Desapertar parafuso de ajuste da altura da máquina e subir a mesma	00:00:30	x		
6	Retirar e colocar os pratos	00:07:18	x		
7	Substituir ou colocar picoletes	00:03:10	x		
8	Deslocação para o lado esquerdo da máquina	00:00:08			x
9	Retirar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:00:42	x		
10	Retirar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:24	x		
11	Colocar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:15	x		
12	Colocar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:01:02	x		
13	Substituir guia bipartida (RTA05 e RTA06)	00:01:20	x		
14	Deslocação para trás da máquina	00:00:37			x
15	Substituir sem fim (RTA01)	00:01:26	x		
16	Substituir estrela travão (RTA02)	00:00:21	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Retirar estrela de entrada (RTA03)	00:00:13	x		
18	Retirar guia central (RTA04)	00:00:23	x		
19	Retirar os amolgadores de garrafa	00:03:23	x		
20	Colocar novos amolgadores	00:03:40	x		
21	Colocar guia central (RTA04)	00:00:24	x		
22	Colocar estrela de entrada (RTA03)	00:00:26	x		
23	Testar a passagem de uma garrada modelo da OP seguinte nos componentes de entrada	00:01:16	x		
24	Afinar altura da máquina com recurso a uma garrafa da OP seguinte (através de botão - mecânico)	00:00:25	x		
25	Deslocação para a frente da máquina	00:00:41			x
26	Selecionar o tipo de garrafa da OP seguinte no software	00:00:57	x		
27	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo, e respetivo ajuste	00:02:50	x		
28	Margem de erro para testes	00:05:00	x		
29	Deslocação para trás da máquina	00:00:36			x
30	Ajuste do posicionamento do número de lote	00:00:34	x		
31	Deslocação para a frente da máquina	00:00:30			x
32	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação	00:01:46		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:52:16			

## Apêndice S – Registo e cronometragem das tarefas no setup do Distribuidor (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Distribuidor
Operador	Operador 4
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:50		x	
2	Armazenar as cápsulas excedentes, controlando as que faltam para terminar a OP	00:03:13		x	
3	Colocar a máquina numa posição que permita tirar o maior número de ferramentas pela frente	00:00:52		x	
4	Retirar 1 guia central (CTE03)	00:00:36		x	
5	Retirar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:40		x	
6	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)	00:00:36		x	
7	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CTE05)	00:00:31		x	
8	Colocar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:41		x	
9	Colocar 1 guia central (CTE03)	00:00:29		x	
10	Deslocação para trás da máquina	00:00:40			x
11	Subir a máquina	00:00:14		x	
12	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)	00:00:30		x	
13	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CTE06)	00:00:44		x	
14	Retirar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:00:29		x	

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
15	Colocar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:01:08		x	
16	Deslocação para a frente da máquina	00:00:36			x
17	Desapertar estrela de entrada (CTE01)	00:00:30		x	
18	Deslocação para trás da máquina	00:00:32			x
19	Substituir estrela de entrada (CTE01)	00:00:44		x	
20	Deslocação para a frente da máquina	00:00:41			x
21	Apertar estrela de entrada (CTE01)	00:00:14		x	
22	Deslocação para trás da máquina	00:00:35			x
23	Ajustar altura da máquina com garrafa da OP seguinte	00:00:32	x		
24	Deslocação para a frente da máquina	00:00:37			x
25	Afinar as guias para suporte da garrafa	00:00:42	x		
26	Ajustar posicionamento do alimentador de cápsulas	00:01:31	x		
27	Abastecer o armazém com cápsulas	00:01:39	x		
28	Deslocamento para o Capsulador	00:00:06			x
29	Arrumar as peças da OP anterior	00:01:28		x	
<b>Tempo de Setup</b>		<b>00:23:40</b>			

## Apêndice T – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Capsulador (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Capsulador
Operador	Operador 4
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:02:00		x	
2	Colocar a máquina numa posição que permita retirar as peças numa melhor posição ergonómica	00:00:37		x	
3	Retirar guia central (CRO05)	00:00:14	x		
4	Retirar estrela de saída (CRO06)	00:00:40	x		
5	Substituir guia bipartida de entrada (CRO01, CRO02, CRO03 e CRO04)	00:01:56	x		
6	Retirar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	00:00:24	x		
7	Colocar estrela de saída (CRO06)	00:00:11	x		
8	Colocar 1 parte da guia bipartida interior (CRO07)	00:00:53	x		
9	Colocar guia central (CRO05)	00:00:22	x		
10	Deslocação para trás da máquina	00:00:11			x
11	Retirar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:00:25	x		
12	Retirar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	00:00:19	x		
13	Colocar 2 parte da guia bipartida interior (CRO08)	00:00:29	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
14	Colocar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:00:27	x		
15	Ajustar altura da máquina com garrafa da OP seguinte	00:00:20	x		
16	Deslocação para a frente da máquina	00:00:14			x
17	Ajuste da altura do suporte de gargalo	00:01:02	x		
18	Testar a passagem de uma garrafa pelas duas máquinas	00:00:58	x		
19	Abastecer o Distribuidor com cápsulas	00:01:23			x
20	Arrumar as peças da OP anterior	00:01:37	x		
Tempo de Setup		00:14:42			

## Apêndice U – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do *Wrap-Around* (1ª Intervenção)

Linha	23
Máquina	Wrap-Around
Operador	Operador 5
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrafa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:03:00		x	
2	Retira as caixas excedentes da máquina, controlando as que faltam para terminar a OP	00:05:00		x	
3	Retirar 6 separadores de garrafa e colocar os da OP seguinte	00:03:58	x		
4	Deslocamento para trás da máquina	00:00:17			x
5	Desapertar de um lado as 3 guias da linha de encaixotamento	00:00:27	x		
6	Desapertar de um lado os 4 dentes	00:00:50	x		
7	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:13			x
8	Retirar as 3 guias da linha de encaixotamento	00:00:58	x		
9	Retirar os 4 dentes	00:01:18	x		
10	Retirar 2 separadores de garrafa	00:00:19	x		
11	Selecionar o programa da OP seguinte no software	00:01:36	x		
12	Colocar 2 separadores de garrafa	00:00:24	x		
13	Colocar as 3 guias da OP seguinte	00:01:58	x		
14	Colocar os 4 dentes da OP seguinte	00:01:45	x		
15	Deslocamento para trás da máquina	00:00:12			x

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
16	Ajuste das guias das caixas	00:00:30	x		
17	Apertar as 3 guias da OP seguinte	00:00:41	x		
18	Apertar os 4 dentes da OP seguinte	00:00:51	x		
19	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:15			x
20	Ajustar altura dos palpadores de acordo com valores definidos	00:01:35	x		
21	Ajustar a largura do armazém com valor definido	00:00:08	x		
22	Ajustar 3 larguras de garrafa no distribuidor de garrafas mecanismo que divide as caixas em linhas para o posterior encaixotamento	00:00:21	x		
23	Abastecer armazém do cartão com cartão da OP seguinte	00:00:35	x		
24	Arrumar o material da OP anterior	00:03:00		x	
25	Ajuste das guias da linha (Adaptar ao formato da caixa da nova OP)	00:02:00	x		
<b>Tempo de Setup</b>		<b>00:32:11</b>			

## Apêndice V - Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Despaletizador (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Despaletizador
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrfa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:27		x	
2	Retirar a palete com as garrafas excedentes da OP anterior do despaletizador	00:00:10		x	
3	Contabilizar e registar as garrafas excedentes da OP anterior	00:00:12		x	
4	Posicionar a grua para ajustar as borrachas	00:00:25		x	
5	Retirar, adicionar e/ou ajustar posicionamento das borrachas	00:11:36		x	
6	Colocar as borrachas não utilizadas no suporte	00:00:42		x	
7	Preparar a palete com as garrafas excedentes	00:02:24		x	
8	Posicionar a grua num ponto elevado	00:00:28	x		
9	Preparar a palete para entrar no despaletizador	00:01:03	x		
10	Colocar palete no despaletizador	00:00:20	x		
11	Retirar película envolvente	00:01:06	x		
12	Testar o posicionamento das borrachas com o levantamento de um nível de garrafas da palete	00:00:51	x		
13	Deslocamento para o Enxaguador	00:00:10			x
Tempo de Setup		00:19:54			

## Apêndice W – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enxaguador (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Enxaguador
Operador	Operador 5
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:30		x	
2	Retirar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:00:42	x		
3	Retirar 1 guia central (ENX02)	00:01:06	x		
4	Retirar amolgadores de gargalo (ENX04)	00:05:06	x		
5	Colocar amolgadores de gargalo (ENX04)	00:05:53	x		
6	Colocar 1 guia central (ENX02)	00:01:25	x		
7	Colocar 2 estrelas (ENX01 e ENX03)	00:01:27	x		
8	Ajustar eixo sem fim de entrada	00:00:28	x		
9	Deslocação para trás da máquina	00:00:29			x
10	Ajustar altura da máquina	00:00:27	x		
11	Deslocação para a frente da máquina	00:00:23			x
12	Testar a passagem de uma garrafa	00:00:55	x		
13	Deslocamento para o Wrap-Around	00:00:43			x
14	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:30		x	
Tempo de Setup		00:21:04			

## Apêndice X – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Enchedor (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Enchedor
Operador	Operador 1
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:00:55		x	
2	Selecionar o formato da garrafa da nova OP no software - Métodos	00:02:16	x		
3	Retirar eixo sem fim da OP anterior (ENC01)	00:00:26	x		
4	Retirar guia central da OP anterior (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:00:23	x		
5	Substituir orientadores de gargalo	00:08:30	x		
6	Substituir peças da guia central (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:01:09	x		
7	Colocar guia central da OP seguinte (ENC02, ENC03, ENC04 e ENC05)	00:00:27	x		
8	Colocar eixo sem fim da OP seguinte (ENC01)	00:00:27	x		
9	Ajuste da estrela de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:32	x		
10	Ajuste do eixo sem fim de entrada com uma garrafa da OP seguinte	00:00:31	x		
11	Ajuste do eixo sem fim de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:12	x		
12	Ajuste da estrela de saída com uma garrafa da OP seguinte	00:00:15	x		
13	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:45		x	
<b>Tempo de Setup</b>		<b>00:16:48</b>			

## Apêndice Y – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Rolhador (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Rolhador <i>Bartop</i>
Operador	Operador 2
Garrafa OP inicial	Cokburns's 75 - 3.0
Garrafa OP final	Cokburns's Estal

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:30		x	
2	Armazenamento das rolhas excedentes	00:02:50		x	
3	Retirar guia central (RDB03)	00:00:19	x		
4	Retirar guia exterior (RDB01)	00:00:52	x		
5	Retirar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:24	x		
6	Retirar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:00:33	x		
7	Colocar 1 guia bipartida (RDB07 e RDB08)	00:01:40	x		
8	Colocar 2 estrelas (RDB02 e RDB04)	00:00:15	x		
9	Colocar guia exterior (RDB01)	00:00:40	x		
10	Colocar guia central (RDB03)	00:00:52	x		
11	Substituir as maxilas (RDB06)	00:03:16	x		
12	Substituir a calha da rolha (RDB05)	00:03:41	x		
13	Deslocação para trás da máquina	00:00:27			x
14	Ajuste da altura da máquina com uma garrafa da OP seguinte	00:00:34	x		
15	Deslocação para a frente da máquina	00:00:20			x
16	Ajuste da altura do depósito das rolhas	00:00:27	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Ajuste sem fim com uma garrafa da OP seguinte	00:00:40	x		
18	Testar a passagem de uma garrafa da OP seguinte	00:00:32	x		
19	Abastecer o depósito de rolhas	00:01:14	x		
20	Colocar as peças da OP anterior no armário de arrumação	00:00:51		x	
Tempo de Setup		00:21:57			

## Apêndice Z – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* da Rotuladora (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Rotuladora
Operador	Operador 3
Garrafa OP inicial	Cockburn's Estal
Garrafa OP final	Cockburn's 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:02:10		x	
2	Abastecer a máquina com o rótulo, contrarrótulo e selos	00:04:50		x	
3	Retirar o excesso do rótulo e contrarrótulo da OP anterior	00:03:00	x		
4	Substituir alisadores	00:01:38	x		
5	Desapertar parafuso de ajuste da altura da máquina e subir a mesma	00:00:33	x		
6	Retirar e colocar os pratos	00:07:02	x		
7	Substituir ou colocar picoletes	00:03:12	x		
8	Deslocação para o lado esquerdo da máquina	00:00:08			x
9	Retirar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:00:40	x		
10	Retirar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:25	x		
11	Colocar 2 estrelas de saída (RTA07 e RTA09)	00:00:18	x		
12	Colocar 2 guias de saída (RTA08 e RTA10)	00:01:05	x		
13	Substituir guia bipartida (RTA05 e RTA06)	00:01:19	x		
14	Deslocação para trás da máquina	00:00:38			x
15	Substituir sem fim (RTA01)	00:01:25	x		
16	Substituir estrela travão (RTA02)	00:00:17	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
17	Retirar estrela de entrada (RTA03)	00:00:13	x		
18	Retirar guia central (RTA04)	00:00:26	x		
19	Retirar os amolgadores de garrafa	00:03:35	x		
20	Colocar novos amolgadores	00:03:36	x		
21	Colocar guia central (RTA04)	00:00:25	x		
22	Colocar estrela de entrada (RTA03)	00:00:23	x		
23	Testar a passagem de uma garrada modelo da OP seguinte nos componentes de entrada	00:01:22	x		
24	Afinar altura da máquina com recurso a uma garrafa da OP seguinte (através de botão - mecânico)	00:00:25	x		
25	Deslocação para a frente da máquina	00:00:44			x
26	Selecionar o tipo de garrafa da OP seguinte no software	00:00:50	x		
27	Testar posicionamento do rótulo, contrarrótulo e selo, e respetivo ajuste	00:02:45	x		
28	Margem de erro para testes	00:05:00	x		
29	Deslocação para trás da máquina	00:00:36	x		x
30	Ajuste do posicionamento do número de lote	00:00:34	x		
31	Deslocação para a frente da máquina	00:00:30			x
32	Colocar as peças da OP anterior nas prateleiras de arrumação	00:01:46		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:51:45	00:51:50		

## Apêndice AA – Registo e cronometragem das tarefas no setup do Distribuidor (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Distribuidor
Operador	Operador 2
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:42		x	
2	Armazenar as cápsulas excedentes, controlando as que faltam para terminar a OP	00:03:42		x	
3	Retirar 1 guia central (CTE03)	00:00:32	x		
4	Retirar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:28	x		
5	Retirar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:00:35	x		
6	Retirar guia bipartida interior (CTE05 e CTE06)	00:00:27	x		
7	Colocar guia bipartida interior (CTE05 e CTE06)	00:01:02	x		
8	Colocar guia bipartida exterior (CTE07 e CTE08)	00:00:54	x		
9	Colocar 2 estrelas (CTE02 e CTE04)	00:00:34	x		
10	Colocar guia central (CTE03)	00:00:32	x		
11	Deslocamento para o Capsulador	00:00:04			x
12	Ajustar altura da máquina	00:00:07	x		
13	Substituir estrela de entrada (CTE001)	00:00:53	x		
14	Deslocação para a frente da máquina	00:00:20			x
15	Afinar as guias para suporte da garrafa	00:00:52	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
16	Ajustar posicionamento do alimentador de cápsulas	00:01:36	x		
17	Deslocamento para o Capsulador	00:00:06			x
18	Abastecer o armazém com cápsulas	00:01:53	x		
19	Arrumar as peças da OP anterior	00:01:28		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:17:47			

## Apêndice BB – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do Capsulador (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Capsulador
Operador	Operador 2
Garrafa OP inicial	Cockburn's 75
Garrafa OP final	Cockburn's 100

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:01:51		x	
2	Retirar guia central (CRO05)	00:00:09	x		
3	Retirar estrela de saída (CRO06)	00:00:10	x		
4	Retirar guia bipartida interior (CRO07 e CRO08)	00:00:27	x		
5	Retirar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:00:30	x		
6	Substituir guia bipartida de entrada (CRO01, CRO02, CRO03 e CRO04)	00:01:27	x		
7	Colocar guia bipartida exterior (CRO09 e CRO10)	00:00:32	x		
8	Colocar guia bipartida interior (CRO07 e CRO08)	00:00:30	x		
9	Colocar estrela de saída (CRO06)	00:00:09	x		
10	Colocar guia central (CRO05)	00:00:23	x		
11	Deslocação para trás da máquina	00:00:16			x
12	Ajuste da altura da máquina	00:00:24	x		
13	Deslocamento para o Distribuidor	00:00:05			x
14	Ajuste da altura do suporte de gargalo	00:01:02	x		
15	Testar a passagem de uma garrafa e respetivas afinações	00:01:32	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
16	Deslocamento para o Rolhador	00:00:46			x
17	Abastecer o Distribuidor com cápsulas	00:01:23	x		
18	Arrumar as peças da OP anterior	00:01:37	x		
Tempo de Setup		00:13:13			

## Apêndice CC – Registo e cronometragem das tarefas no *setup* do *Wrap-Around* (Análise Final)

Linha	23
Máquina	Wrap-Around
Operador	Operador 5
Garrafa OP inicial	Cockburn's 100
Garrafa OP final	Tulip 75

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
1	Colocar as ferramentas da OP seguinte junto à respetiva máquina	00:03:00		x	
2	Retira as caixas excedentes da máquina, controlando as que faltam para terminar a OP	00:05:00		x	
3	Deslocamento para o Enxaguador	00:00:45			x
4	Retirar 6 separadores de garrafa e colocar os da OP seguinte	00:03:36	x		
5	Deslocamento para trás da máquina	00:00:24			x
6	Desapertar de um lado as 3 guias da linha de encaixotamento	00:00:22	x		
7	Desapertar de um lado os 4 dentes	00:00:43	x		
8	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:18			x
9	Retirar as 3 guias da linha de encaixotamento	00:00:48	x		
10	Retirar os 4 dentes	00:01:08	x		
11	Retirar 2 separadores de garrafa	00:00:11	x		
12	Selecionar o programa da OP seguinte no software	00:00:46	x		
13	Colocar 2 separadores de garrafa	00:00:44	x		
14	Colocar as 3 guias da OP seguinte	00:01:34	x		
15	Colocar os 4 dentes da OP seguinte	00:01:38	x		

Apêndice

Sequência	Tarefa	Tempo cronometrado (hh:mm:ss)	Tarefa Interna	Tarefa Externa	Movimentações
16	Deslocamento para trás da máquina	00:00:08			x
17	Ajuste das guias das caixas	00:00:30	x		
18	Apertar as 3 guias da OP seguinte	00:00:31	x		
19	Apertar os 4 dentes da OP seguinte	00:00:56	x		
20	Deslocamento para a frente da máquina	00:00:16			x
21	Ajustar altura dos palpadores de acordo com valores definidos	00:00:57	x		
22	Ajustar a largura do armazém com valor definido	00:00:06	x		
23	Ajustar 3 larguras de garrafa no distribuidor de garrafas mecanismo que divide as caixas em linhas para o posterior encaixotamento	00:00:36	x		
24	Abastecer armazém do cartão com cartão da OP seguinte	00:00:35	x		
25	Arrumar o material da OP anterior	00:03:00		x	
26	Ajuste das guias da linha (Adaptar ao formato da caixa da nova OP)	00:02:00		x	
<b>Tempo de Setup</b>		00:30:32			

