



Lean Sustainability - Estudo de Caso Numa Empresa do Setor Químico

JOÃO PEDRO DE SOUSA MACHADO

julho de 2024

Lean Sustainability – Estudo de Caso Numa Empresa do Setor Químico

João Pedro Sousa Machado

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

Orientador: José Carlos Vieira de Sá

Júri:

Presidente:

Doutor Hélio Cristiano Gomes Alves de Castro, Professor Adjunto, ISEP

Vogais:

Doutor António Mário Henriques Pereira, Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Leiria

Doutor José Carlos Vieira de Sá, Professor Adjunto, ISEP

Porto, julho de 2024

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível devido ao apoio de algumas pessoas, começo por agradecer aos meus pais e irmão por todos os conselhos e motivação que me transmitiram quando mais precisei.

Ao professor José Carlos Sá por ter aceite ser meu orientador, por toda a disponibilidade demonstrada e ainda pelos conselhos e sugestões partilhadas.

À Colquímica Adhesives e seus colaboradores pela forma como me receberam, em particular à engenheira Cláudia Pereira e à engenheira Carla Barbosa, por toda a ajuda demonstrada ao longo do estágio e por terem sempre apoiado as minhas ideias.

Por fim, aproveito para agradecer a todos os meus amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para que esta caminhada fosse possível.

Resumo

A presente dissertação foi realizada na Colquímica, uma empresa portuguesa do setor químico cuja atividade industrial é direcionada para o desenvolvimento, produção e comercialização de colas industriais. O objetivo da dissertação era estudar qual o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade da Colquímica. Para isso, a metodologia de investigação utilizada foi a Action Research pois caracteriza-se por dar resposta aos problemas. Na fase inicial, foram estudadas algumas das ferramentas *lean* com o intuito de perceber quais as que melhor se enquadravam com a realidade da empresa e também para estudar os seus benefícios ao nível económico, ambiental e social. Posto isto, passou-se à componente prática, começando por verificar o estado inicial da empresa a partir do cálculo de alguns *Key Performance Indicators*. De seguida, foram aplicados os 5S no departamento da manutenção e dois dos pilares do *Total Productive Maintenance* (melhorias específicas e manutenção autónoma) na linha de produção com o maior tempo de paragem para a resolução de avarias ao longo de 2023, a linha de *Small Pillows 1*. A análise das avarias com maior impacto nesse período de tempo permitiu que fossem desenvolvidas ações individualizadas com o objetivo de melhorar a performance da empresa. Em relação à manutenção autónoma, foram normalizados procedimentos e proposto um quadro *kamishibai* para futuro controlo por parte dos técnicos da manutenção. Os 5S, permitiram melhorar o ambiente vivido no departamento da manutenção, a limpeza e organização melhoraram e o espaço disponível aumentou, prevê-se ainda que o desperdício de lubrificantes irá diminuir. Até ao fim do estágio estima-se que o TPM permitiu reduzir na linha de *Small Pillows 1*, 83,6% do tempo disponibilizado para a resolução de avarias, 1,35% das emissões de dióxido de carbono libertadas e obter ganhos económicos de 21 969€, de salientar ainda que esta ferramenta permitiu melhorar a segurança dos trabalhadores através da eliminação de uma fonte de risco, as melhorias verificadas ocorreram ao longo dos quatro primeiros meses de 2024. Assim, com este estudo foi possível demonstrar o impacto do *lean* na sustentabilidade, enriquecendo a literatura no âmbito do *lean sustainability*.

Palavras-chave: *Lean*, *Lean Sustentável*, *Green*, Sustentabilidade, 5S, TPM

Abstract

This dissertation was conducted at Colquímica, a Portuguese company in the chemical sector whose industrial activity is focused on the development, production and commercialisation of industrial adhesives. The aim of the dissertation was to study the impact of lean tools on Colquímica's sustainability. To this end, the research methodology used was Action Research, as it is characterised by providing answers to problems. In the initial phase, some of the lean tools were studied in order to understand which ones fit in with the company's reality and also to study their economic, environmental and social benefits. After that, the practical component was developed, starting by checking the initial state of the company by calculating some Key Performance Indicators. Next, 5S was applied in the maintenance department and two of the pillars of Total Productive Maintenance (specific improvements and autonomous maintenance) on the production line with the highest downtime for break down resolution throughout 2023, the Small Pillows 1 line. The analysis of breakdowns made it possible to develop individualised actions with the aim of improving the company's performance. With regard to autonomous maintenance, procedures were standardised and a kamishibai card was proposed for future control by maintenance technicians. The 5S have improved the conditions in the maintenance department, cleanliness and organisation have improved and the space available has increased. It is also expected that the waste of lubricants will decrease. Until the end of the internship, it was estimated that TPM had made it possible to reduce 83.6% of the time taken to resolve faults on the Small Pillows 1 line, 1.35% of the carbon dioxide emissions released and obtain economic gains of 21 969 €. It should also be emphasised that this tool has made it possible to improve worker safety by eliminating a source of risk. The improvements occurred over the first four months of 2024. With this study it was possible to demonstrate the impact of lean on sustainability, enriching the literature on lean sustainability.

KEYWORDS: *Lean, Lean Sustainable, Green, Sustainability, 5S, TPM*

Índice

Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos e metodologia.....	1
1.3. Estrutura	2
1.4. Empresa de acolhimento	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Metodologia seguida para a seleção de artigos.....	5
2.2. Filosofia <i>Lean</i>	6
2.3. Ferramentas <i>Lean</i>	7
2.3.1. 5S	7
2.3.2. Kamishibai	9
2.3.3. Jidoka	9
2.3.4. Andon.....	10
2.3.5. Heijunka	11
2.3.6. Kanban	12
2.3.7. Obeya Room.....	12
2.3.8. Poka-yoke.....	13
2.3.9. Single Minute Exchange of Dies (SMED)	14
2.3.10. Spaghetti Diagram	15
2.3.11. Total Productive Maintenance	16
2.3.12. Value Stream Mapping.....	18
2.3.13. Visual Management	19
2.4. Lean Green	20
2.5. Sustentabilidade.....	24
2.6. Science Based Targets.....	25
2.7. Análise crítica da revisão de literatura	31
3. Métodos e Aplicação.....	33
3.1. Aplicação de um modelo concetual	33
3.2. Emissões de carbono	34
3.3. Cálculo dos KPI's propostos por Sá et al. (2023)	37
3.4. BOPSE.....	37
3.5. 5S.....	43

3.6. TPM.....	51
3.6.1. Linha de Small Pillows 1	52
3.6.2. Melhorias específicas.....	55
3.6.3. Manutenção autónoma	61
4. Resultados e Discussão	65
4.1. Apresentação de resultados	65
4.1.1. Resultados 5S	65
4.1.2. Resultados TPM.....	66
4.1.3. Resultados KPI's propostos por Sá et al. (2023)	71
4.1.4. Resultados BOPSE.....	72
4.2. Discussão de resultados.....	73
5. Conclusão	77
5.1. Conclusões finais	77
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	78
Referências.....	79
Declaração de Integridade	91
Apêndice A – Normalização dos 5S.....	93
Apêndice B – Manutenção autónoma, normalização de procedimentos.....	95
Apêndice C – Cálculo do BOPSE (Previsão 2024)	97
Anexo A – Classificações atribuídas no BOPSE	101
Anexo B – Checklist para a auditoria 5S da manutenção.....	103

Lista de Figuras

Figura 1 - Instalações da Colquímica, susão	3
Figura 2 - Seleção dos artigos tendo por base a metodologia PRISMA	6
Figura 3 - Os 8 pilares do TPM (Chintada & V, 2022)	16
Figura 4 - Similaridades entre as práticas <i>Lean</i> e <i>Green</i> (Dües et al., 2013)	21
Figura 5 - Modelo de implementação do <i>lean-green</i> (Thanki et al., 2016)	22
Figura 6 - Os três pilares da sustentabilidade (Abualfaraa et al., 2020)	24
Figura 7 - Representação dos scopes e atividades envolvidas (Reavis et al., 2022)	26
Figura 8 - Diferentes setores e respetiva fase de desenvolvimento (<i>Sector Guidance - Science Based Targets</i> , 2023)	28
Figura 9 - Empresas que aderiram à SBTi até 2021 (Bjørn et al., 2022)	29
Figura 10 - Publicações sobre <i>Science Based Target*</i> na <i>Web of Science</i>	30
Figura 11 - Modelo concetual seguido (Sá et al., 2023)	33
Figura 12 – KPI's calculados (Sá et al., 2023)	34
Figura 13 - Emissões associadas ao consumo de energia elétrica	36
Figura 14 - Cálculo do OEE 2023	42
Figura 15 - Resultado do BOPSE	42
Figura 16 - Bancada de trabalho, fase inicial	43
Figura 17 - Armazém da manutenção, fase inicial	44
Figura 18 - Controladores de temperatura	45
Figura 19 - Zona de armazenamento dos produtos químicos, fase inicial	46
Figura 20 - Zona de armazenamento dos produtos químicos, fase final	46
Figura 21 - Zona dedicada à colocação de máquinas que necessitam de reparação	47
Figura 22 - Bancada de trabalho, estado inicial e final	47
Figura 23 - Armazém da manutenção, melhorias verificadas após os 3 primeiros "S"	48
Figura 24 - Melhorias no armazenamento de stock	48
Figura 25 - Exemplo de OPL elaborada para os 5S	49
Figura 26 - Quadro <i>kamishibai</i> elaborado para a manutenção dos 5S	50
Figura 27 - Análise dos tempos de paragem para cada linha de produção	51
Figura 28 - Análise do número de paragens para cada linha de produção	52
Figura 29 - Mecanismo onde ocorre a extrusão da cola	53
Figura 30 - <i>Small Pillow</i>	53
Figura 31 - Piscina de arrefecimento	54
Figura 32 - Zona de pesagem	54
Figura 33 - Análise dos tempos de paragem dos diferentes componentes da linha de SP1	55
Figura 34 - Análise do número de paragens dos diferentes componentes da linha de SP1	56
Figura 35 - Formato de uma <i>small pillow</i>	57
Figura 36 - Tapete transportador com palas	59
Figura 37 - Quadro elétrico antigo	60
Figura 38 - Quadro elétrico novo	60
Figura 39 - Seleção de avaria	61

Figura 40 - Exemplo de standard realizado para a normalização de procedimentos.....	63
Figura 41 - <i>Kamishibai</i> para controlo das atividades da manutenção autónoma	64
Figura 42 - Comparação do número de avarias verificadas	66
Figura 43 - Comparação do tempo de avarias.....	67
Figura 44 - Comparação do tempo de avarias (sem anomalias externas)	70
Figura 45 - Exemplo de KPI do BOPSE (M. Abreu et al., 2020)	73

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Desperdício lean e impacto ao nível do green (Verrier et al., 2016)	20
Tabela 2 - Sinergia entre o lean e os diferentes pilares da sustentabilidade (de Carvalho et al., 2017)	25
Tabela 3 - Critérios chave para a definição de metas a curto e longo prazo	27
Tabela 4 - Consumos de gás natural verificados ao longo de 2023 em Portugal	35
Tabela 5 - Consumo da frota automóvel.....	35
Tabela 6 - Emissões resultantes da frota automóvel	36
Tabela 7 - Cálculo dos KPI's	37
Tabela 8 - BOPSE, cálculo da componente económica	38
Tabela 9 - BOPSE, cálculo da componente ambiental	39
Tabela 10 - BOPSE, cálculo da componente Social	40
Tabela 11 - Cálculo do MTTR e MTBF	57
Tabela 12 - Melhorias obtidas com a implementação dos 5S.....	65
Tabela 13 - Previsão dos KPI's calculados para 2024	72
Tabela 14 - Ganhos obtidos por pilar da sustentabilidade.....	74

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
BOPSE	<i>Business Overall Performance and Sustainability Effectiveness</i>
CDP	<i>Carbon Disclosure Project</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
FE	Fator de emissão
GEE	Gases com efeito de estufa
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPP	Instituto Politécnico do Porto
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
IT	Instrução de trabalho
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses</i>
SBT	<i>Science Based Targets</i>
SBTi	<i>Science Based Targets initiative</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WoS	<i>Web of Science</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i>

Lista de Símbolos

%	percentagem
t	tonelada

h	hora
Σ	somatório
l	litro
km	quilómetro
°C	grau Celsius
kW	quilowatt
kWh	quilowatt-hora
kg	quilograma

1. Introdução

Ao longo deste capítulo foi realizada uma primeira abordagem ao tema, inumerados os objetivos pretendidos ao longo do estágio, assim como a metodologia delineada. É ainda, apresentada a estrutura geral do relatório e realizada a apresentação da empresa de acolhimento.

1.1. Enquadramento

Tendo em conta a crescente preocupação das gerações atuais em garantir um futuro próspero às gerações futuras, é necessário que seja realizada uma produção responsável focada não só em termos económicos, mas também em termos sociais e ambientais. O aumento da eficiência dos processos produtivos e da rentabilidade sempre foi uma grande preocupação, no entanto, têm sido feitos esforços, não só no sentido de proporcionar as melhores condições aos trabalhadores, mas também com o objetivo de criar o menor impacto ambiental possível.

Estas práticas vão ao encontro daquilo que é a Sustentabilidade e o Desenvolvimento Sustentável, definido pela Comissão Brundtland em 1987 como sendo: “A capacidade de satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). Estes ideais só são cumpridos quando a componente ambiental, económica e social se encontram perfeitamente alinhadas.

Nesse sentido, a redução de desperdícios a partir da filosofia *lean*, é uma das estratégias usadas por muitas empresas para melhorar o seu desempenho operacional, a integração da componente “green”, remete para as considerações ambientais, contribuindo assim para a melhoria da sustentabilidade das empresas.

A *Science Based Target initiative* (SBTi), surgiu como consequência às alterações climáticas que se fazem sentir. O seu principal objetivo é auxiliar as empresas na definição de metas com base científica para a redução das suas emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Estes esforços, pretendem limitar o aquecimento global, para que não se verifiquem efeitos catastróficos.

1.2. Objetivos e metodologia

O objetivo da presente dissertação é estudar “Qual o impacto das ferramentas *Lean* na Sustentabilidade da Colquímica”, para dar resposta a esta questão procedeu-se à realização de

Introdução

um caso de estudo. Adicionalmente pretendia-se estudar o impacto que estas medidas iriam ter para a *Science Based Targets initiative*. Para dar resposta ao objetivo do estágio, foi utilizada a metodologia Investigação-ação, a qual é caracterizada por permitir dar resposta aos problemas (Susman & Evered, 1978).

Esta metodologia é composta por 5 fases,

Diagnóstico – Fase na qual se identifica ou define o objetivo;

Planeamento – É delineada a estratégia que irá dar resposta ao problema;

Implementação das ações – A estratégia definida na fase anterior é colocada em prática;

Avaliação – São analisados os resultados obtidos;

Conclusão – Nesta etapa é importante refletir acerca dos resultados e é também importante identificar as descobertas.

Sendo assim, na primeira fase começou-se por analisar o estado atual da empresa, com o objetivo de identificar componentes e áreas de trabalho que necessitavam de intervenção. O processo produtivo foi também estudado com o objetivo de identificar fontes de improdutividade. Por fim, foram calculados os KPIs propostos por Sá et al. (2023) e por Abreu et al. (2019).

Depois de identificados os problemas, foi delineada uma estratégia e pensadas quais as medidas a aplicar no sentido de melhorar o desempenho da organização, nesta etapa foi importante estudar as ferramentas *lean*, para perceber as que melhor se enquadravam com as necessidades da empresa. Dada por concluída a fase de planeamento, passou-se à implementação das ações estruturadas.

De seguida, foi necessário registar os resultados obtidos com as medidas aplicadas, os KPI calculados na fase inicial foram novamente recalculados. Por fim, os resultados foram analisados e discutidos com o objetivo de avaliar a evolução.

1.3. Estrutura

Relativamente à estrutura da dissertação, esta é composta por cinco capítulos. O primeiro, é relativo à introdução, no qual é efetuado um enquadramento geral do tema, são definidos os objetivos, descrita a metodologia, explicada a estrutura do relatório e apresentada a empresa de acolhimento.

No segundo capítulo, é apresentada a revisão bibliográfica acerca do tema desenvolvido, cujo objetivo é suportar a componente prática. Exploram-se temáticas como a filosofia *lean*, algumas das suas ferramentas com o intuito de perceber a sua aplicabilidade, o *lean green* que remete para a componente ambiental, a sustentabilidade e os principais pontos de sinergia entre ambos os conceitos e por fim os *Science Based Targets*.

Ao longo do terceiro capítulo é apresentada a componente prática da dissertação, ao longo do qual se explicam todas os métodos e aplicações efetuadas, desde a verificação do estado inicial da empresa à aplicação das ferramentas *lean*.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados das implementações efetuadas e ainda uma breve discussão acerca dos mesmos.

Por fim, no quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões, descritas as limitações da dissertação e ainda sugeridas ações para o futuro.

1.4. Empresa de acolhimento

A Colquímica é uma empresa portuguesa que se dedica ao desenvolvimento, produção e comercialização de adesivos tecnológicos, foi fundada em 1953 na cidade de Valongo por João António Koehler, pai de João Pedro Koehler atual CEO da empresa.

Esta é uma empresa presente pelo mundo, sendo constituída por 4 unidades produtivas instaladas em 3 países diferentes, duas delas em Portugal (Valongo e Susão), uma em Poznan, na Polónia e a mais recente nos Estados Unidos, em Charlotte. A empresa apresenta anualmente um volume de faturação superior a 150 M€ e a sua capacidade produtiva é superior a 85 000 toneladas. Atualmente exporta para mais de 70 países e é constituída por aproximadamente 400 colaboradores.

Os seus produtos dividem-se em 6 tecnologias de fabrico diferentes: “*Big pillows*”, “*Small pillows*”, “*Pearls*”, “*Sticks*”, “*Granules*” e “*Semi-liquid*” sendo a sua aplicação verificada em áreas muito distintas, desde a saúde e higiene pessoal, ao embalamento, produção de colchões, conversão de papel e ainda à montagem de produtos.

A grande proximidade com os clientes e o seu compromisso em dar uma rápida resposta às necessidades do mercado faz desta uma empresa de destaque. Um dos pontos fortes da Colquímica é a grande aposta na investigação e desenvolvimento de novos produtos, sendo que atualmente, 25% dos seus produtos oferecem soluções mais sustentáveis aos seus clientes. Na Figura 1 é apresentada a fábrica situada em Susão, na qual decorreu o estágio.



Figura 1 - Instalações da Colquímica, susão

Introdução

2. Revisão Bibliográfica

Ao longo deste capítulo é apresentada a revisão da literatura, cujo objetivo é sustentar a parte prática. Numa primeira fase, é abordada a filosofia *lean* e as suas ferramentas, em segundo lugar é explorado o tema *lean green*, de seguida a sustentabilidade e por fim os *Science Based Targets*.

2.1. Metodologia seguida para a seleção de artigos

A metodologia de investigação utilizada para a seleção de artigos foi a PRISMA (“*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*”) (Page et al., 2021) e a base de dados utilizada foi a *Web of Science* (WoS) devido à elevada quantidade de informação disponibilizada e também devido à fácil utilização da plataforma.

Assim sendo, numa primeira fase da pesquisa, foi realizada uma análise acerca da filosofia *lean* e de algumas das suas ferramentas, com o objetivo de estudar a sua aplicabilidade. Os passos realizados na pesquisa foram os seguintes:

1. “*Lean and (5S or Andon or Heijunka or Jidoka or Kamishibai or Kanban or Obeya Room or Poka-yoke or SMED or Single Minute Exchange of Die or Spaghetti Diagram or TPM or Total Productive Maintenance or VSM or Value Stream Mapping or Visual Management)*” (topic)
2. *Articles*
3. Escritos em inglês
4. Data de pesquisa 2009-2024
5. Seleccionados cerca de 5 artigos por ferramenta, de preferência os mais citados

Apesar de terem sido 13 o número de ferramentas exploradas e na prática terem sido aplicadas apenas 3 (5S, TPM e *Kamishibai*), o objetivo foi estudar a sua aplicabilidade, com o intuito de perceber as que melhor se enquadravam com a realidade da empresa e com as suas necessidades.

Numa segunda fase, foi realizada uma pesquisa baseada nas *keywords* “*lean*” e “*green*” com o objetivo de estudar o seu impacto nas organizações, de verificar o esforço global que está a ser realizado em torno deste tema e ainda, explorar modelos e casos de sucesso nos quais foram aplicados os conceitos. Os passos da pesquisa foram os seguintes:

1. “Lean and green” (topic)
2. Articles
3. Escritos em inglês
4. Data de pesquisa 2012 – 2024

Por último foi realizada uma pesquisa acerca dos *Science Based Targets*.

1. “Science Based Target*”
2. Articles e Review article
3. Escrito em inglês
4. Data de pesquisa 1900-2024

Ao longo de toda a pesquisa, foram utilizados preferencialmente os artigos mais citados de revistas Q1 e Q2 e com maior relevância para o tema em estudo. Na Figura 2 é apresentado o modelo com a metodologia prisma, com o objetivo de esquematizar os diferentes passos de seleção de artigos. Convém ainda referir que adicionalmente foram selecionadas 16 publicações.

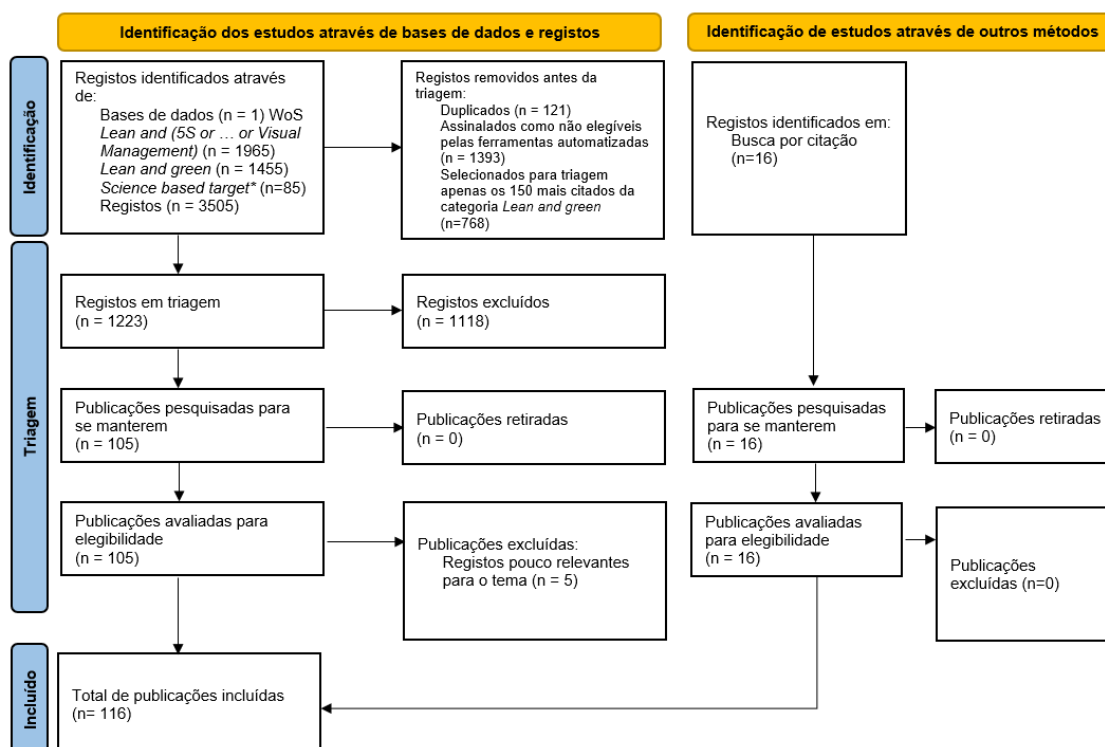


Figura 2 - Seleção dos artigos tendo por base a metodologia PRISMA

2.2. Filosofia Lean

O conceito *Lean Thinking*, vulgarmente chamado de *Toyota Production System* (TPS) provem do *shop-floor* da Toyota Motor Corporation (Tezel et al., 2018). A necessidade de competir com o

sistema de produção em massa dos fabricantes americanos, originou no Japão um novo sistema de gestão focado na redução de desperdícios, com o objetivo de melhorar a eficiência dos processos produtivos para que os custos fossem reduzidos e os produtos se mantivessem numa posição competitiva e atrativa no mercado (Garza-Reyes, 2015).

Um dos princípios da filosofia *lean* é a criação de valor para o cliente, minimizando a utilização de recursos na concepção dos produtos (Hodge et al., 2011). Tal como foi referido, isto só é conseguido através da redução de desperdícios, que de acordo com Taiichi Ohno são, o tempo de espera, a movimentação desnecessária, o transporte, o inventário, os defeitos, a sobreprodução e o processamento inadequado (Hodge et al., 2011). Verrier et al. (2016) fazem referência ao oitavo desperdício que está relacionado com a perda do potencial humano. Forno et al. (2014) alertam para a necessidade de envolver pessoas de todos os níveis das organizações para o sucesso da implementação da filosofia *lean*.

Powell et al. (2013) fazem referência aos cinco princípios que são a base do *lean thinking*, sendo assim, é necessário, identificar o que é valor na perspetiva do cliente, identificar o fluxo de valor, criar um fluxo contínuo, realizar a produção de acordo com a procura do cliente (*pull*) e procurar a perfeição. De acordo com Forno et al. (2014) a implementação da filosofia *lean*, melhora a eficiência dos processos e contribuiu para a excelência operacional.

2.3. Ferramentas *Lean*

Nesse sentido, surgiram as ferramentas *lean*, com o objetivo de auxiliar os gestores a melhorar a qualidade dos processos, reduzir os custos de fabrico e eliminar atividades que não acrescentam valor ao processo. Vinodh et al. (2011) referem ainda, que devido à redução de desperdício, a sua utilização pode trazer inúmeras vantagens em termos sustentáveis.

2.3.1. 5S

Os 5S são uma das ferramentas *lean* mais utilizadas quando se pretende melhorar os processos de uma organização. Este termo surge com frequência associado ao conceito de produtividade, visto que esta ferramenta, contribui para o combate e redução de desperdícios, tornando assim, os processos mais eficientes (Shahriar et al., 2022). Além disso, o ambiente de trabalho limpo e arrumado, assim como a correta utilização do espaço de trabalho são alguns dos ganhos esperados quando os 5S são aplicados corretamente (Jiménez et al., 2015).

A ferramenta 5S deriva de 5 expressões japonesas, sendo que cada uma delas, representa uma fase diferente da aplicação:

- *Seiri* (Triagem) – Consiste em limpar o local de trabalho, tudo o que não é necessário para a realização das atividades deve ser eliminado.
- *Seiton* (Organização) – O lugar onde todas as ferramentas de trabalho são armazenadas deve ser definido e bem identificado.
- *Seiso* (Limpeza) – Manter um ambiente limpo e arrumado é um dos pontos chave da ferramenta, visto que, sujidade e desarrumação são fontes de ineficiência.

Revisão Bibliográfica

- *Seiketsu* (Normalização) – Deve ser definida uma norma para a limpeza e organização do local de trabalho, que suporte as tarefas realizadas nas etapas anteriores.
- *Shitsuke* (Autodisciplina) - Todos os procedimentos realizados para chegar a esta etapa devem ser respeitados, os 5S passam a fazer parte da cultura organizacional.

A ferramenta 5S foi aplicada numa indústria que se dedica à produção de sacos de plástico, com o objetivo de reduzir dois dos oito desperdícios definidos pela filosofia *lean*, o tempo de espera e os movimentos desnecessários, para isso, numa fase inicial foram estudados os processos da empresa, sendo de seguida, implementados os 5S. Os resultados revelaram, uma redução do tempo operacional de 8% para a etapa de sopro e de 18% na etapa de impressão. Além disso, o número de reclamações dos clientes sobre a impressão nos três meses seguintes à implementação, comparativamente aos três meses anteriores, reduziu de oito para um (Shahriar et al., 2022).

Num estudo realizado numa empresa Indiana, ligada ao setor automóvel, os autores verificaram que os 5S permitiram melhorar o processo produtivo, ao nível da qualidade, por exemplo, o número de peças rejeitadas ao longo dos processos internos, reduziu de 2000 para 100 partes por milhão, o espaço útil aumentou, os desperdícios foram minimizados e a eficiência melhorada (Randhawa & Ahuja, 2018).

A aplicação da ferramenta 5S no laboratório de uma universidade permitiu, diminuir o número de falhas e acidentes, reduzir o tempo de preparação das atividades, aumentar o espaço disponível na área de trabalho em cerca de 25% e eliminar materiais e ferramentas desnecessárias, o ambiente de trabalho melhorou, assim como a motivação das pessoas envolvidas (Jiménez et al., 2015).

Foi também analisado um estudo, em que os autores aplicaram a ferramenta 5S em conjunto com o conceito de economia circular, verificaram com a metodologia proposta, que a utilização de água pode reduzir em 45%. Por outro lado, a produtividade pode ser melhorada na ordem dos 20% (Sartal et al., 2020).

A crescente consciencialização e preocupação com o meio ambiente, foi verificada num estudo realizado em cinco empresas europeias, no qual foram aplicadas várias ferramentas *lean*, entre elas os 5S, a aplicação revelou melhorias nas organizações estudadas, visto que grande parte dos desperdícios foram eliminados. Em particular a partir dos 5S, foi possível reduzir significativamente a quantidade de óleo desperdiçada (Chiarini, 2014).

O mesmo foi verificado num outro estudo em que os 5S em conjunto com outras ferramentas *lean* melhoraram o desempenho organizacional, visto que, se verificou a redução da energia utilizada, dos resíduos sólidos, das matérias-primas e ainda dos gases emitidos. Desta forma, os autores concluíram que as ferramentas utilizadas contribuíram positivamente para o impacto ambiental (Dieste et al., 2020).

Para além da componente ambiental, a social tem-se apresentado essencial no desempenho das organizações, nesse sentido Cordeiro et al. (2020) aplicaram os 5S em conjunto com outras ferramentas *lean* e estudaram o seu impacto ao nível da segurança e saúde no trabalho a partir

de um questionário respondido pelos colaboradores. Os resultados indicam que 83,4% dos trabalhadores consideram que as condições de trabalho melhoraram. Entre as diversas melhorias, destacam-se a diminuição da distância percorrida na procura de materiais e a melhoria da segurança dos trabalhadores.

2.3.2. Kamishibai

O *Kamishibai* é uma ferramenta utilizada pela filosofia *lean*, que funciona como uma pequena auditoria. Ou seja, algumas tarefas consideradas importantes são apresentadas em cartões e esporadicamente é realizada uma ronda com o objetivo de perceber se estão a ser cumpridas. Esta é uma boa ferramenta para normalizar procedimentos, pois é possível acompanhar o estado das diferentes tarefas, perceber o que deve ser melhorado e além disso é uma ferramenta visual, tornando a sua compreensão mais rápida e intuitiva (Yazdani et al., 2018).

Desta forma, esta pode ser uma importante ferramenta por exemplo na manutenção dos 5S, para assegurar que as melhorias implementadas passam a fazer parte da cultura da organização. Uma boa medida passa pela realização de um cartão com várias tarefas que se enquadrem com os 5S e esporadicamente é realizada uma ronda para verificar se estas se mantem, uma vez que, por vezes as etapas mais difíceis são as de normalização e autodisciplina.

O estudo desenvolvido por Kamity et al. (2021) direcionado para a área da saúde, tinha como objetivo reduzir as infeções da corrente sanguínea associadas à linha central. Segundo os autores, existem procedimentos que garantem a correta prestação dos cuidados, no entanto, a grande dificuldade passa por garantir a sua execução. Desta forma, o cartão *Kamishibai* foi utilizado para a realização de auditorias, quando todas as questões eram verificadas, era apresentado o lado verde, por outro lado, se uma ou mais questões não se verificasse era exposto o lado vermelho, esta ferramenta permitiu ainda, que fossem encontradas algumas lacunas de informação. Assim, a partir da ferramenta *Kamishibai*, foi possível assegurar a realização das tarefas e o objetivo da investigação foi cumprido pois foi possível reduzir a quantidade de infeções.

Shea et al. (2019) concluíram que os cartões *Kamishibai* são uma ótima ferramenta para que a conformidade seja assegurada e para desenvolver a comunicação entre os líderes e os restantes colaboradores. Erlick et al. (2021) verificaram que esta é uma ferramenta que promove a interação das pessoas, sendo esta uma grande vantagem para a análise da causa raiz de irregularidades.

2.3.3. Jidoka

A ferramenta *Jidoka*, é uma ferramenta que tem como objetivo dotar os operadores e as máquinas com a capacidade de detetar e parar os processos sempre que se verifiquem erros ou situações indesejadas que necessitem de intervenção, no sentido de evitar a produção defeituosa, desta forma, com esta ferramenta é possível melhorar a qualidade dos produtos (Villalba-Diez et al., 2021).

Foi analisado um caso de estudo, no qual os autores exploraram o impacto que a indústria 4.0 pode desempenhar nos princípios *lean* e como estes conceitos se podem relacionar no sentido de melhorar o desempenho organizacional. Os autores referem que tecnologias da indústria 4.0 como a utilização de sensores e a automatização dos processos podem ser uma mais-valia quando se pretende utilizar o *jidoka*, visto que, a deteção de erros e a paragem dos processos se torna imediata (Rosin et al., 2020).

Os princípios da metodologia SLAE-CPS vão ao encontro do que foi referido anteriormente, esta metodologia, foi desenvolvida para ser capaz de detetar erros, analisar dados e fazer correções de forma autónoma, utilizando sensores, atuadores e software adequado (Ma et al., 2017).

A versatilidade das ferramentas *lean* permite que estas sejam aplicadas em diferentes ambientes e setores, um estudo realizado na área da saúde testou a aplicabilidade das ferramentas *jidoka* e *poka-yoke* com o objetivo de eliminar os erros médicos e os elevados custos, as duas ferramentas foram implementadas com o intuito de desenvolver as melhores práticas de paragem de processos, para que danos maiores fossem evitados. Os resultados foram positivos e é reforçada a ideia de que em caso de dúvida se deve parar (Grout & Toussaint, 2010).

Por fim, foi analisado um artigo que se concentrou no estudo do impacto ambiental de três pilares do *lean manufacturing*, entre eles o *jidoka*. Numa fase inicial, os autores recolheram dados económicos e acerca das emissões de cada uma das empresas, de seguida analisaram-nos e testaram as várias hipóteses colocadas, os autores verificaram que o *jidoka* tem um impacto positivo no desempenho ambiental. No entanto, referem que o nível de aplicação das práticas *lean* deve ser um dos fatores a ter em conta na avaliação, visto que, o impacto numa empresa que não tenha qualquer ferramenta implementada será muito superior a outra que já tenha esta filosofia bem presente (Sartal et al., 2018).

2.3.4. Andon

O *Andon* é uma ferramenta da filosofia *lean*, que tem como objetivo, emitir um alerta (luminoso ou sonoro) sempre que se verifique um problema que tem de ser resolvido, pode também ser utilizado para informar os operadores com indicadores de produção, esta ferramenta de controlo visual, auxilia a produção e contribui para a melhoria contínua dos processos (García-Alcaraz et al., 2022).

Um estudo realizado numa empresa ligada ao setor automóvel com o objetivo de avaliar o impacto das ferramentas *lean*, no qual alguns trabalhadores e gestores da empresa foram submetidos a um questionário, concluiu isso mesmo, que a ferramenta *andon* está entre as que apresentam maior impacto quando se pretende melhor a qualidade dos processos e dos produtos. Convém ainda referir, que a experiência dos trabalhadores foi um dos critérios a ter em conta na seleção das respostas para aumentar a credibilidade dos resultados (Hąbek et al., 2023).

Ko e Kuo (2015) desenvolveram um modelo no qual integraram a ferramenta *andon*, em conjunto com o *kanban*, com o objetivo de eliminar atividades que não acrescentam valor numa

empresa ligada ao ramo da construção, o *andon* foi utilizado para controlar a qualidade do processo, auxiliando os trabalhadores sempre que surgisse algum problema, a assistência mais rápida permitiu melhorar a eficiência, melhorar a produtividade e contribuiu para a diminuição do tempo total de atividade.

A automatização do *andon* revelou-se positiva num estudo realizado no Vietnam, no qual era emitido um alerta ao fornecedor, sempre que a quantidade estabelecida de resíduos, estivesse disponível para recolha, esta melhoria, foi fundamental para diminuir o tempo de espera (Minh et al., 2019).

Foi também realizado um modelo de apoio à tomada de decisão a partir da implementação da ferramenta *andon* em conjunto com o conceito de *Internet of Things*. Os autores afirmam que, o facto de serem obtidos dados em tempo real, pode traduzir-se numa mais-valia para os gestores, que facilmente adaptam as suas decisões conforme as necessidades (Ito et al., 2020).

2.3.5. Heijunka

Heijunka, é uma ferramenta da filosofia *lean*, capaz de nivelar a produção ou a sua calendarização, a distribuição uniforme da produção num determinado período de tempo, é importante para evitar variações de produção acentuadas. A correta aplicação da ferramenta, permite reduzir desperdícios e a sobreprodução (Hüttmeir et al., 2009).

O estudo de Bassuk e Washington (2014) reforça isso mesmo, com a aplicação do *heijunka* foi possível nivelar a carga de trabalho dos colaboradores envolvidos numa das tarefas de um viveiro. Assim, foi possível melhorar a eficiência das atividades e a disponibilidade dos trabalhadores.

Um estudo realizado numa fábrica de motores da BMW, com o objetivo de comparar as metodologias *heijunka* e *just-in-sequence*, verificou através da simulação, que bons resultados podem ser alcançados utilizando as duas ferramentas em conjunto, criando um sistema dinâmico e que se adapta às diferentes exigências. Por um lado, o *heijunka* pode controlar valores de produção extremos, enquanto o *just-in-sequence* pode ser utilizado na restante produção (Hüttmeir et al., 2009).

A digitalização tem-se revelado fundamental para a indústria, desta forma, foi desenvolvida uma metodologia que concilia a ferramenta *heijunka* em conjunto com práticas da indústria 4.0, o objetivo da ferramenta é melhorar o fluxo de material e de informação, tornando o processo mais eficiente e flexível. No entanto, os autores referem que é necessário testar a metodologia para se verificar a sua aplicabilidade e os seus resultados (Spenhoff et al., 2022).

Foi também analisado um caso de estudo, no qual o *heijunka* em conjunto com outras ferramentas *lean* foi aplicado no setor da saúde, verificou-se que o *flow time* dos pacientes reduziu cerca de 26,8%, o *heijunka* permitiu eliminar a variabilidade e revelou-se benéfico para os enfermeiros que passaram a sentir-se menos pressionados devido à melhor distribuição da carga de trabalho (Deniz & Özçelik, 2018).

2.3.6. Kanban

O *Kanban* é uma ferramenta visual da filosofia *lean*, que tem como objetivo nivelar a produção com a procura do cliente, criando um fluxo de produção ligado e que permite controlar os níveis de inventário, desta forma, este princípio é essencialmente utilizado para autorizar o fluxo de materiais, algumas das vantagens da sua utilização são por exemplo, a redução de stocks e a maior flexibilidade de produção (Wang et al., 2012).

Sacks et al. (2009) integraram a ferramenta *kanban* em conjunto com outras metodologias para auxiliar o setor da construção, devido à constante mudança que estes ambientes sofrem. Os autores concluíram que esta ferramenta, foi importante para melhorar o fluxo de trabalho, em termos globais com as aplicações realizadas foi possível eliminar algumas fontes de desperdício.

Foi realizado um estudo focado na redução do *lead time* associado à reconstrução/reparação de equipamentos. Para isso, numa fase inicial, foram identificadas as atividades que não acrescentam valor aos processos e apresentadas várias práticas *lean* para solucionar os problemas, entre elas a ferramenta *kanban*, visto que uma visão clara do fluxo de trabalho permite identificar problemas que tenham impacto no tempo necessário para a realização das atividades. Os autores verificaram que entre as 4 organizações estudadas, a margem de progressão era grande e a implementação da filosofia *lean* podia reduzir o *lead time* entre 83% e 99% (Kurilova-Palisaitiene et al., 2018).

Devido à grande aplicabilidade das ferramentas *lean* na área da construção, foi utilizada a simulação para prever o efeito que estas ferramentas teriam quando aplicadas no ramo da construção modular. Os resultados do estudo, revelaram que a aplicação do *E-Kanban* permitiria reduzir o tempo de ciclo em até 81,27% (Goh & Goh, 2019).

A crescente utilização da digitalização e os resultados positivos resultantes da integração das ferramentas *lean* com práticas da indústria 4.0, foi verificado num caso de estudo, no qual os autores propuseram um modelo que integra a ferramenta *kanban* com uma das tecnologias da indústria 4.0, neste caso a *cloud computing*. Esta integração surgiu essencialmente com o objetivo de proporcionar uma melhor gestão dos recursos, auxiliando os decisores nas suas tomadas de decisões no sentido de melhorar o desempenho operacional (Shahin et al., 2020).

Num estudo realizado numa cadeia de abastecimento ligado ao setor farmacêutico, os autores estudaram a aplicabilidade da ferramenta *kanban* e os benefícios da sua utilização. Os autores referem que a ferramenta permite melhorar o fluxo de produtos, diminuir desperdícios e eliminar atrasos. Além disso, com a sua aplicação foi possível reduzir o número de produtos armazenados e os custos associados (Papalexi et al., 2016).

2.3.7. Obeya Room

Obeya Room consiste numa sala, onde é acompanhado um determinado projeto. O conceito surgiu, no sentido de facilitar a comunicação e a colaboração entre os vários intervenientes, esta sala permite que elementos de várias equipas se reúnam para partilhar ideias, discutir as melhores estratégias e tomar as melhores decisões.

O modelo *Digital Obeya Room*, foi desenvolvido com o objetivo de apoiar a resolução mais rápida de problemas, o principal objetivo é auxiliar na redução de desperdícios ao longo do processo industrial. A aplicação da metodologia, permitiu melhorar a qualidade, definir as estratégias de gestão mais adequadas, melhorar o ambiente e motivar as equipas de trabalho (D. Nascimento et al., 2018).

O conceito anteriormente referido, *Digital Obeya Room*, focado no fluxo de trabalho, na análise de dados e na gestão visual, foi aplicada numa refinaria. Os resultados foram positivos, visto que o tempo de soldadura foi reduzido em 8,7% comparativamente à média global, além disso, as tomadas de decisão mais rápidas e o melhor planeamento traduzem-se em menores custos e maior produtividade (NASCIMENTO et al., 2017).

Esta metodologia pode ser benéfica para as organizações, visto que é fornecida uma visão geral das tarefas programadas, os riscos diminuem e é garantida uma maior cooperação entre as várias equipas de trabalho (D. L. de M. Nascimento et al., 2018).

Nesse sentido a digitalização tem apresentado um papel fundamental, Sousa et al. (2021) verificaram que a preparação das reuniões era algo que demorava algum tempo pelo facto dos KPIs serem atualizados individualmente. Desta forma, os autores decidiram interligar a informação disponibilizada nas folhas de *Excel* com o software *Power BI* com o objetivo de automatizar o processo de atualização de informação. Segundo os autores, esta implementação foi um sucesso, visto que no passado a preparação das reuniões demorava cerca de 2 horas e atualmente é apenas necessário verificar se os dados estão atualizados. Além disso, com a digitalização, a informação fica acessível a um maior número de pessoas.

2.3.8. Poka-yoke

O termo *Poka-yoke*, foi criado por *Shigeo Shingo* nos anos 60, a expressão surge da junção de dois termos que significam “à prova de erro”, a ferramenta surgiu com o objetivo de criar sistemas que detetem erros e defeitos ao longo dos processos de fabrico (Saurin et al., 2012).

A partir de um estudo realizado em empresas de dois estados americanos, com base num questionário e com o objetivo de analisar quais as práticas *lean* que estavam a ser utilizadas com maior regularidade, concluiu-se que a ferramenta *poka-yoke* está entre as práticas que apresenta maiores benefícios (Abolhassani et al., 2016).

A aplicação da ferramenta *poka-yoke* numa empresa indiana para além de ter permitido eliminar uma das principais fontes de desperdício associado ao processo de retificação, auxiliou na eliminação do retrabalho, na melhoria da produtividade e no aumento da qualidade do produto (S. Kumar et al., 2018).

A digitalização das ferramentas *lean* tem sido uma mais-valia para as organizações e o mesmo se aplica á ferramenta *poka-yoke*, o estudo de Valamede e Akkari (2020) refere que o fornecimento de dados em tempo real permite que sejam detetadas no momento as falhas, evitando que estas se espalhem pelas estações de trabalho seguintes, os autores afirmam ainda que o desperdício diminui.

No sistema desenvolvido por Wasim et al. (2013) a ferramenta *poka-yoke* foi utilizada para evitar erros na conceção e desenvolvimento de produtos, desta forma o sistema criado pelos autores está preparado para que sejam definidas regras. Assim, quando os produtos são enviados para as máquinas, caso não cumpram com as especificações previamente definidas, os projetistas são alertados para fazer as respetivas correções, esta metodologia contribui para a redução de desperdício.

Foi elaborado e testado um modelo com o objetivo de estudar a aplicabilidade das ferramentas *lean* numa empresa que opera no setor aeroespacial. Os resultados foram positivos, visto que a taxa de defeitos diminuiu cerca de 66%, convém referir que a ferramenta *poka-yoke* foi importante para manter a qualidade do produto, evitando erros visuais e contribuindo para o conceito de fazer bem à primeira (Amrani & Ducq, 2020).

2.3.9. Single Minute Exchange of Dies (SMED)

Single Minute Exchange of Dies (SMED) é uma ferramenta que foi desenvolvida por Shingo com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*, visto que o tempo utilizado nesta atividade não acrescenta valor ao produto (Braglia et al., 2017).

Existem dois conceitos fundamentais associados à metodologia:

- Atividades internas – só são possíveis de executar com a máquina parada;
- Atividades externas – podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

O modelo inicial de aplicação da ferramenta SMED era composto por quatro etapas (Braglia et al., 2017):

- Etapa preliminar – Não se distinguem as atividades internas das externas;
- Primeira etapa – As atividades internas e externas devem ser separadas;
- Segunda etapa – As atividades internas devem ser convertidas em externas;
- Terceira etapa – Todas as atividades, internas ou externas, devem ser continuamente melhoradas.

A ferramenta quando implementada com sucesso resulta em inúmeras vantagens para a organização, entre elas, a redução dos custos, o aumento da capacidade de fabrico e a melhor flexibilidade do equipamento, que consequentemente permite trabalhar com lotes mais pequenos (Braglia et al., 2017).

A ferramenta SMED foi aplicada em conjunto com outras ferramentas *lean* com o objetivo de melhorar a produtividade do fabrico de bobinas de ar condicionado, os resultados foram positivos, visto que a produtividade foi melhorada em 77%. A ferramenta SMED em particular, permitiu melhorar o *setup time* do processo de expansão de 60 para 20 minutos, uma redução de 67% (Das et al., 2014).

Cakmakci (2009) concluiu que o SMED é uma metodologia eficaz na redução dos tempos de preparação, contribuindo assim para a melhoria dos processos produtivos, no caso de estudo

foi analisada a relação existente entre a ferramenta e o projeto dos equipamentos, visto que um design adequado pode contribuir para a redução do tempo de preparação.

A aplicação da ferramenta num outro caso de estudo, mas com uma abordagem diferente apresentou resultados positivos, visto que o tempo necessário para a realização de três atividades que inicialmente era de 130 minutos, com a aplicação da metodologia reduziu para 34 minutos, uma redução de 74%. Os autores, destacam que estes resultados se manifestam positivamente na produtividade (Almomani et al., 2013).

Um estudo sobre o impacto da filosofia *lean* no desempenho ecológico, revelou que a aplicação do SMED apresenta grandes benefícios para a ecologia ambiental. A energia necessária para armazenar e movimentar grandes lotes diminuiu, assim como, o tempo utilizado em atividades que não acrescentam valor, resultando no aumento da produtividade e na utilização mais eficiente dos recursos. Na prática, a aplicação permitiu o aumento da percentagem do tempo dedicado a atividades com valor acrescentado, que evoluiu de 49% para cerca de 62% (Belhadi et al., 2018).

Um estudo centrado nos conceitos *lean*, *green* e *sustainability*, aponta que a metodologia SMED permite melhorar a eficiência, trazendo benefícios para os pilares ambiental e económico (Teixeira et al., 2021).

2.3.10. Spaghetti Diagram

O *Spaghetti Diagram* é uma ferramenta que permite visualizar e mapear o movimento de recursos, contribuindo assim para a melhoria da eficiência das rotas. Desta forma, esta metodologia é essencial para otimizar layouts, identificar pontos de melhoria relacionados com a movimentação desnecessária e ainda alertar para possíveis locais de colisão ou acidentes (Cantini et al., 2020).

A necessidade de otimizar recursos levou um laboratório a adotar o conceito *Lean Six Sigma*, o *spaghetti diagram*, foi uma das ferramentas aplicadas, tendo-se destacado na melhoria da eficiência das atividades ao identificar e eliminar uma das principais fontes de desperdício, a movimentação desnecessária (Stoiljković et al., 2011).

Num estudo realizado numa empresa que se dedica ao fabrico de bancos para veículos de transporte de passageiros, a aplicação do *spaghetti diagram* revelou a necessidade de aperfeiçoar a disposição dos postos de trabalho, as melhorias resultaram numa redução significativa do *cycle time* de 26,26% (Rekha et al., 2016).

Tendo em conta a competitividade existente no mercado atual, melhorar a produtividade é uma prioridade, nesse sentido algumas ferramentas *lean* foram aplicadas numa empresa que opera na Etiópia e os resultados foram positivos. A eficiência do processo produtivo aumentou e o tempo de produção reduziu 23,66%. É importante ainda referir, que o *spaghetti diagram* contribuiu para a redução da distância percorrida pelo material e pelo operador que passou de 1553 para 602 metros (Gebeyehu et al., 2022).

O mesmo foi verificado no estudo de Guzel e Asiabi (2022) pois a aplicação da ferramenta desempenhou um papel crucial na diminuição das distâncias percorridas. Neste estudo, as

ferramentas *lean* permitiram aumentar a produtividade, reduzir defeitos e otimizar os processos, além disso a mão de obra necessária diminuiu cerca de 29%.

O “*smart spaghetti*” consiste na automatização da ferramenta, a aplicação da metodologia num armazém farmacêutico revelou a sua eficácia na identificação de zonas críticas e de potenciais colisões. Os autores, referem que a sua utilização numa fase inicial de concessão de armazéns pode ser benéfica pois ajuda a gestão a melhorar a fiabilidade dos sistemas, permitindo otimizar o layout (Cantini et al., 2020).

2.3.11. Total Productive Maintenance

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é uma metodologia que realça a importância da manutenção, nesse contexto, Vaz et al. (2023) realizaram um estudo com o objetivo de investigar o impacto da ferramenta em termos operacionais no contexto da indústria portuguesa. Desta forma, foi enviado um questionário a 472 empresas, sendo que no total foram recolhidas 84 respostas. A amostra era composta por empresas de diferentes tamanhos, diferentes regiões e setores. Os resultados indicaram que a manutenção planeada e a educação e formação são as práticas que são aplicadas com maior frequência e que o TPM contribuiu positivamente para o desempenho operacional. Convém ainda referir que esta ferramenta contribui para a redução do tempo de inatividade dos equipamentos e cria um ambiente de trabalho seguro com o objetivo de melhorar a eficiência (Tortorella et al., 2021). Tudo começa com o envolvimento e capacitação dos colaboradores na constante manutenção dos equipamentos (Belekoukias et al., 2014).

O TPM, é composto por oito pilares: Manutenção autónoma; Manutenção planeada; Melhorias específicas; Educação e formação; Manutenção da qualidade; Gestão de novos equipamentos; TPM em áreas administrativas; Segurança, higiene e ambiente (Mostafa et al., 2015). No entanto as empresas devem definir aqueles que melhor se enquadrem com as suas políticas internas. Na Figura 3 é apresentada de forma esquemática os pilares do TPM.

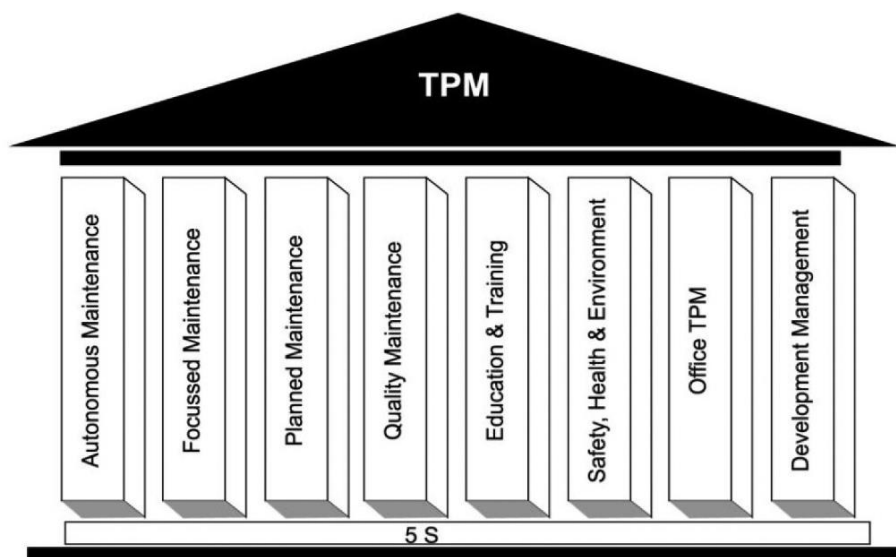


Figura 3 - Os 8 pilares do TPM (Chintada & V, 2022)

Belekoukias et al. (2014) analisaram 140 organizações com o objetivo de explorar o impacto de cinco práticas *lean*, incluindo o TPM, os resultados indicaram que ao contrário do que era esperado, não era evidente que o TPM afetava a qualidade. Os autores, sugerem que uma das razões para estes resultados é a elevada probabilidade da ferramenta não ter sido bem implementada nas organizações estudadas.

O estudo de Marodin et al. (2019) realizado com o objetivo de avaliar o efeito das práticas *lean* no desempenho operacional de empresas ligadas ao setor automóvel do Brasil, concluiu que através da implementação de práticas associadas ao conceito TPM, as organizações conseguem reduzir o *lead time*, melhorando assim a produtividade.

Andersson et al. (2015) investigaram como o TPM pode ser implementado e qual o efeito da sua aplicação na perspetiva dos colaboradores, desta forma, foram realizadas entrevistas e um questionário na organização alvo de estudo. Os autores, verificaram que do ponto de vista dos trabalhadores, esta ferramenta promove o seu envolvimento com os processos, contribuindo assim para a melhoria contínua. Além disso, a fiabilidade dos equipamentos aumenta, o que leva à redução de desperdícios.

Existem ainda alguns indicadores frequentemente associados a esta ferramenta *lean* com o objetivo de tornar mais objetivas as análises efetuadas, como por exemplo o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), o *Mean Time To Repair* (MTTR) e o *Mean Time Between Failures* (MTBF).

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) como o nome indica, avalia a eficácia geral do equipamento a partir da sua disponibilidade, do seu rendimento e da qualidade da produção efetuada, equação (1) (Ribeiro et al., 2019).

$$OEE = Disponibilidade \times Rendimento \times Qualidade \quad (1)$$

A **disponibilidade** é calculada a partir da comparação entre o tempo em que efetivamente houve produção e o tempo de produção programada, equação (2), (são consideradas paragens não planeadas como por exemplo a reparação de avarias) (Ribeiro et al., 2019).

$$Disponibilidade = \frac{Tempo \text{ real de produção}}{Tempo \text{ disponível para produção}} \quad (2)$$

O **rendimento** é avaliado a partir do rácio entre a produção real e a produção teórica, idealmente deveria ser a mesma, no entanto existem por exemplo perdas de velocidade que afetam a quantidade produzida, equação (3), (Ribeiro et al., 2019).

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Produção real}}{\text{Produção teórica}} \quad (3)$$

Por fim, a **qualidade** reflete a proporção de peças boas comparativamente à totalidade da produção verificada, equação (4), (Ribeiro et al., 2019).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças conformes}}{\text{Total de peças produzidas}} \quad (4)$$

Mean Time to Repair (MTTR)

O *Mean Time to Repair* representa o tempo médio de reparação de uma avaria, equação (5), é considerado o tempo total de reparação das avarias e o número de avarias verificadas (Ribeiro et al., 2019).

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{Tempos de reparação}}{\text{Número de avarias}} \quad (5)$$

Mean Time Between Failures (MTBF)

O *Mean Time Between Failures*, equação (6), representa o tempo médio entre avarias, este é um bom indicador para estudar a fiabilidade dos equipamentos. Quanto maior o MTBF, maior o intervalo de tempo em que não é necessário corrigir avarias, contribuindo para a melhoria da produtividade (Ribeiro et al., 2019).

$$\text{MTBF} = \frac{\sum \text{Tempo de funcionamento}}{\text{Número de avarias}} \quad (6)$$

2.3.12. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que permite realizar o mapeamento de um determinado processo produtivo ou toda uma cadeia de abastecimento. Com a representação visual, torna-se fácil identificar fontes de desperdício e oportunidades de melhoria (Singh et al., 2011). Numa fase inicial, deve ser selecionado o alvo de melhoria, de seguida deve ser representado o mapa do estado atual e por fim uma representação do estado futuro, em que sejam consideradas todas as implementações idealizadas para corrigir as ineficiências (Lacerda et al., 2016). Assim, esta ferramenta contribui para a redução das atividades sem valor acrescentado e consequentemente permite melhorar a produtividade (Chen et al., 2010).

Um novo modelo VSM adaptado para ambientes hospitalares foi testado e verificou-se que em comparação com os modelos encontrados na pesquisa, este apresenta um melhor desempenho. Foram identificados alguns *bottlenecks* e desperdícios que tinham impacto no tratamento dos pacientes, mas que os outros modelos estudados não tinham capacidade de

identificar. No caso prático, foi prevista uma redução no tempo de tratamento de 187 para 60 dias (Henrique et al., 2016).

Foi desenvolvido um modelo concetual com o propósito de avaliar os processos de fabrico, integrando o conceito de sustentabilidade à ferramenta VSM. A aplicação do modelo em três casos de estudo possibilitou a identificação de áreas de melhoria pois o nível de sustentabilidade ao longo dos processos apresentava variações (Helleno et al., 2017).

Tendo em conta que a fase de desenvolvimento de produtos é demorada, Tyagi et al. (2015) propuseram a implementação da ferramenta VSM num fabricante de turbinas a gás para que fossem encontrados desperdícios e soluções para os mesmos. Desta forma, com a metodologia, foi possível visualizar o estado atual e idealizar o estado futuro, com as alterações realizadas é esperado que o *lead time* necessário para o desenvolvimento de produtos seja reduzido cerca de 50%.

Foi aplicada a ferramenta VSM numa empresa ligada ao fabrico de peças automóveis, o mapeamento do processo permitiu que fossem propostas melhorias tornando-o assim mais eficaz e funcional. Em termos práticos verificou-se que o tempo de ciclo da estação de montagem reduziu cerca de 62%, além disso, o envolvimento dos colaboradores na solução fez com que estes se sentissem mais motivados (Lacerda et al., 2016).

2.3.13. Visual Management

Visual Management (gestão visual), é uma estratégia que tem como objetivo melhorar a comunicação e tornar a informação acessível e o mais transparente possível a todos os envolvidos a partir de recursos visuais. A utilização de quadros com informações relevantes acerca dos processos produtivos, permite que sejam tomadas decisões mais rápidas caso surjam anomalias, além disso esta prática promove um ambiente dinâmico dentro da organização e auxilia a resolução de problemas (Tezel et al., 2016).

Bajjou et al. (2017) destacam que a utilização de sinais visuais auxilia o processo de identificação de materiais e equipamentos, minimizando deslocações e movimentos desnecessários. Os autores, referem ainda que a utilização de sinais de segurança melhora o ambiente de trabalho, diminuindo o risco de acidentes.

O estudo de Wu et al. (2019) vai ao encontro do que foi referido anteriormente. Da análise de 448 projetos realizados na China, os autores verificaram que o *visual management* contribuiu para a promoção de um ambiente de segurança.

Devido à grande dificuldade que as empresas encontram em lidar com a grande quantidade de dados, o estudo de Bevilacqua et al. (2015) focou-se na aplicação do *lean* na gestão de informação numa empresa do setor automóvel. Desta forma, a aplicação de um dispositivo visual permitiu melhorar a partilha de informação e a sua comunicação, que por sua vez, permite controlar de forma mais eficaz os processos. Os autores concluíram que esta abordagem contribuiu positivamente para a empresa em estudo, visto que se verificou uma melhoria do valor médio de veículos que cumprem a data de entrega, aumentou de 45% para 57% e o número de atrasos devido a mal-entendidos entre operadores diminuiu 50%.

A aplicação do conceito na área da construção revelou-se positiva, visto que foi possível melhorar alguns dos grandes problemas como, a falta de transparência, a má orientação e comunicação. Desta forma, a utilização de ferramentas visuais permitiu que o controlo se centrasse mais na prevenção do que na correção. A tomada de decisões atempada, promove uma atitude proativa reduzindo a quantidade de desperdícios (Brady et al., 2018).

2.4. Lean Green

O *lean* tem essencialmente como objetivo melhorar a produtividade e reduzir o desperdício com o objetivo de entregar o máximo valor possível ao cliente (Hodge et al., 2011). O conceito “Green” é mais recente e foca-se essencialmente na vertente ambiental a partir de práticas como por exemplo a redução de desperdício e diminuição dos consumos de energia (Verrier et al., 2016).

Na Tabela 1 é apresentado um resumo com os diferentes tipos de desperdício do *lean* e o modo como estes se podem manifestar ao nível ambiental (Verrier et al., 2016).

Tabela 1 - Desperdício lean e impacto ao nível do green (Verrier et al., 2016)

Desperdício <i>Lean</i>	Impacto <i>Green</i>
Tempo de espera	Utilização de energia para manter as condições ideais do produto; Geração de resíduos se ocorrerem danos materiais.
Movimentação desnecessária	Aumento do espaço disponível e consequentemente aumento dos consumos energéticos por exemplo em aquecimento e iluminação.
Transporte	Energia utilizada nos transportes; Geração de emissões de gases com efeito de estufa; Risco de derrame no caso de se tratar de transporte de materiais perigosos.
Inventário	Utilização de energia por exemplo em aquecimento para manter as condições ideais do produto; Geração de resíduos resultantes do embalamento e dos produtos no caso de se danificarem.
Defeitos	Desperdício de matéria-prima e energia utilizada no processamento dos produtos; Aumento dos resíduos.
Sobreprodução	Utilização desnecessária de matéria-prima e energia; Aumento das emissões de gases com efeito de estufa.
Processamento inadequado	Utilização ineficiente de matéria-prima, de energia e recursos (por exemplo água); Geração de resíduos.
Perda do potencial humano	Desaproveitamento de possíveis melhorias.

Desta forma, as empresas deixam de estar focadas somente no lucro, mas também na componente ambiental. As práticas *lean-green* que tem como foco essencialmente reduzir desperdícios, utilizar os recursos disponíveis da maneira mais eficiente possível e diminuir a

quantidade de resíduos ambientais, têm verificado assim bons resultados ao nível da sustentabilidade (Bhattacharya et al., 2019).

Azevedo et al. (2012) destacam também a importância de integrar estratégias *lean* com práticas *green* em empresas que pretendem alcançar práticas sustentáveis. Inclusive Caldera et al. (2019) apresentaram um modelo com o objetivo de auxiliar as empresas nesse sentido, estes referem que a minimização da quantidade de matéria-prima e de energia utilizada, permite que as empresas maximizem a sua eficiência contribuindo para a economia circular ao nível da organização.

Segundo Gandhi et al. (2018) o empenho da gestão de topo, a utilização de tecnologia atualizada, a legislação atual, a imagem de marca ambiental e a preocupação com a legislação futura, são os fatores mais relevantes para a integração do conceito *lean-green*.

O estudo de Galeazzo et al. (2014) indica que as práticas *lean* e *green* podem ser adotadas simultaneamente ou sequencialmente. Os autores sugerem que o contexto global seja avaliado e referem ainda, que os custos associados à produção de produtos ecológicos podem ser reduzidos em conjuntos com as práticas *lean*.

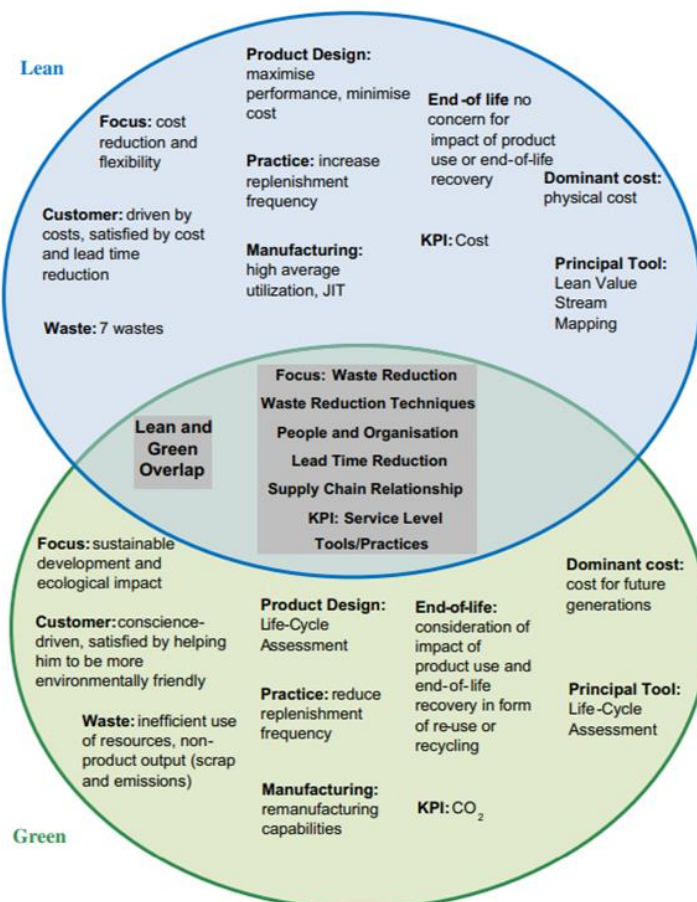


Figura 4 - Similaridades entre as práticas *Lean* e *Green* (Dües et al., 2013)

Na Figura 4 é possível verificar quais as principais semelhanças ou pontos de ligação entre as duas práticas, *lean* e *green*, assim como as diferenças entre elas, a eliminação de desperdícios

é a característica que sobressai. É também possível verificar que existe sinergia entre os dois conceitos, podendo ser benéfica a sua implementação conjunta nas empresas (Dües et al., 2013). Por outro lado, pode haver áreas em que a integração dos dois conceitos pode ser mais difícil, visto que as práticas *lean* tem por base o processamento de pequenos lotes para satisfazer as necessidades variadas dos clientes, assim o reabastecimento é mais frequente e consequentemente as emissões também aumentam, provocando um impacto negativo em termos ambientais (Abualfaraa et al., 2020). Outra das principais dificuldades da implementação do *lean green* está relacionado com os elevados custos de investimento dos equipamentos (M. Kumar & Rodrigues, 2020).

Como a maioria dos estudos revelam que há uma relação positiva entre as duas práticas e que estas se complementam, surgiram vários modelos que tentam melhorar ou solucionar as lacunas encontradas e também satisfazer as diferentes necessidades da indústria.

O estudo de Thanki et al. (2016) concentrou-se na investigação do impacto de determinadas práticas *lean* e *green* no desempenho global de pequenas e médias empresas. Os resultados indicaram que as práticas *lean* mais influentes são TPM, *Kaizen* e 5S. Por outro lado, a implementação da norma 14001 e dos 3R (reduzir, reutilizar e reciclar) são apresentadas como práticas adequadas para enfrentar desafios ecológicos. Os autores, apresentaram um modelo, representado na Figura 5 que pretende auxiliar as pequenas e médias empresas na implementação do *lean-green*, integrando o desenvolvimento sustentável com o crescimento organizacional.

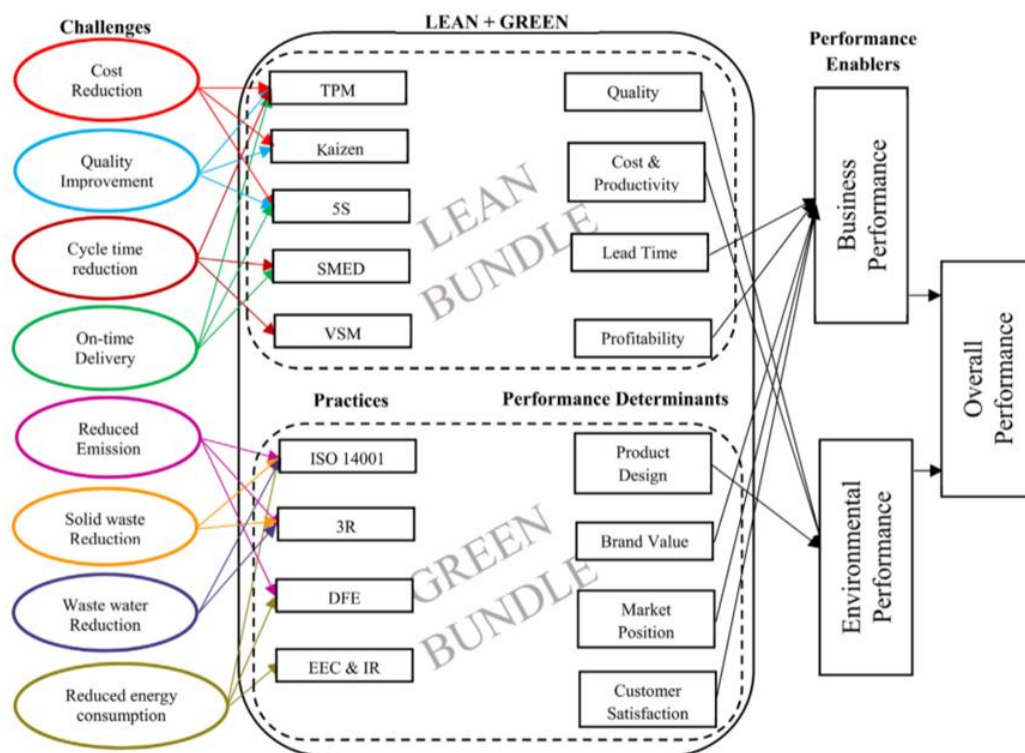


Figura 5 - Modelo de implementação do *lean-green* (Thanki et al., 2016)

Verrier et al. (2014) propuseram uma metodologia que pretende avaliar a sinergia existente entre o conceito *lean* e *green*, desta forma são calculados alguns indicadores, para se verificar por exemplo os consumos das empresas como o objetivo de serem adotadas as melhores práticas. Os autores, referem que quanto maior for o domínio das práticas *lean*, melhor serão os resultados em termos ecológicos, no entanto a partir de um determinado nível, as práticas devem ser desenvolvidas em comum.

Foi realizado um novo modelo "*Green Integrated Value Stream Mapping*" (GIVSM) integrando o conceito *lean* e *green*. A aplicação numa empresa do Reino Unido, reforçou a sinergia existente entre a melhoria operacional e o desempenho ambiental. A aplicação resultou na melhoria da eficiência do processo produtivo, pois o *lead time* reduziu cerca de 63%. Além disso, foi possível reduzir a pegada de carbono em cerca de 77% (Choudhary et al., 2019).

Num outro caso de estudo, foi também proposto um modelo, a sua aplicação permitiu uma redução média de 30% a 50% da utilização de recursos em células de fabrico que cumpriam os pré-requisitos. Os autores, verificaram ainda que o custo de energia também reduziu cerca de 5% a 10%. Estas melhorias, contribuíram assim, para a redução do impacto ambiental e melhoria da eficiência dos processos (Pampanelli et al., 2014).

Resultados positivos, são também esperados por Ng et al. (2015) na implementação da ferramenta proposta pelos autores. Estes, esperam uma melhoria do tempo de produção de cerca de 64,7% assim como uma redução da pegada de carbono de 29,9%. Diaz-Elsayed et al. (2013) verificaram que a implementação de práticas *lean* e *green* numa empresa do setor automóvel resultou numa redução de 10,8% do custo total de produção.

Devido aos efeitos ambientais negativos que o setor dos transportes e da logística apresentam, estas áreas tem sido alvo de estudo, no sentido de desenvolver as melhores práticas para atenuar esses efeitos. Desta forma, foi analisado um caso de estudo, no qual os autores desenvolveram uma metodologia, "*Sustainable Transportation Value Stream Map*" (STVSM) e testaram a sua aplicabilidade. A ferramenta permitiu atingir melhorias operacionais e ambientais (Garza-Reyes et al., 2016).

O "*Sus-VSM*" (*Sustainable Value Stream Mapping*) é uma metodologia que pretende auxiliar fabricantes ou gestores na identificação de fontes de desperdício e áreas com margem de progressão. A sua implementação, permitiu alertar a gestão sobre o consumo de água e energia, estes indicadores contribuíram assim para o desenvolvimento sustentável (Faulkner & Badurdeen, 2014).

Garza-Reyes et al. (2018) concentrou-se em estudar o efeito da filosofia *lean* no desempenho ambiental. Do estudo de 250 organizações, os autores concluíram que o TPM e o JIT são das práticas que apresentam melhor desempenho nesta área. O *kaizen* mostrou efeitos positivos na libertação de poluentes e utilização de materiais, relativamente ao *jidoka* e ao VSM, os autores verificaram que estas ferramentas não tiveram efeito no impacto ambiental.

Leme et al. (2018) mostraram que é possível gerar mais valor poluindo menos. O caso de estudo descreve que a aplicação da ferramenta SMED permitiu que mais de 70% do tempo de preparação fosse reduzido em 5 cenários diferentes, sendo que a diferença entre eles eram os

equipamentos e os operadores. Essa redução teve impacto na pegada de carbono que foi reduzida em 81%.

Num outro estudo foi também possível visualizar o impacto positivo que a filosofia *lean* pode desempenhar em termos ambientais, a sua aplicação refletiu-se no consumo de energia que diminuiu 9,2% e na quantidade de emissões de dióxido de carbono, que também reduziu 4,4% (Heravi et al., 2020).

Amjad et al. (2021) realizaram um modelo no qual conciliaram os conceitos *lean* e *green* com a indústria 4.0. A sua aplicação numa empresa dedicada ao fabrico de componentes automóveis, para além de se ter refletido em bons resultados produtivos, como por exemplo o tempo sem valor acrescentado que diminuiu cerca de 56%, também apresentou bons resultados ao nível ambiental, visto que foi possível reduzir as emissões de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico em 55%.

Também o estudo desenvolvido por Silva et al. (2020) revelou que as ferramentas *lean* podem contribuir para que as empresas atinjam melhorias ao nível ambiental. A aplicação do *Kaizen*, *VSM*, *Jidoka* e *TPM* permitiu que a empresa em estudo diminuísse: a quantidade de sucata produzida, a energia utilizada em 38%, as emissões geradas, a quantidade de matéria-prima e ainda a quantidade de produtos químicos utilizados em 70%.

2.5. Sustentabilidade

A crescente consciencialização e preocupação em realizar práticas responsáveis, deixa bem claro que, o desempenho de uma organização vai para além da dimensão económica. Desta forma, a sustentabilidade tem vindo a ganhar destaque com o passar do tempo, essencialmente devido às alterações climáticas vividas nos últimos anos (Alves & Alves, 2015). Este conceito foi definido em 1987 pela Comissão Brundtland como sendo "A capacidade de satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades" (WCED, 1987).

Sendo assim, um futuro sustentável só é possível se existir um alinhamento entre as suas 3 dimensões: Económica, Ambiental e Social, Figura 6.

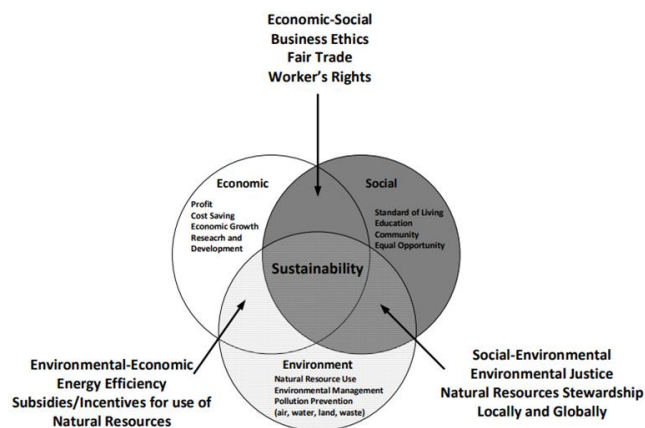


Figura 6 - Os três pilares da sustentabilidade (Abualfaraa et al., 2020)

Enquanto no passado, era recorrente as empresas focarem-se apenas na produtividade, hoje em dia, existe uma maior consciencialização sendo que o bem-estar do planeta e das pessoas é também uma prioridade. Daí ter surgido o conceito *Triple Bottom Line* (TBL) vulgarmente denominado de *People, Profit and Planet* (Abualfaraa et al., 2020).

People - Devem ser asseguradas práticas justas a todos os que se relacionam com a empresa, desde colaboradores, a parceiros de negócios e ainda à comunidade envolvente.

Profit - Consiste no lucro gerado pela empresa, devem ser asseguradas melhores condições à comunidade local e ainda a rentabilidade dos investidores.

Planet - O foco deve ser a racionalização da energia utilizada, para que o impacto ambiental verificado seja minimizado por exemplo através das emissões de dióxido de carbono.

A filosofia *lean*, tem permitido às empresas melhorar o seu desempenho sustentável, inclusive de Carvalho et al. (2017) desenvolveram um estudo no qual indicaram alguns pontos de sinergias entre ambos os conceitos, ou seja, como é que resultados *lean* se traduzem em cada pilar da sustentabilidade. Na Tabela 2 são apresentados alguns dos tópicos enunciados pelo autor.

Tabela 2 - Sinergia entre o lean e os diferentes pilares da sustentabilidade (de Carvalho et al., 2017)

Sustentabilidade (Pilar)	Sinergia com o <i>Lean</i>
Ambiental	Redução do consumo de energia e das emissões de carbono; Melhorias da eficácia energética; Redução de resíduos; Redução do consumo de água.
Económico	Redução dos custos de produção e tempos de entrega; Melhoria contínua; Melhoria da produtividade.
Social	Melhoria do empenho dos trabalhadores; Melhoria dos locais de trabalho (mais arrumação e segurança); Desenvolvimento local.

2.6. Science Based Targets

A crescente preocupação com a descarbonização e diminuição da pegada de carbono, tem alinhado bastantes esforços no sentido de mitigar esses efeitos. Desta forma, é do interesse global que sejam encontradas soluções nesse sentido, o desenvolvimento sustentável, é então uma prioridade (Gebler et al., 2020).

O Acordo de Paris foi um marco importante nesse sentido, visto que os líderes mundiais comprometeram-se a reduzir o aumento da temperatura global abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e a realizarem esforços para se limitar o aquecimento a 1,5°C (Bjørn et al., 2021). De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) a ultrapassagem desse valor poderia resultar em consequências devastadoras para a humanidade.

A *Science Based Targets initiative* (SBTi) surgiu com o objetivo de orientar metas de redução de emissões no setor privado de acordo com dados científicos (Gieseckam et al., 2021). A iniciativa surgiu em 2015, uma parceria entre o *Carbon Disclosure Project* (CDP), o *World Resources Institute* (WRI), a *World Wide Fund for Nature* (WWF) e a *United Nations Global Compact* (Gieseckam et al., 2021).

Além disso, no acordo de Paris foi também definido que na segunda metade do presente século deve ser atingido um equilíbrio de emissões antropogénicas, com o objetivo de estabilizar a temperatura global (Gieseckam et al., 2018). Isto remete para o conceito “*net-zero*” que deve ser alcançado no máximo em 2050, nessa altura deverá haver um equilíbrio entre as emissões produzidas e removidas.

Sendo assim, para a integração da iniciativa é necessário que sejam identificadas e calculadas as emissões envolvidas na cadeia de valor. Desta forma, são definidos 3 *scopes* que fazem a distinção entre os diversos tipos de emissões (Reavis et al., 2022).

Scope 1 – emissões diretas, de fontes controláveis (operações);

Scope 2 – emissões indiretas, relacionadas com a produção de energia comprada;

Scope 3 – emissões indiretas que não são controláveis pela organização e ocorrem na sua cadeia de valor de valor.

A Figura 7 apresenta as diferentes atividades que integram cada um dos *scopes*. De salientar o *scope 3*, que é o mais difícil de calcular, visto que, envolve a quantificação de emissões por exemplo de fornecedores que ainda não estão alinhados com este pensamento. Inclusive, o estudo de Reavis et al. (2022) que analisou as 100 maiores empresas de alimentos e bebidas, verificou que apenas cerca de metade mediu, divulgou ou estabeleceu medidas relativas ao *scope 3*, sendo que em média, este representa 88% das emissões totais da cadeia de valor.

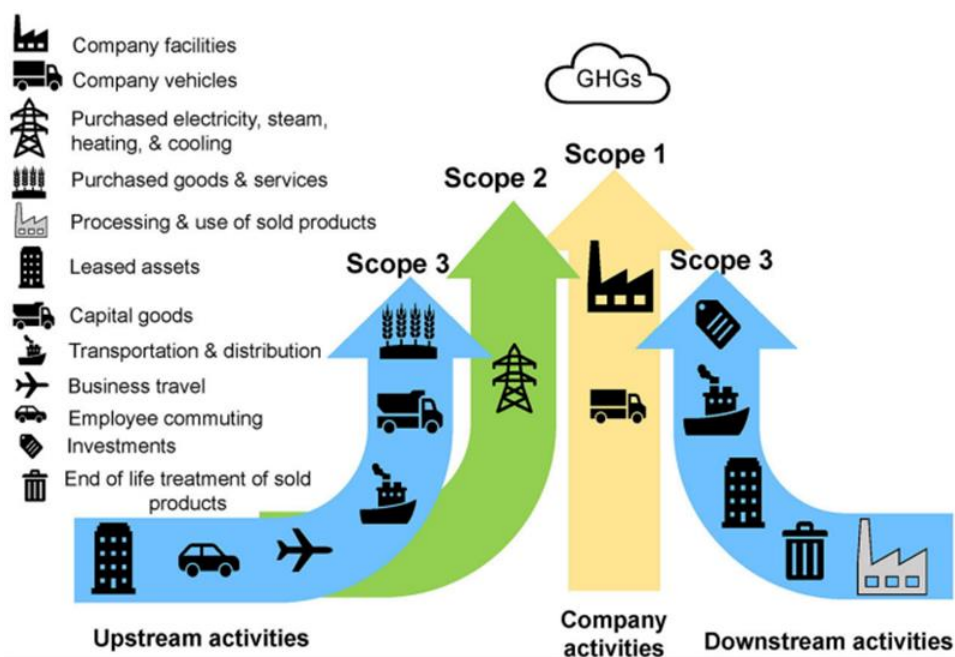


Figura 7 - Representação dos scopes e atividades envolvidas (Reavis et al., 2022)

O Processo de adesão à iniciativa, envolve 5 fases essenciais para a correta e ponderada implementação, depois de se comprometer, a empresa dispõe de 24 meses para a submissão das suas metas. De seguida, são apresentadas as 5 fases:

Comprometer – Deve ser realizado o registo on-line e o envio da carta de compromisso. As empresas passam a estar representadas no site da organização e da *We Mean Business*;

Desenvolver – As metas devem ser desenvolvidas com base nos critérios científicos e devem estar de acordo com os requisitos do setor;

Enviar - Deve ser preenchido o formulário mais adequado para a empresa e enviado para a organização, para a validação oficial;

Comunicar - Depois de aprovada, a SBTi realiza uma publicação no site oficial da organização e dos seus parceiros, os *stakeholders* devem ser informados;

Divulgar – Deve ser partilhado o processo realizado, as empresas devem divulgar anualmente as suas emissões e os progressos realizados.

Relativamente ao processo de definição das metas, há fatores que são importantes e devem ser ponderados quando se faz a avaliação geral em relação às metas a curto e longo prazo. Na Tabela 3 é apresentado um resumo, no qual é apresentada a quantidade de emissões que é necessário as organizações comprometerem-se a reduzir, dependendo do tipo de metas que estabelecem (curto ou longo prazo), é ainda referida a temperatura e os prazos definidos pela iniciativa para cada um dos métodos.

Tabela 3 - Critérios chave para a definição de metas a curto e longo prazo

	Quantidade de emissões que é necessário englobar	Qual a ambição em relação ao limite de temperatura	Prazo máximo para atingir as metas
Curto prazo	Scope 1 e 2: 95% Se o scope 3 > 40% do total de emissões, é necessário abranger 67%	Scope 1 e 2: 1,5°C Scope 3: Bem abaixo de 2°C	5-10 anos, a partir do momento da submissão
Longo prazo	Scope 1 e 2: 95% Scope 3: 90%	Scope 1, 2 e 3: 1,5°C	2050

Segundo a iniciativa, esta está interessada em receber empresas de todos os setores, essencialmente dos que apresentam maior impacto e maior taxa de emissões, para que seja estabelecida a neutralidade de carbono. Além disso, devido às divergências existentes entre as diversas áreas de negócio, são apresentadas orientações diferentes para os diferentes setores. No entanto, há setores em desenvolvimento e outros que não são incluídos, Figura 8.

Sector	Status
Aluminium	→ Scoping Phase
Apparel and footwear	○ Finalized
Aviation	↻ In Development
Buildings	↻ In Development
Chemicals	↻ In Development
Cement	○ Finalized
Financial institutions	○ Finalized
Forest, Land and Agriculture (FLAG)	○ Finalized
Information and Communication Technology (ICT)	○ Finalized
Maritime	○ Finalized
Oil and Gas	↻ In Development
Power	○ Finalized
Steel	○ Finalized
Transport	↻ In Development

Figura 8 - Diferentes setores e respetiva fase de desenvolvimento (*Sector Guidance - Science Based Targets, 2023*)

Um dos fatores preponderantes na adoção das metas da iniciativa SBT, são os custos, que por vezes as empresas não estão dispostas a pagar. No entanto, este é um dos métodos mais eficazes para garantir que as empresas se dedicam seriamente no sentido de verem as metas estabelecidas cumpridas. Por outro lado, as empresas que não podem investir, podem utilizar as ferramentas que a SBTi fornece, para estabelecer as suas metas e verem qual o caminho a seguir para as verem cumpridas.

De acordo com a iniciativa, os custos envolvidos são (em US dólares) (*Ambitious Corporate Climate Action - Science Based Targets, 2023*).

- Envio de metas com base científica de curto prazo – 9 500 \$
- Serviço de atualização de metas – 4 750 \$
- Envio do objetivo de zero emissões líquidas (net-zero) – 9 500 \$
- Atualização da meta com base científica de curto prazo + envio do objetivo de zero emissões líquidas – 12 750 \$
- Envio de meta com base científica de curto prazo + envio do objetivo de zero emissões líquidas – 14 500 \$
- Envio de meta de curto prazo FLAG – 7 500 \$

- Envio de meta de instituição financeira – 14 500 \$
- Pequenas e médias empresas, envio de meta ou atualização – 1 000 \$
- Empresas que estejam sediadas em países em desenvolvimento e cumpram uma série de requisitos estão isentas de taxas – 0 \$

Apesar dos custos referidos, a integração das empresas na SBTi, apresenta inúmeras vantagens como por exemplo:

- Fortalece a imagem de marca, melhorando assim a confiança dos investidores;
- Promove a inovação, visto que a necessidade de reduzir as emissões, implica que sejam adotadas tecnologias mais recentes;
- Aumenta a eficiência e a rentabilidade operacional;
- Melhora o posicionamento das empresas em relação à regulamentação.

O facto de ser necessário calcular o *scope 3*, faz com que empresas interessadas em implementar os SBT pressionem por exemplo fornecedores, apesar da dificuldade do cálculo deste scope, isto é uma grande vantagem para a SBTi, visto que o número de empresas envolvidas tende a aumentar, na Figura 9 é possível verificar essa tendência crescente (Bjørn et al., 2022).

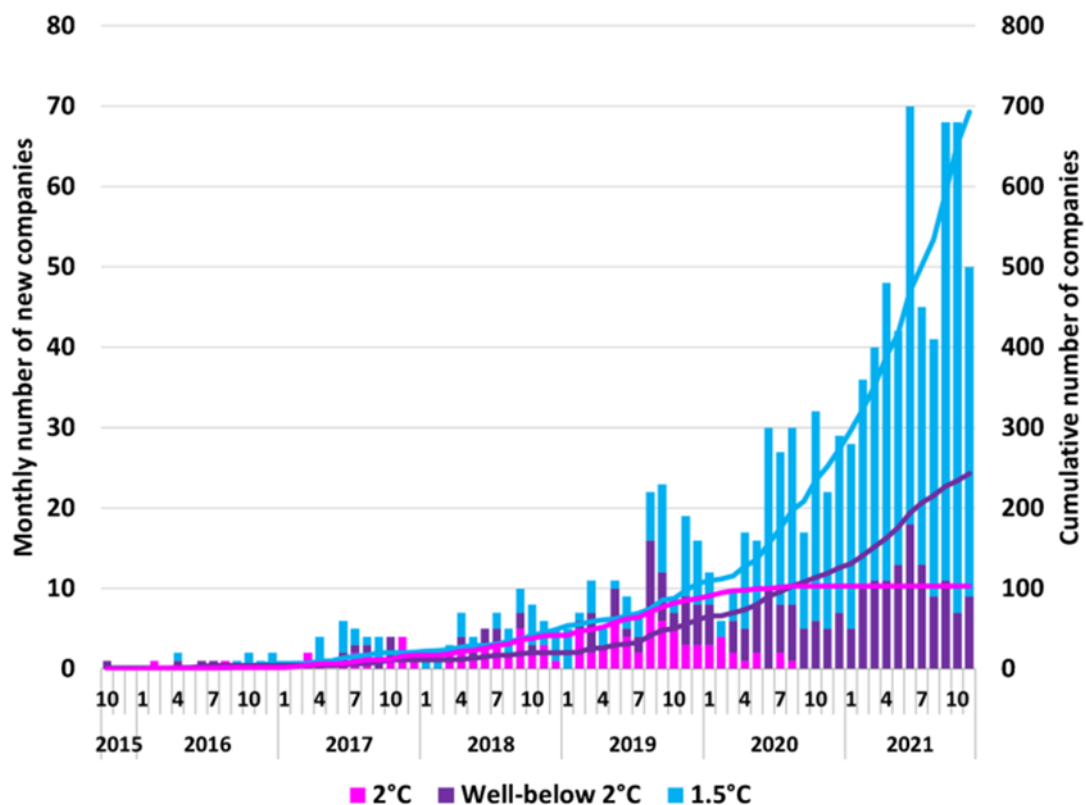


Figura 9 - Empresas que aderiram à SBTi até 2021 (Bjørn et al., 2022)

Outra das grandes vantagens da adesão à iniciativa, está relacionada com a credibilização dos dados referentes à descarbonização, no sentido de evitar práticas como o “*greenwashing*”. Para isso, é essencial que as empresas sejam transparentes na divulgação de informação acerca das suas emissões. Popescu et al. (2021) alertam para a necessidade de serem desenvolvidos métodos fiáveis para a avaliação de sustentabilidade das empresas.

Ruiz Manuel e Blok (2023) estudaram o progresso de 102 dos maiores membros da iniciativa entre 2015 e 2019, para a análise foram utilizados dados públicos divulgados pelas organizações. Os autores, concluíram que de um modo geral os resultados eram positivos, visto que as emissões de scope 1 + 2 reduziram 35,6%, no entanto, esta redução foi verificada numa pequena parte das empresas e além disso a redução deve-se essencialmente devido à compra de eletricidade renovável.

Romito et al. (2023) realizaram um estudo no qual pretendiam verificar se a adesão à SBTi, melhorava o desempenho ambiental das empresas. Para isso, os autores compararam empresas com desempenho equivalente, os resultados revelaram que as que participavam na iniciativa reduziram em maior quantidade as emissões de gases com efeito de estufa, em comparação com as que não participam.

De salientar ainda, que este tema também tem vindo a ganhar destaque em termos de investigação, utilizando a plataforma *Web of Science* foi realizada uma pesquisa, na qual se utilizou a expressão “*Science Based Target**” e se definiu a opção “*Topic*”, que tem a função de procurar a expressão no título, resumo, palavras-chave do autor e palavras-chave *plus*. A partir de 2015, foram encontradas 84 publicações nesta base de dados, a sua distribuição temporal é verificada na Figura 10. Convém ainda referir que de janeiro até maio de 2024, verificou-se um total de 6 publicações acerca do tema.

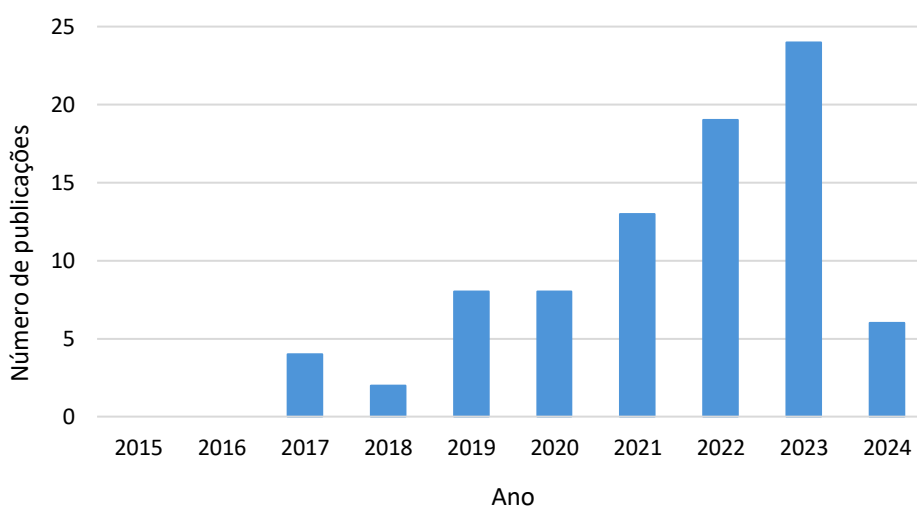


Figura 10 - Publicações sobre *Science Based Target** na *Web of Science*

Como se pode verificar, o número de publicações acerca do tema tem vindo a aumentar, tendo em conta a relevância do tema e o número de publicações realizadas acerca do mesmo, é de esperar que esta tendência se mantenha.

2.7. Análise crítica da revisão de literatura

Através da elaboração da revisão de literatura foi possível comprovar, uma vez mais, o papel preponderante da filosofia *lean* nas empresas. A partir dos casos de estudo analisados, foi possível constatar a aplicabilidade destas ferramentas na melhoria dos processos produtivos. Entre as inúmeras vantagens verificadas, salientam-se a diminuição de desperdícios, eliminação das atividades sem valor acrescentado, melhoria na comunicação e maior limpeza e organização no espaço de trabalho.

Como se verificou também, a sustentabilidade é cada vez mais um tema que está presente no dia a dia das empresas, no entanto, os ganhos obtidos ao nível económico são relatados com maior frequência, ainda assim, as componentes ambiental e social têm vindo a ganhar destaque.

Tal como foi verificado, os 5S são uma boa ferramenta para melhorar o ambiente existente nos espaços de trabalho, aumentar a motivação dos trabalhadores e diminuir desperdícios, além disso, tem sido frequentemente associado a esta ferramenta um sexto “S” relativo à segurança, sendo assim esta ferramenta pode ser uma mais-valia para melhorar a componente social da sustentabilidade.

Tendo em conta que o objetivo é estudar o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade e o TPM será uma das ferramentas aplicadas, foram realizadas duas pesquisas com o objetivo de filtrar ao máximo o conteúdo existente na literatura acerca da redução de emissões e energia. A plataforma utilizada foi a WoS e as *keywords* foram as seguintes, (“*Lean*” and “*TPM*” and “*energy*”), no qual surgiam apenas 16 artigos, sendo que nem todos estavam relacionados com o tema e utilizando as *keywords* (“*Lean*” and “*TPM*” and “*emission**”) a partir da qual se obtiveram apenas 3 artigos. Estas pesquisas, revelam a escassa literatura existente neste âmbito, desta forma é importante estudar e quantificar os ganhos obtidos com o objetivo de enriquecer a literatura nesse sentido.

Importa ainda mencionar que os *Science Based Targets*, têm vindo a ganhar destaque, não só em termos práticos, devido à sua importância, como também têm ganho destaque em termos académicos, comprovado pelo número crescente de publicações.

Revisão Bibliográfica

3. Métodos e Aplicação

Ao longo deste capítulo irá ser apresentada a parte prática do estágio realizado, composta por uma primeira fase na qual se avaliou o estado inicial da empresa e a partir da qual se implementaram ferramentas *lean*.

3.1. Aplicação de um modelo concetual

Tendo em conta que o objetivo do estágio consistia em estudar o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade, foi utilizado o modelo concetual proposto por Sá et al. (2023) ao longo do qual são propostos uma série de passos com a finalidade de auxiliar empresas a melhorar o seu desempenho, Figura 11.

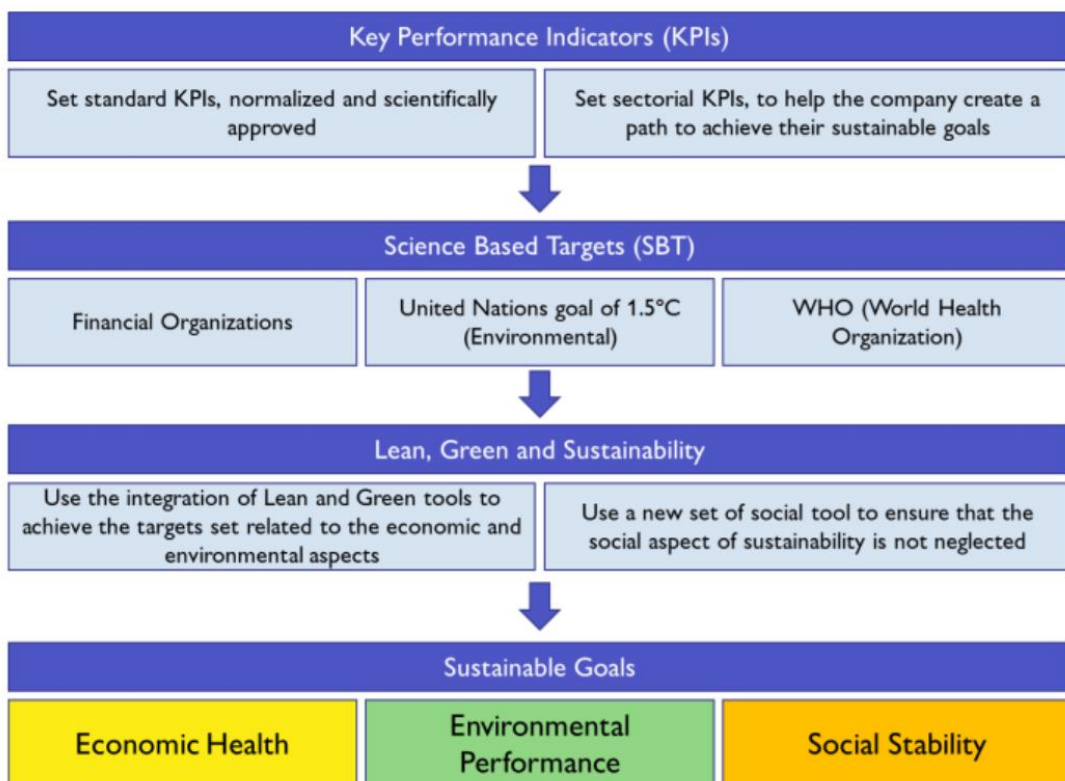


Figura 11 - Modelo concetual seguido (Sá et al., 2023)

Desta forma, numa fase inicial, tal como propõe Sá et al. (2023) foi necessário calcular os 12 KPI's propostos para se avaliar o estado inicial da empresa, Figura 12. Inclusive de seguida, será explicado o método utilizado para a obtenção dos consumos de energia e das emissões de dióxido de carbono. A par destes KPI's, a performance da Colquímica foi também avaliada com recurso ao indicador BOPSE desenvolvido por M. F. Abreu et al. (2019).

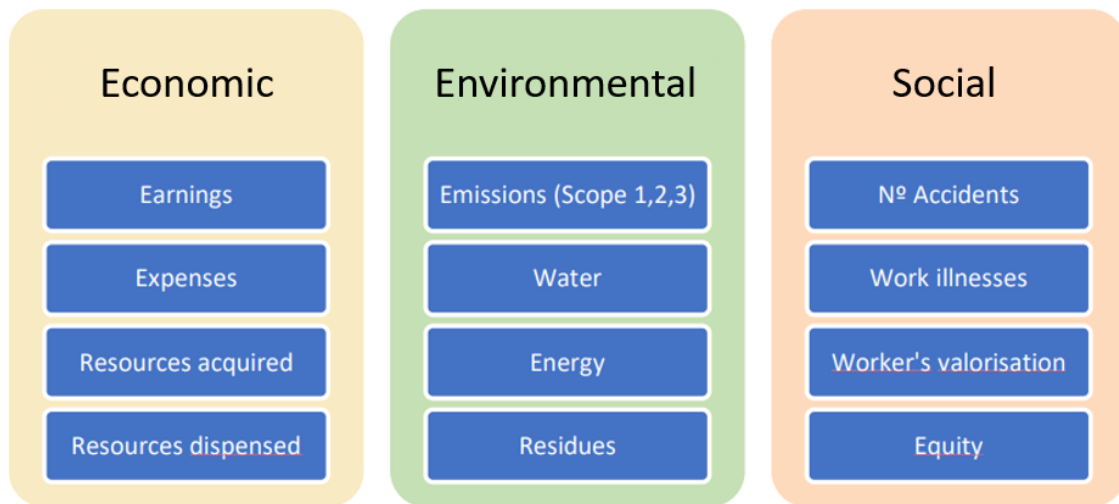


Figura 12 – KPI's calculados (Sá et al., 2023)

Passando ao segundo passo do modelo concetual, ao nível económico era esperado que o lucro aumentasse. Relativamente à componente ambiental, tendo em conta que o objetivo definido em 2020 pela Colquímica de reduzir a sua pegada de carbono (*Scope 1 e 2*) em 50% foi atingido em Portugal, essencialmente devido à compra de energia elétrica de fontes renováveis, o objetivo seria melhorar a rentabilidade dos processos, reduzindo consumos energéticos e consequentes emissões, visto que atualmente as emissões de CO₂ resultam essencialmente do consumo de gás natural e as alternativas a este processo não são economicamente viáveis. Ao nível social espera-se que as condições de trabalho melhorem.

Para isso, tal como propõe Sá et al. (2023) foram aplicadas várias ferramentas *lean*, nomeadamente os 5S, TPM e *kamishibai* com as quais se espera que os objetivos definidos sejam alcançados.

3.2. Emissões de carbono

Tendo em conta que tanto nos KPI's propostos por Sá et al. (2023) como no BOPSE são mencionados os consumos de energia e as emissões de CO₂, foi necessário realizar um levantamento de todos os consumos a partir das faturas mensais de energia elétrica e gás natural, a partir dos quais foi possível estimar as emissões geradas.

De acordo com o GHG Protocol, as emissões resultantes da queima do gás natural são contabilizadas no *scope 1*, por outro lado as emissões resultantes da produção da energia elétrica fazem parte do *scope 2*.

Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos consumos mensais de gás natural verificados em Portugal, realizando a soma dos mesmos, obtém-se um total de 4 058 786 kWh para o ano de 2023.

Tabela 4 - Consumos de gás natural verificados ao longo de 2023 em Portugal

Gás Natural (kWh) - Portugal												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Susão - Produção	362 380	300 238	336 064	283 465	327 163	275 697	329 289	272 024	284 129	308 747	329 277	204 282
Valongo - Produção	32 032	32 855	39 610	37 965	49 498	32 093	22 862	47 739	51 125	30	56 174	44 048
Total	394 412	333 093	375 674	321 430	376 661	307 790	352 151	319 763	335 254	308 777	385 451	248 330

Dado por concluído o levantamento dos consumos, procedeu-se à contabilização das emissões, a partir da equação (7) disponibilizada no site da Galp (Galp, n.d.).

$$CO_2 \text{ emitido (kg)} = FE \times FO \times \frac{PCI}{PCS} \times \text{Consumo de GN} \quad (7)$$

FE – Fator de emissão específico do Gás Natural publicado pela APA: 56,6 kg CO₂/GJ

FO – Fator de oxidação para a combustão de Gás Natural publicado pela APA: 0,995

PCI – Poder calorífico inferior de referência do Gás Natural: 0,03844GJ/m³(n)

PCS – Poder calorífico superior de referência do Gás Natural: 11,667 kWh/m³(n)

Consumo de GN – Consumo de Gás Natural faturado, expresso em kWh

Posto isto, obteve-se um total de 753 112 kgCO₂eq como resultado do consumo de gás natural.

Ainda relativamente ao cálculo do *scope 1* foram também contabilizadas as emissões resultantes da frota automóvel da Colquímica. Para isso, foi necessário realizar o levantamento das quantidades de combustíveis consumidos, para posteriormente se realizar o cálculo das emissões de dióxido de carbono. Na Tabela 5 são apresentadas as quantidades de gasolina e gasóleo consumidas ao longo de 2023.

Tabela 5 - Consumo da frota automóvel

	Consumo (litros)
Gasolina Simples 95	10 162
Gasóleo Simples	26 752

Utilizando os fatores de emissão disponibilizados pela Galp foi ainda calculada a quantidade total de emissões resultantes da atividade da frota automóvel, equação (8).

Fator de emissão (FE):

Gasolina Simples 95: 2 kgCO₂eq/l

Gasóleo Simples: 2,5 kgCO₂eq/l

$$CO_2 \text{ emitido pelos meios de transporte} = \text{Combustível consumido} \times FE \quad (8)$$

Na Tabela 6 são apresentadas as emissões resultantes da combustão dos veículos da Colquímica por tipo de combustível.

Tabela 6 - Emissões resultantes da frota automóvel

	Emissões (kgCO ₂ eq)
Gasolina Simples 95	20 324
Gasóleo Simples	66 880

Sendo assim, calculando o somatório da pegada de carbono resultante do gás natural e da frota automóvel, obtém-se o valor de **840 316 kgCO₂eq** o equivalente a **840,3 tCO₂eq**.

Relativamente ao *scope 2*, são quantificadas as emissões associadas à produção de energia comprada, no caso da Colquímica trata-se apenas de energia elétrica.

Nesta categoria, a organização em estudo apresenta um ótimo desempenho, visto que a energia elétrica fornecida é exclusivamente renovável, desta forma, o resultado para esta categoria de emissões é zero apesar do consumo verificado ao longo de 2023 ter sido igual a 3 977 278 kWh. Na Figura 13 é apresentada uma das faturas mensais na qual se pode confirmar o valor das emissões de CO₂, é também possível verificar quais as fontes de energia.

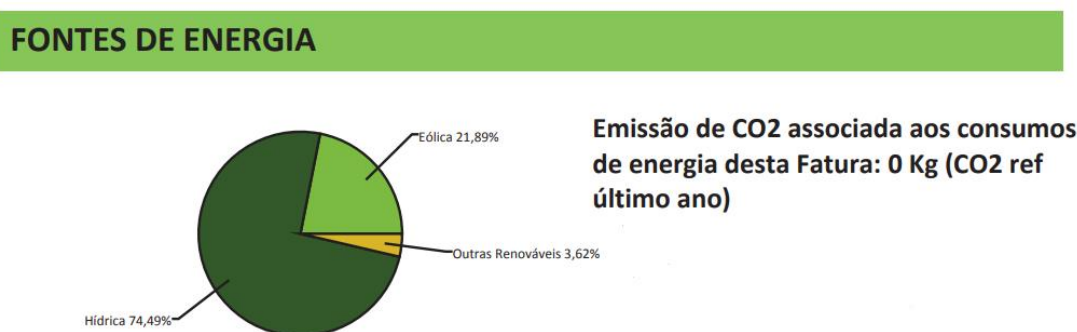


Figura 13 - Emissões associadas ao consumo de energia elétrica

3.3. Cálculo dos KPI's propostos por Sá et al. (2023)

Dado por concluído o levantamento de todos os consumos e das emissões de CO₂, procedeu-se ao cálculo/determinação dos KPI's propostos por Sá et al. (2023).

Tabela 7 - Cálculo dos KPI's

Economic	
Earnings	Lucro obtido: 3 095 069 €
Expenses	Despesas verificadas: 64 110 816 €
Resources acquired	Matéria-prima adquirida: 18 697 t
Resources dispensed	Matéria-prima utilizada: 18 506 t Matéria-prima não utilizada: 191 t
Environmental	
Emissions (Scope 1,2)	Emissões de CO ₂ (Scope 1,2): 840 316 kgCO₂eq
Water	Consumo de água: 15 966 m³
Energy	Consumo de energia (eletricidade e gás natural): 8 036 064 kWh
Residues	Volume total de resíduos: 583 t Resíduos reciclados: 406 t
Social	
Nº Accidents	Número de acidentes de trabalho: 4
Work illnesses	Número de doenças profissionais: 3
Worker's valorisation	Número total de horas de treino e desenvolvimento: 3884,5 h
Equity	Mulheres em cargos de gestão: 28 (50% do total)

O objetivo desta avaliação é essencialmente verificar o estado inicial, para quando aplicadas as ferramentas *lean* e obtidos os resultados se realizar uma comparação entre ambas as situações.

3.4. BOPSE

O "*Business Overall Performance and Sustainability Effectiveness*" (BOPSE) desenvolvido por M. F. Abreu et al. (2019) é um indicador que tem como objetivo avaliar a eficácia de um negócio, tendo por base a componente operacional, a partir do OEE e da componente sustentável, calculada a partir de dados como por exemplo as emissões emitidas, o lucro obtido em relação ao volume de faturação, acidentes de trabalho, entre outros.

Devido à sua componente prática e tendo em conta que no passado foi utilizado para calcular a performance da Colquímica, este foi novamente aplicado com o intuito de avaliar o desempenho da fábrica situada em Portugal ao longo de 2023.

Na Tabela 8 são apresentados os dados que constituem a componente económica do indicador, que servirá de modelo para uma breve explicação do método de cálculo.

Tabela 8 - BOPSE, cálculo da componente económica

ECONOMIC (5)	80,00%
Economic Performance (Eco. 1)	80,00%
Net Profit (in €)	3 095 069
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Net profit margin (Eco 1.1)	80,00%
Total Amount of RDI (in €)	890 334
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Research, Development and Innovation (RDI) (Eco 1.2)	80,00%
Market Presence (Eco. 2)	100,00%
Entry level wage (in €)	Na
Local minimum wage (in €)	760
Standard entry level wage (Eco 2.1)	Na
Number of Top managers from local community	12
Number of Top managers	12
Local senior management (Eco 2.2)	100,00%
Procurement (Eco. 3)	60,00%
Spending on local suppliers (in €)	4 880 527
Global spending on suppliers (in €)	42 633 985
Spending on local suppliers (in €) (Eco 3.1)	60,00%

As células apresentadas a cor de laranja, representam todos os dados preenchidos manualmente, enquanto os valores apresentados nas células representadas a verde resultam de cálculos que são feitos automaticamente. Ou seja, preenchendo as células “*Net Profit (in €)*” e “*Total amount of Revenues (in €)*”, é obtido um determinado resultado na célula “*Net profit margin (Eco 1.1)*” que juntamente com o valor de “*Research, Development and Innovation (RDI) (Eco 1.2)*” constituem a “*Economic Performance (Eco. 1)*”. A partir dos resultados da “*Economic Performance (Eco. 1)*”, “*Market Presence (Eco.2)*” e “*Procurement (Eco. 3)*” é calculado o valor do pilar económico. No caso de não ser possível obter algum dado, existe a possibilidade da célula ser preenchida com a expressão “na”. Para os restantes pilares da componente sustentável o cálculo é feito de forma semelhante, sendo que no fim é calculado o resultado da componente sustentável baseada no resultado dos três pilares. Este valor, juntamente com o cálculo do OEE, resulta no valor final do BOPSE.

No Anexo A é apresentada uma tabela que permite uma melhor compreensão do modo como são obtidos alguns dos valores calculados pelo indicador. As ponderações que estiveram na base da sua elaboração, tiveram como referência a performance reportada por algumas das maiores empresas portuguesas como por exemplo a EDP e a Galp, dados reportados pela APA (Agência Portuguesa do Ambiente) e também pela Eurostat (Gabinete de Estatística da União Europeia).

Em relação aos dados inseridos na componente económica, Tabela 8, são solicitadas informações que avaliam por exemplo, a margem de lucro, o investimento em investigação e desenvolvimento e o salário de entrada. É importante salientar que a empresa preferiu não divulgar informações relacionadas com a categoria “*Entry level wage* (in €)” e que no campo “*Spending on local suppliers* (in €)” foi considerada toda a matéria-prima proveniente de empresas situadas em Portugal. O resultado obtido para a componente económica foi de 80%.

Dado por concluído o cálculo do pilar económico, procedeu-se para a componente ambiental, Tabela 9, na qual foi necessário inserir dados referentes aos materiais utilizados, consumos de energia e água, investimentos em biodiversidade, emissões geradas, resíduos e ainda indicar se existiram não conformidades ambientais. O resultado obtido foi de 83,26%, no entanto para a melhoria da componente ambiental boas medidas seriam o estudo da incorporação de materiais reciclados no produto final, a utilização de água por exemplo da chuva (medida que no passado já esteve em prática) e a melhoria do investimento em biodiversidade.

Tabela 9 - BOPSE, cálculo da componente ambiental

ENVIRONMENTAL (14)	83,26%
Materials (Env. 1)	79,48%
Total materials incorporated in final product (Ton)	18 503
Total input materials (Ton)	18 697
Materials used (Env 1.1)	98,96%
Total recycled input materials used (Ton)	0
Total input materials (Ton)	18 697
Recycled input materials used (Env 1.2)	60,00%
Energy (Env. 2)	90,00%
Energy consumption in the factory (kWh)	8 036 064
Total energy consumption (kWh)	8 036 064
Useful Energy (Env 2.1)	100,00%
Renewable energy used (kWh)	3 977 278
Total energy consumption (kWh)	8 036 064
Renewable energy (Env 2.2)	80,00%
Water (Env. 3)	86,67%
Water consumption in the factory (m3)	15 966
Total water consumption (m3)	15 966
Water used (Env 3.1)	100,00%
Total recycled and reused water (m3)	0
Total water consumption (m3)	15 966
Recycled and reused water (Env 3.2)	60,00%
Current year water consumption (m3)	15 966
Previous year water consumption (m3)	21 687
Net water needs reduction (Env 3.3)	100,00%
Biodiversity (Env. 4)	60,00%

Total amount invested on biodiversity (in €)	0
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Biodiversity Investment (Env 4.1)	60,00%
Emissions (Env. 5)	80,00%
Total GHG Emissions (Kg CO2 e)	840 316
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
GHG Emissions intensity (or carbon intensity) (Env 5.1)	100,00%
Emissions current year (Kg CO2 e)	840 316
Previous year emissions (Kg CO2 e)	660 000
GHG Emissions reduction (Env 5.2)	60,00%
Effluents and Waste (Env. 6)	86,67%
Total volume of Spills (m3)	0
Total effluents discharged (m3)	15 966
Spills (Env 6.1)	100,00%
Total Hazardous Industrial Residues (Ton)	18,446
Total volume of residues (Ton)	583
Hazardous Industrial Residues (Env 6.2)	80,00%
Recycled residues (Ton)	406
Total volume of residues (Ton)	583
Recycled Residues (Env 6.3)	80,00%
Environmental Compliance (Env.7)	100,00%
Number of environmental non-compliance cases	0
Environmental Compliance (Env 7.1)	100,00%

Relativamente à componente social, é apresentada na Tabela 10, esta inclui dados acerca da empregabilidade, saúde e segurança no trabalho, formação e desenvolvimento dos trabalhadores e ainda dados relativos a doações e ações de voluntariado efetuadas por trabalhadores da empresa.

Tabela 10 - BOPSE, cálculo da componente Social

SOCIAL (13)	81,58%
Employment (Soc. 1)	82,89%
Number of effective contracted employees	170
Total number of employees	204
Effective contracted employees (Soc 1.1)	83,33%
Number of female employees	62
Total number of employees	204
Female employees (Soc 1.2)	80,00%
Number of women in management	28
Total number of employees in management	56
Women in management (Soc 1.3)	80,00%
Number employees who left company	24
Total number of employees	204

Employee turnover (Soc 1.4)	88,24%
Occupational Health and Safety (Soc. 2)	93,33%
Total number of days absence (lost)	785
Total number of workable days	46 512
Absenteeism (Soc 2.1)	100,00%
Number of work-related injuries	4
Number of hours worked	376 300
Accidents rate (Soc 2.2)	80,00%
Number of work related fatalities	0
Number of work-related injuries	4
Fatalities (Soc 2.3)	100,00%
Training and development (Soc. 3)	71,67%
Investment in training and development (€)	63 257
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Budget in training and development (Soc 3.1)	80,00%
Total number of training and development hours	3 885
Total number of working hours	376 300
Training and development (Soc 3.2)	60,00%
Employees engagement (Soc 3.3)	75,00%
Local Communities/Society (Soc. 4)	60,00%
Number of employees in volunteering	0
Total number of employees	204
Employees engaged in volunteering (Soc 4.1)	60,00%
Total donations (€)	1 002
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Donations (Soc 4.2)	60,00%
Socioeconomic Compliance (Soc.5)	100,00%
Number of socioeconomic non-compliance cases	0
Socioeconomic Compliance (Soc 5.1)	100,00%

Dado por concluído o preenchimento de todos os dados, o resultado obtido foi 81,58% para o pilar social.

Em relação à componente operacional, esta é avaliada a partir do resultado do OEE, para isso, foi necessário recorrer ao software MGPRO, com o qual o departamento de produção controla os processos produtivos. Na Figura 14 é apresentado o valor do OEE juntamente com as várias classes de paragens que apresentam impacto na sua obtenção como por exemplo paragens para reparação de avarias, perdas de velocidade, microparagens, entre outras. Este valor é resultado do desempenho das várias linhas de produção.

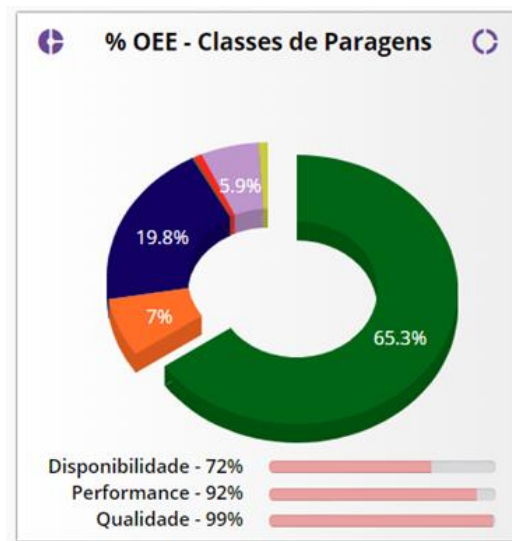


Figura 14 - Cálculo do OEE 2023

Das três componentes que constituem o OEE, a qualidade do produto destaca-se (99%), a disponibilidade foi 72% devido aos tempos consideráveis de *setup*, já a performance obtida foi 92%.

Dado por concluído o processo de recolha de informação e preenchidos todos os dados solicitados pelo indicador, o resultado obtido foi 59,96%. Na Figura 15 é possível visualizar de forma esquemática o valor alcançado. Como se pode verificar o resultado da componente operacional (OEE) é superior ao da Sustentabilidade, isto pode ser explicado pelo facto das práticas sustentáveis serem algo mais recente e que tem vindo a ganhar destaque nos últimos anos.

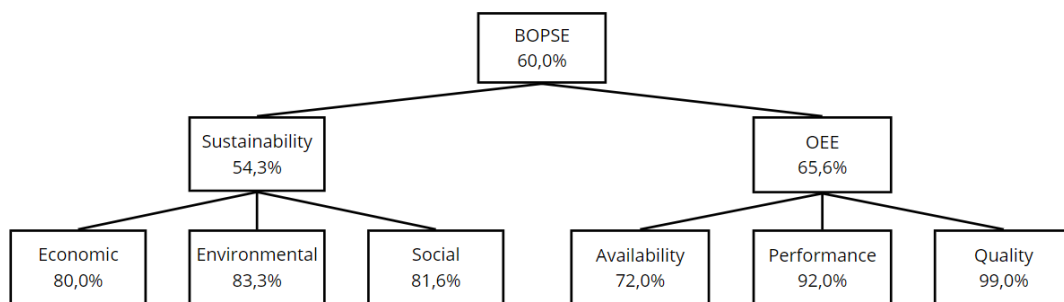


Figura 15 - Resultado do BOPSE

Finalizado o processo de calculo dos KPIs, procedeu-se à aplicação das ferramentas *lean*.

3.5. 5S

Tendo em conta os ótimos resultados verificados ao longo da revisão de literatura da aplicação de ferramentas *lean*, os 5S foram uma das ferramentas aplicadas com o objetivo de garantir que o ambiente de trabalho estava limpo e arrumado e no qual os trabalhadores se sentissem motivados e seguros, visto que aquilo que se verificou numa fase inicial foi que a zona de manutenção não acompanhava o ambiente vivido no resto da fábrica em termos de organização do espaço de trabalho.

Este era um local desorganizado e no qual muitos dos materiais e componentes não estavam devidamente identificados, não existia um controlo de stock provocando por vezes paragens mais demoradas devido à falta de peças para substituição, além disso existiam em stock materiais que já não são utilizadas atualmente a ocupar espaço desnecessariamente que poderia ser rentabilizado.

Desta forma, este era um espaço com várias fontes de improdutividade ao contrário do que é esperado, já que os técnicos devem realizar as suas intervenções rapidamente evitando perdas de tempo por exemplo na procura de materiais, prática que era recorrente no ambiente existente.

Na Figura 16 é apresentada a bancada de trabalho, na qual se pode observar o ambiente vivido, é possível verificar uma grande desorganização, desde caixas de ferramentas espalhadas e abertas sem um lugar definido a caixas de consumíveis como por exemplo parafusos que se encontravam vazias e ocupavam espaço desnecessariamente.



Figura 16 - Bancada de trabalho, fase inicial

Métodos e Aplicação

Por outro lado, na Figura 17 é possível observar o armazém da manutenção; este era um local onde se verificava alguma desarrumação e onde em alguns casos os materiais expostos não correspondiam à indicação das estantes, ou seja, era comum os técnicos terem de perder tempo a procurar algumas peças.



Figura 17 - Armazém da manutenção, fase inicial

Deste modo, a implementação dos 5S passou a ser uma prioridade. De seguida, serão explicadas algumas das medidas implementadas em cada uma das fases de aplicação da ferramenta *lean*.

Seiri - Triagem

A primeira fase da implementação, foi a triagem, a partir da qual foi necessário definir o que realmente era necessário ou não. Em alguns casos, uma boa medida nesta fase de implementação da metodologia é a atribuição de etiquetas aos materiais sobre os quais há dúvidas acerca da sua necessidade no local de trabalho. No entanto, este método exige que seja feito um controle durante um determinado período de tempo com o objetivo de se avaliar a utilidade dos mesmos. Como esta é uma zona que se dedica ao suporte da manutenção, esta medida não seria tão eficaz visto que a utilização de algumas ferramentas ou consumíveis depende da ocorrência de avarias, sendo assim, a não utilização de determinada peça durante por exemplo um mês, não invalida que no mês seguinte esta não seja necessária diversas vezes, pois as avarias são imprevisíveis.

Desta forma, para contornar esta dificuldade, foi essencial a longa experiência de alguns técnicos de manutenção. Na Figura 18 são apresentados alguns controladores de temperatura como exemplo de peças que se encontravam em stock em grande quantidade, sendo que

atualmente praticamente não são utilizados na empresa, além disso como se pode verificar, existem alguns danificadas e que já não funcionam. Sendo assim, optou-se por seleccionar os melhores, mantendo-se apenas um stock mínimo que permitiu disponibilizar espaço para componentes mais importantes no dia a dia.



Figura 18 - Controladores de temperatura

Outra alteração foi na bancada de trabalho, pois o número de estantes com gavetas para consumíveis foi reduzido, visto que existiam várias gavetas com as mesmas peças, algumas estavam vazias e outras tinham vários elementos diferentes misturados, desta forma, optou-se por seleccionar o que era utilizado com mais recorrência para tornar a procura mais rápida e objetiva.

Dada por concluída a primeira fase da implementação dos 5S na qual foi realizada uma identificação do que realmente era necessário procedeu-se ao senso da organização.

Seiton - Organização

Esta foi a etapa na qual se definiu um local para os materiais, para que tudo ficasse devidamente identificado e arrumado, com o objetivo de se evitarem perdas associadas à procura dos mesmos.

Um dos problemas identificados estava relacionado com a secção dos produtos químicos, pois não existiam procedimentos para o seu armazenamento como se pode verificar pela Figura 19.



Figura 19 - Zona de armazenamento dos produtos químicos, fase inicial

Estes eram apenas deixados no armário depois de serem utilizados, não havendo um controlo por exemplo do número de produtos do mesmo tipo abertos. Estas práticas traduziam-se em desperdício, visto que por vezes eram abertos novos lubrificantes sem necessidade pois já existiam alguns iguais em utilização, inclusive quando foram aplicados os 5S verificou-se que havia latas de lubrificantes com produto cuja validade já estava ultrapassada (ou seja, muito provavelmente ficaram esquecidos). Verificou-se ainda, que alguns dos produtos químicos existentes não estavam devidamente identificados, nesses casos, procedeu-se à sua eliminação.

Sendo assim, a medida implementada para a melhoria destas práticas, foi a adoção de um armário apenas para a colocação dos produtos químicos, com a definição de um lugar próprio para cada um deles, Figura 20.



Figura 20 - Zona de armazenamento dos produtos químicos, fase final

Na Figura 21 é também apresentada uma melhoria implementada na zona que se dedica à colocação das máquinas que aguardam reparação, inicialmente estas não tinham um lugar definido o que causava alguma desorganização. Com a definição de um lugar próprio para a sua colocação, tornou-se mais fácil para os técnicos fazerem uma gestão visual do material que necessita de intervenção, reduzindo a probabilidade de estes ficarem esquecidos.



Figura 21 - Zona dedicada à colocação de máquinas que necessitam de reparação

Seiso - Limpeza

Relativamente ao senso da limpeza, como o nome indica esta etapa teve como objetivo deixar os espaços limpos e arrumados, na prática, em grande parte das implementações efetuadas, esta etapa foi aplicada em conjuntos com os dois “S” anteriores da ferramenta *lean*, no sentido de economizar tempo pois era realizada a triagem, organizavam-se os materiais e a limpeza era feita em simultâneo. Por exemplo, no caso da bancada de trabalho a limpeza foi executada à medida que se ia eliminando o que não era essencial. Na Figura 22 é possível comparar o estado inicial com o verificado depois de aplicados os três primeiros “S”.



Figura 22 - Bancada de trabalho, estado inicial e final

Métodos e Aplicação

Na Figura 23 e na Figura 24 são apresentados exemplos de melhorias efetuadas na zona do armazém da manutenção depois de implementados os 3 primeiros passos dos 5S, pode verificar-se por exemplo mais espaço disponível nas estantes e os materiais devidamente identificados, e bem à vista dos técnicos.



Figura 23 - Armazém da manutenção, melhorias verificadas após os 3 primeiros "S"



Figura 24 - Melhorias no armazenamento de stock

Seiketsu - Normalização

O quarto “S”, *Seiketsu* refere-se à normalização dos procedimentos e ações implementadas nos três primeiros sentidos. Nesta etapa, é importante por exemplo reportar as melhorias realizadas, com o intuito de criar standards que ilustrem o estado que se pretende manter. As melhorias devem passar a fazer parte da cultura da empresa e não devem ser apenas momentâneas.

Desta forma, foram realizadas *one point lessons* (OPLs), que demonstram o estado em que se encontrava o local de trabalho antes e depois da implementação dos 5S, com o objetivo de relembrar os técnicos do estado a manter. No caso da bancada de trabalho, Figura 25, funcionará também como um standard desse espaço. As restantes encontram-se no Apêndice A.






	<p style="text-align: center;">One Point Lesson</p>	<p style="text-align: right;">13/05/2024</p>
<p>Bancada de trabalho (Manutenção)</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;">  </div> <div style="border: 2px solid green; padding: 5px;">  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">As ferramentas de trabalho devem estar na localização definida. A bancada de trabalho deve manter-se limpa e arrumada.</p>		

Figura 25 - Exemplo de OPL elaborada para os 5S

Shitsuke - Autodisciplina

Por fim, foi aplicado o quinto e último “S” que é o senso da autodisciplina. Este é frequentemente definido como o mais difícil, visto que está relacionado com a atitude de todos os colaboradores, pois é necessário mudar hábitos para que o resultado atingido seja mantido e não caia no esquecimento.

Desta forma, foi definido que o departamento de qualidade, iria ser responsável por realizar duas auditorias anuais com o objetivo de sustentar todo o trabalho realizado, a *checklist* com os pontos a avaliar nas auditorias internas apresenta-se no Anexo B. A par desta medida, foi realizado um quadro *kamishibai*, apresentado na Figura 26 com o objetivo do departamento de manutenção esporadicamente realizar mini auditorias até que estes procedimentos estejam intrínsecos nas suas práticas.

Legenda: 😊 OK, 😐 Melhoria, ☹️ NOK	
Todos os elementos presentes na área de trabalho são necessários.	
Os elementos necessários têm uma localização definida e encontram-se nela.	
O material de limpeza está disponível e identificado.	
O espaço de trabalho encontra-se limpo e arrumado.	
Existem procedimentos para manter a implementação dos 5S.	
Data: __/__/__	Realizado por:
Legenda: 😊 OK, 😐 Melhoria, ☹️ NOK	
Todos os elementos presentes na área de trabalho são necessários.	
Os elementos necessários têm uma localização definida e encontram-se nela.	
O material de limpeza está disponível e identificado.	
O espaço de trabalho encontra-se limpo e arrumado.	
Existem procedimentos para manter a implementação dos 5S.	
Data: __/__/__	Realizado por:

Figura 26 - Quadro *kamishibai* elaborado para a manutenção dos 5S

Sempre que uma ou mais das questões presentes no quadro *kamishibai* proposto não se verifique, deve ser apresentado o lado vermelho do cartão, o lado verde apenas é apresentado quando são verificadas todas as questões.

3.6. TPM

O TPM, como referido anteriormente é uma ferramenta *lean* que se apoia em 8 pilares, no entanto as empresas têm liberdade para definir aqueles que melhor se enquadram de acordo com as suas políticas e objetivos.

Desta forma, o TPM da Colquímica está sobre 5 desses pilares:

- Manutenção autónoma
- Manutenção planeada
- Melhorias específicas
- Educação e formação
- Segurança, higiene e ambiente

Apesar de serem cinco o número de pilares que suportam o TPM da empresa, o trabalho desenvolvido foi essencialmente sobre 2, a **manutenção autónoma** e as **melhorias específicas**. Assim, numa fase inicial foi necessário explorar qual das sete linhas foi a que ao longo de 2023 originou maiores tempo de paragem devido a avarias. Para posteriormente se analisar o motivo das paragens e desenvolverem ações.

Sendo assim, através da análise dos dados disponibilizados pelo software MGPRO para o período entre 1 de janeiro de 2023 e 31 de dezembro de 2023, foi possível verificar que a linha que apresentou o maior tempo de paragem para a resolução de avarias foi a de *Small Pillows 1* (SP1) com 6377 minutos, cerca de 36% do total verificado em todas as linhas, Figura 27.

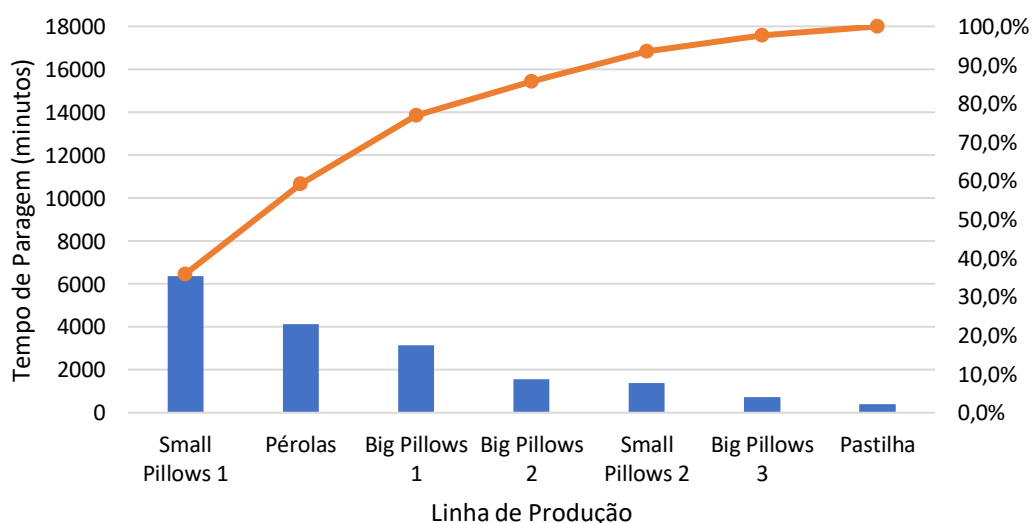


Figura 27 - Análise dos tempos de paragem para cada linha de produção

A linha de Perolas foi a segunda com maior tempo de paragens devido a avarias, com cerca de 4140 minutos, em terceiro lugar é apresentada a linha de *Big Pillows 1* (BP1) com 3148 minutos.

A par da análise realizada anteriormente na qual foram considerados os tempos das avarias, foi também verifica qual a linha de produção que parou mais vezes, Figura 28. Tendo sido verificado que a linha de SP1 liderava novamente com 119 paragens.

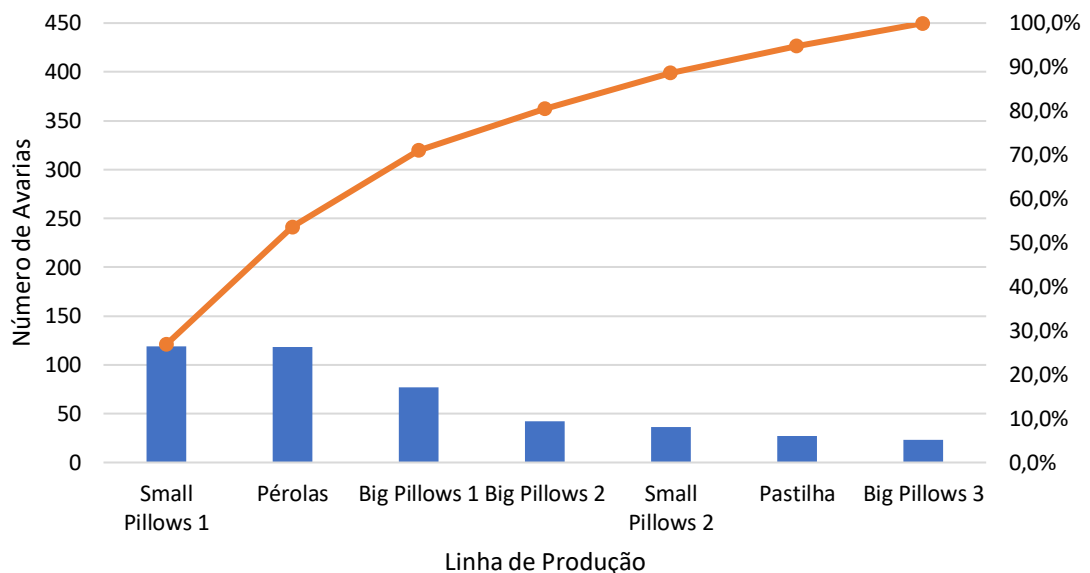


Figura 28 - Análise do número de paragens para cada linha de produção

Desta forma, por ser a linha de produção que necessitou de maior atenção por parte dos técnicos da manutenção ao longo de 2023, foi a selecionada para análise. De seguida irá ser explicado o processo produtivo e também será investigada a causa das paragens.

3.6.1. Linha de Small Pillows 1

O processo produtivo começa no reator onde a matéria-prima é colocada e posteriormente aquecida a elevadas temperaturas. A par do aquecimento existe um movimento rotativo que permite que os diversos componentes se misturem de forma homogénea.

Concluída a primeira etapa, a cola é transferida para o tanque, sendo pelo caminho sujeita a um processo de filtragem, para que seja garantida a inexistência de partículas estranhas. A transferência da cola para o tanque tem como objetivo proporcionar um momento de repouso à cola, para que a temperatura ideal de extrusão seja atingida, já que estas temperaturas variam de acordo com a cola a produzir. Estando a cola de acordo com todos os parâmetros definidos, é iniciada a extrusão, Figura 29.

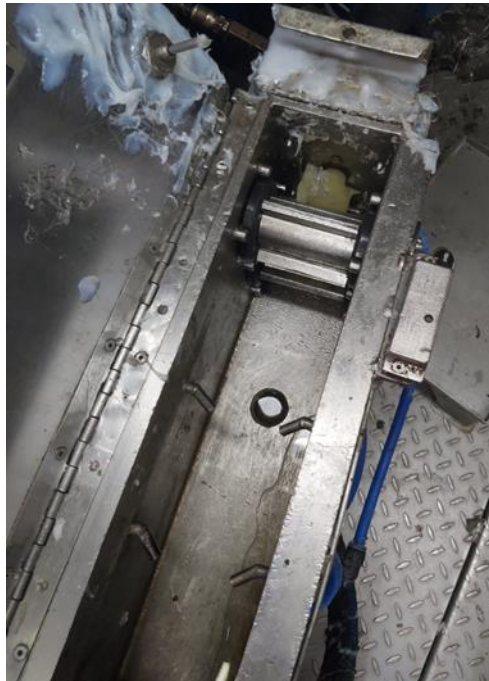


Figura 29 - Mecanismo onde ocorre a extrusão da cola

Nesta etapa, em simultâneo com a extrusão é colocada uma fina camada de plástico que atribui às *small pillows* a forma apresentada na Figura 30.



Figura 30 - *Small Pillow*

Imediatamente a seguir à colocação do filme, a cola é direccionada para a piscina de arrefecimento, onde a baixa temperatura da água presente, proporciona um rápido arrefecimento. Na Figura 31 é apresentada esta secção da linha, na qual são verificadas guias que definem o caminho a percorrer pela cola, quando é atingido o fim do percurso é esperado que o arrefecimento esteja concluído. De seguida, ocorre a separação das *small pillows* por um processo de fricção.

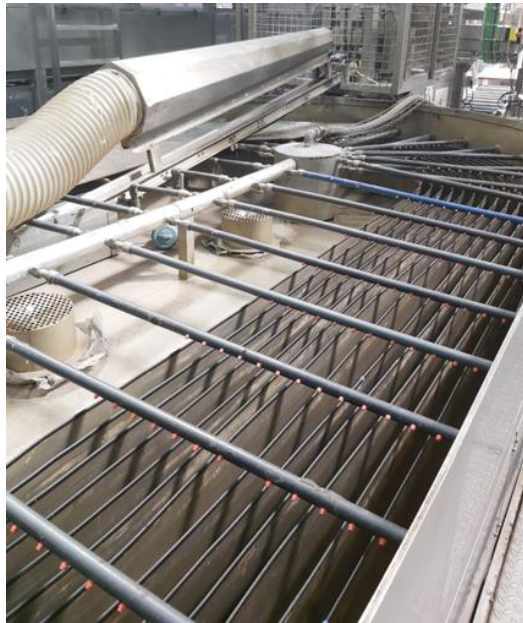


Figura 31 - Piscina de arrefecimento

Após esta etapa as *small pillows* são guiadas para o tapete transportador que as direciona para um de dois caminhos possíveis, um tambor que está em constante rotação e no qual é adicionado um pó que lhes confere uma camada protetora para que estas não se aglomerarem, ou então para um tapete no qual a secagem é realizada sem a adição de qualquer substância.

Por último, ocorre o processo de pesagem e embalagem, no qual o operador da linha é responsável por definir qual a quantidade a inserir em cada caixa, este processo ocorre de forma automática, apenas é necessário que o operador retire a caixa quando esta se encontra com a quantidade desejada para que uma vazia a suceda e assim consecutivamente até estar concluído o lote, Figura 32.



Figura 32 - Zona de pesagem

3.6.2. Melhorias específicas

Dado por concluído o processo de seleção e apresentação da linha de *Small Pillows 1*, procedeu-se à análise das avarias que ocorreram com maior frequência e que condicionaram o desempenho do processo, para se efetuarem melhorias específicas na linha de produção, o software MGPRO foi essencial para a realização desta análise.

A investigação teve por base a informação que os técnicos de manutenção disponibilizam quando registam a ocorrência, visto que na sequência da resolução das avarias deve ser realizado o seu registo, sendo necessário preencher alguns dados, entre eles o componente que originou a avaria, nesse campo de preenchimento já existe uma lista definida que varia de linha para linha.

Além disso, o técnico pode deixar comentários para especificar mais detalhadamente o que aconteceu, fazendo referência por exemplo aos componentes substituídos ou à possível causa do problema. No entanto, verificou-se que na maioria dos casos, os técnicos não deixaram nenhuma nota, tornando mais difícil a análise da causa raiz.

Na Figura 33 é apresentado um gráfico de pareto, com o qual foi possível analisar quais os componentes aos quais foi necessário dedicar mais tempo para a resolução de avarias na linha de SP1. Em primeiro lugar surge a “Máquina do protetor” com um total de 2066 minutos ao longo de 2023, o que corresponde a 34,4 horas de trabalho.

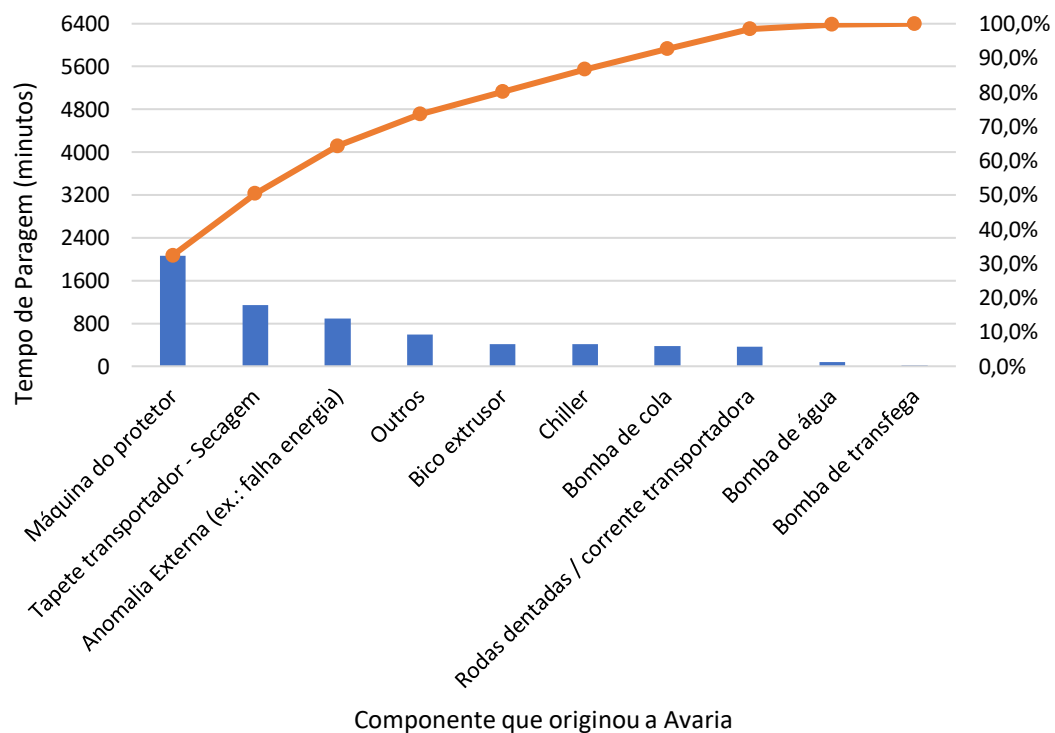


Figura 33 - Análise dos tempos de paragem dos diferentes componentes da linha de SP1

Métodos e Aplicação

Em segundo lugar é apresentado o “Tapete transportador – Secagem” que necessitou na totalidade de 1147 minutos, valor bastante inferior ao verificado na “Máquina do protetor”, mas ainda assim considerável, visto que corresponde a cerca de 19 horas despendidas para a recuperação do equipamento.

Como terceira maior fonte de improdutividade, são apresentadas as “Anomalias Externas” da qual fazem parte por exemplo as falhas de energia que segundo os técnicos de manutenção são maioritariamente as que entram nesta categoria, no total foram perdidos 892 minutos (cerca de 15 horas).

A categoria denominada “Outros” surge em quarto lugar com um total de 590 minutos, cerca de 10 horas de produção. Tendo em conta que as avarias referidas foram as que apresentaram maior impacto e um valor total de cerca de 78 horas de paragens, foram as selecionadas para análise com o objetivo de serem definidas ações de melhoria.

Para além da análise realizada anteriormente, foi também realizada um gráfico de pareto, com o número de ocorrências com o objetivo de avaliar se era verificada a mesma tendência, Figura 34.

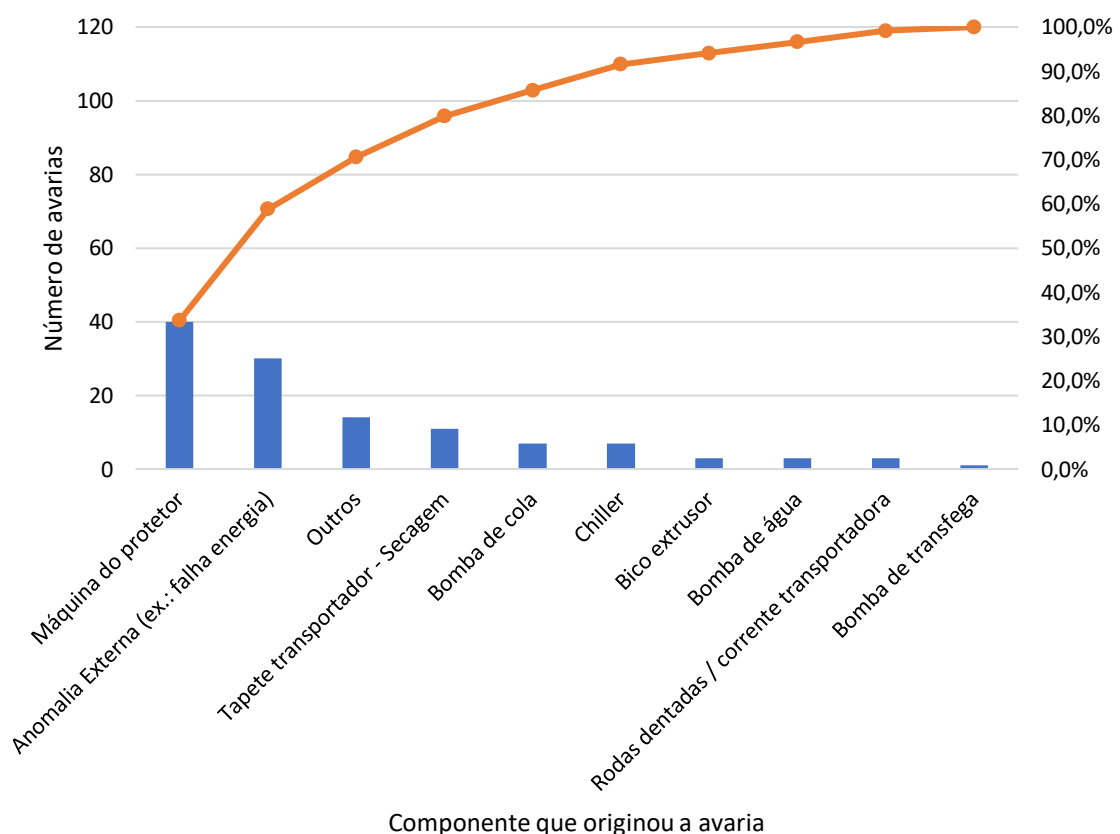


Figura 34 - Análise do número de paragens dos diferentes componentes da linha de SP1

Como é possível constatar, as quatro paragens mais impactantes mantem-se em concordância com o gráfico apresentado na Figura 33, além disso, estas representam no total 80% do número total de paragens.

Foram ainda calculados dois indicadores utilizados com regularidade pela manutenção, o “*Mean Time To Repair*” (MTTR) que corresponde ao tempo médio necessário para corrigir uma avaria e o “*Mean Time Between Failures*” (MTBF) que corresponde ao tempo médio entre avarias. Na Tabela 11 é apresentado o valor de cada um dos indicadores para a linha de produção e para cada uma das falhas mencionadas.

Tabela 11 - Cálculo do MTTR e MTBF

Componente	MTTR (minutos)	MTBF (horas)
Linha de <i>Small Pillows</i> 1	53,6	46,2
Máquina do protetor	51,7	137,5
Tapete transportador	104,3	500,1
Anomalia Externa	29,7	183,4
Outros	42,1	392,9

Da tabela anterior é possível concluir que o tapete transportador foi o que provocou as intervenções mais longas. Por outro lado, as anomalias externas foram as que necessitaram dos menores tempos de paragem.

Dada por concluída a primeira fase da análise, procedeu-se à investigação da causa das avarias, na qual foi fundamental a experiência dos técnicos da manutenção.

Análise das avarias e ações implementadas

Máquina do protetor

Como referido anteriormente, a máquina do protetor está situada entre o tanque, no qual a cola repousa durante um determinado período de tempo e entre a piscina, lugar onde se dá o arrefecimento das *small pillows*. Esta máquina faz parte do conjunto onde é colocada uma película fina de plástico que dá a forma desejada à cola, este processo acontece de forma automática e em simultâneo com a extrusão, pois a máquina está projetada para que a partir da pressão exercida pela cola sobre a camada de plástico, esta seja colocada instantaneamente, dando-lhe a forma verificada na Figura 35.

Figura 35 - Formato de uma *small pillow*

O grande problema associado a esta máquina e que deu origem aos longos momentos de paragem, aconteceram devido à má colocação do protetor. Na prática aquilo que se verificava

era que surgiam rasgões nas almofadas de cola, o que fazia com que estas começassem a rebentar e a cola se aglomerasse ao longo do restante processo produtivo, fazendo com que fosse necessário parar a linha para realizar limpezas e corrigir o problema.

Sendo assim foi analisada qual a possível causa para a recorrência deste problema, com a qual se concluiu que não havia nenhum componente na máquina que fosse responsável por esta anomalia no produto, já que existiam modelos de cola (referencias) onde o efeito desejado era cumprido sem qualquer problema. No entanto, prevê-se que as características das diferentes colas como por exemplo a viscosidade, tenha influência no modo como a cola se comporta e que consequentemente influencie o modo como a camada de plástico é aplicada.

Uma outra possível explicação são as falhas por parte dos operadores, pois aquilo que se verificou foi que em alguns casos as instruções de trabalho não eram cumpridas e simples falhas como por exemplo o não cumprimento da ordem de colocação da matéria-prima nos reatores ou até o desrespeito dos intervalos de tempo definidos entre as diversas etapas, são suficientes para que as propriedades da cola não sejam as desejáveis e para que esta não seja extrudida de forma correta.

Inclusive para reforçar a enorme possibilidade de ser este o motivo que originava as falhas, verificou-se que um dos componentes da linha foi alterado por outro mais moderno e sendo as características diferentes, foi necessário ajustar as instruções de trabalho com os parâmetros atualizados, no entanto os operadores mais experientes não respeitavam e continuavam a fazer todos os procedimentos antigos, como consequência, a qualidade da cola não estava a ser a desejada.

Assim, tendo em conta que as falhas aconteciam essencialmente devido a falha humana as medidas passaram essencialmente por sensibilizar os operadores da necessidade de cumprirem os procedimentos, acompanhá-los e alertá-los para as perdas associadas a este tipo de falhas.

O ideal para evitar este tipo de erros seria automatizar determinadas etapas do processo produtivo, no entanto os custos associados são elevados, deixando essa possibilidade de lado.

Tapete transportador - Secagem

O tapete transportador, é aquele que faz o transporte entre a piscina na qual é realizado o arrefecimento das *small pillows* e o local onde é realizada a sua secagem. Em relação às paragens verificadas neste componente, verificou-se que ocorriam devido às guias que constituem o tapete e que não estavam protegidas. Ou seja, a película fina de plástico situada na parte exterior das almofadas de cola ao ser friccionada contra as guias rasgava e a cola começava a aglomerar-se, provocando até infiltrações em outros componentes. Desta forma, era necessário parar o processo produtivo para proceder à respetiva limpeza. Tendo em conta que o problema estava nas guias, a solução desenvolvida foi a aplicação das palas apresentadas na Figura 36 que as protege e evita o contacto com o produto.

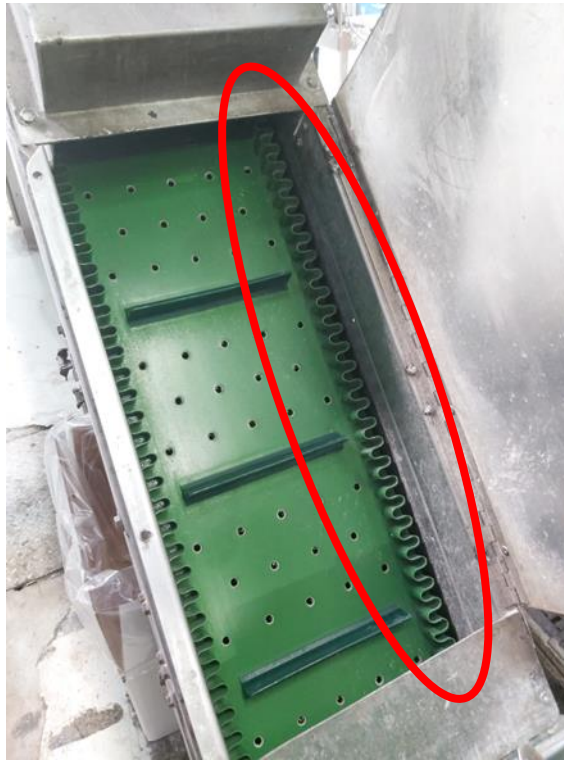


Figura 36 - Tapete transportador com palas

Além disso, ao longo do processo produtivo, existem almofadas de cola que caem do tapete transportado, nessa situação, o operador da linha tem a função de as recolher e devolve-las ao local correspondente, no entanto para não estar constantemente a repetir o processo de voltar a colocar as almofadas de cola uma a uma, por norma juntam-nas numa caixa até terem uma quantidade considerável, o problema surge quando estas as colocam de novo no tapete transportador, pois este tapete está projetado para uma determinada cadencia e ao ser colocada manualmente uma quantidade considerável de produto, a pressão exercida sobre as *small pillows* aumenta fazendo com que a cola se aglomere ou ainda que comece a transbordar do tapete. Este tipo de falhas por parte dos colaboradores aconteciam com menor recorrência que a referida anteriormente (provocada pelas guias), ainda assim, foi necessário alertá-los. A solução passa por adicionar cuidadosamente o produto que cai do tapete.

Anomalia Externa

As anomalias externas, aparecem em terceiro lugar na linha de *small pillows* como sendo a razão para a perda de um total de 892 minutos. Estas paragens devem-se essencialmente a falhas de energia que se traduzem na paragem dos equipamentos e consequente queda da produção. Se as falhas de energia forem longas, há ainda a possibilidade da cola se aglomerar em alguns componentes o que provoca paragens maiores pois pode ser necessário realizar limpezas.

Desta forma, tendo em conta o impacto expressivo em termos de produtividade, foi necessário mobilizar esforços para investigar a causa raiz do problema, a partir da qual se concluiu que o componente que deveria estar a originar estas paragens, era um quadro elétrico antigo e desadequado apresentado na Figura 37. Verificou-se ainda no momento da sua substituição a presença por exemplo de cabos soltos e sem qualquer ligação. A presença deste quadro elétrico era também uma fonte de insegurança, já que qualquer operador tinha acesso ao mesmo.



Figura 37 - Quadro elétrico antigo

Sendo assim, procedeu-se à substituição do quadro elétrico por outro mais recente, moderno e adequado, Figura 38, ao qual os operadores da produção não têm acesso devido à maior segurança.



Figura 38 - Quadro elétrico novo

Outros

Relativamente à categoria “Outros”, esta engloba paragens que não estão previstas no sistema e que ocorrem esporadicamente, no total ao longo de 2023 foram 14 as ocorrências, ou seja, não é algo recorrente, mas que se traduziu em 590 minutos perdidos. A partir da análise efetuada, verificou-se que os motivos das paragens foram maioritariamente os seguintes:

- Carregar em botões de paragem de emergência despropositadamente
- Troca na seleção da avaria
- Substituição de Rolamentos

Em relação á primeira paragem verificada, foi pensada a possibilidade de se colocarem umas tampas que tornassem estes botões menos acessíveis, no entanto legalmente esta não é uma possibilidade, já que estes têm de estar facilmente alcançáveis e sem nenhum impedimento.

As trocas na seleção das avarias, podem ser verificadas na Figura 39, na qual se verifica que o operador selecionou quatro paragens como pertencendo à categoria “Outros”, no entanto no comentário é referido que se tratou de picos de energia.

Paragem	Grupos de	Linha	Comentário
Outros	Avarias	Small Pillows 1	pico de energia
Outros	Avarias	Small Pillows 1	pico de energia
Outros	Avarias	Small Pillows 1	pico de energia
Outros	Avarias	Small Pillows 1	pico de energia

Figura 39 - Seleção de avaria

Neste caso, foi necessário falar com os técnicos da manutenção e sensibilizá-los para a necessidade das avarias serem reportadas de forma correta, já que o programa está preparada para diversos cenários.

Relativamente à “substituição de rolamentos”, estes são semanalmente verificados e lubrificados na manutenção preventiva, ou seja, já existe um controlo periódico no sentido de evitar este tipo de paragens, inclusive verificou-se pelos comentários dos técnicos que foi algo pontual.

3.6.3. Manutenção autónoma

Um dos pilares do TPM é a manutenção autónoma que está relacionada com a realização de simples tarefas de manutenção pelos operadores da linha. Na Colquímica existe um plano de manutenção diária realizada pelos técnicos de manutenção que engloba as diferentes linhas de produção e algumas máquinas que são comuns a todas.

No entanto, idealmente as tarefas que os técnicos de manutenção realizam diariamente e chamam de manutenção preventiva diária, deveria ser realizada pelos operadores das

Métodos e Aplicação

máquinas, com o objetivo de empoderar a sua relação com as mesmas, pois são estes que estão maioritariamente em contacto com os equipamentos.

Além disso, as tarefas executadas são essencialmente lubrificações e verificações do estado dos componentes como por exemplo filtros, o que poderia ser facilmente realizado pelos operadores, permitindo aos técnicos que disponibilizassem o seu tempo para tarefas de maior dificuldade.

Apesar da tentativa de estas atividades passarem a ser executadas pelos operadores das linhas de produção, este passo não foi dado, devido à elevada produção e consequente falta de tempo por parte dos trabalhadores para realizarem estas pequenas tarefas. Além disso, existem zonas que não convém que os operadores tenham acesso por não terem formação.

Embora as tarefas estivessem definidas, verificou-se que os procedimentos não estavam devidamente documentados, desta forma, foram realizadas instruções de trabalho com o intuito de uniformizar os procedimentos e para que no futuro seja mais fácil transferir estas tarefas para os operadores.

Verificou-se ainda, que ao longo do tempo têm-se alocado mais tarefas à manutenção, esta sobrecarga de trabalho, poderia ser facilmente resolvida diluindo pequenas tarefas pelas restantes áreas.

Relativamente às tarefas diárias, atualmente os técnicos são responsáveis por realizar as seguintes tarefas na linha de *Small Pillows* 1:

- Verificar os filtros
- Lubrificar os cilindros hidráulicos dos filtros
- Verificar a temperatura do óleo do permutador de arrefecimento do óleo hidráulico do R20
- Verificar o casquilho do R20

Como referido anteriormente, foram realizados procedimentos como o apresentado na Figura 40 com o objetivo de normalizar as atividades. Os restantes encontram-se no Apêndice B. Relativamente à verificação do casquilho do R20, diariamente aquilo que os técnicos fazem é verificar o estado do veio, se derem conta da existência de vibrações, aí sim procedem á verificação do estado do casquilho pois este encontra-se numa zona de difícil acesso e não seria pratico repetirem este passo diariamente.

	<p>Verificação da temperatura do óleo do permutador de arrefecimento do óleo hidráulico do R20</p>	<p>Data: 26/04/2024</p>	
<p>Esta instrução de trabalho descreve como se deve realizar a verificação da temperatura do óleo do permutador de arrefecimento do óleo hidráulico do R20.</p>			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="405 689 788 1357">  </div> <div data-bbox="858 757 1267 999">  </div> </div> <p style="text-align: center;">Intervalo de temperatura ideal: 40°C - 50°C</p> <p>Notas:</p> <p>Junto ao permutador de arrefecimento existe um termómetro, no qual deve ser verificada uma temperatura entre 40°C e 50°C</p>			

Figura 40 - Exemplo de standard realizado para a normalização de procedimentos

Foi ainda proposto um quadro *kamishibai* para que no futuro, quando estas tarefas transitarem para os operadores de linha, os técnicos da manutenção façam por exemplo uma verificação semanal na qual verificam se todas as tarefas estão a ser cumpridas. Quando se verificar que uma ou mais tarefas não são cumpridas, é apresentada a face vermelha do cartão o que pode ser um sinal de que os operadores necessitam de mais formação. Na Figura 41 é apresentado o cartão *kamishibai* proposto.

Legenda: 😊 OK, 😐 Melhoria, ☹️ NOK	
Os filtros encontram-se em bom estado.	
Os cilindros hidráulicos dos filtros estão lubrificados.	
A temperatura do óleo do permutador de arrefecimento está dentro dos parâmetros.	
O casquilhos do R20 está em bom estado.	
Data: ___ / ___ / ___	Realizado por:
Legenda: 😊 OK, 😐 Melhoria, ☹️ NOK	
Os filtros encontram-se em bom estado.	
Os cilindros hidráulicos dos filtros estão lubrificados.	
A temperatura do óleo do permutador de arrefecimento está dentro dos parâmetros.	
O casquilho do R20 está em bom estado.	
Data: ___ / ___ / ___	Realizado por:

Figura 41 - *Kamishibai* para controlo das atividades da manutenção autónoma

4. Resultados e Discussão

Ao longo deste capítulo serão apresentados os resultados verificados com a aplicação das diferentes ferramentas *lean* e será ainda realizada uma comparação entre o estado verificado na fase inicial e final do estágio.

4.1. Apresentação de resultados

4.1.1. Resultados 5S

Com a aplicação dos 5S no departamento da manutenção foi possível melhorar o ambiente de trabalho pois os espaços tornaram-se mais limpos e arrumados. Verificou-se também que o espaço disponível aumentou devido à eliminação de materiais e ferramentas desnecessárias. Para além disso, passou a ser possível controlar com mais rigor por exemplo os sprays lubrificantes (pois ao longo da implementação dos 5S, foram encontradas várias latas de spray com líquido, mas fora de validade) com isto espera-se que o desperdício dos mesmos diminua. Na Tabela 12 é possível visualizar de forma esquematizada e resumida as ações efetuadas em cada fase da metodologia.

Tabela 12 - Melhorias obtidas com a implementação dos 5S

Senso	Melhoria realizada	Ganhos
1º S	Eliminação de materiais obsoletos e de lixo existente	Obtenção de mais espaço
2º S	Criação de uma zona para as máquinas que necessitam de reparação	Melhor gestão por parte dos técnicos
	Armário para colocação de lubrificantes	Melhor organização destes produtos e maior facilidade em aceder aos mesmos; Redução de desperdício
	Alterações na disposição das estantes	Melhor aproveitamento do espaço
3º S	Limpeza dos espaços	Diminuição da sujidade e melhor apresentação
4º S	Normalização de procedimentos	Redução da variabilidade (no armazenamento de ferramentas e materiais)
5º S	Quadro <i>kamishibai</i> e plano de auditorias	Comprometimento dos técnicos e manutenção das melhorias

Resultados e Discussão

Numa indústria na qual trabalham vários profissionais por turnos é importante que sejam normalizados procedimentos pois pelo mesmo espaço de trabalho passam diariamente diversas pessoas.

Assim, devido à maior organização existente no local de trabalho, espera-se que o tempo dedicado à procura de materiais reduza e que consequentemente as intervenções sejam mais rápidas.

4.1.2. Resultados TPM

A implementação do TPM, como se pode verificar na Figura 42 resultou na redução do número de avarias verificadas na linha de *Small Pillows 1*, o que é um ótimo indicador da eficácia das implementações efetuadas, ainda em relação a esta figura, é apresentado a tracejado o objetivo definido para 2024, 5 avarias mensais, aproximadamente metade do valor verificado no ano de 2023.

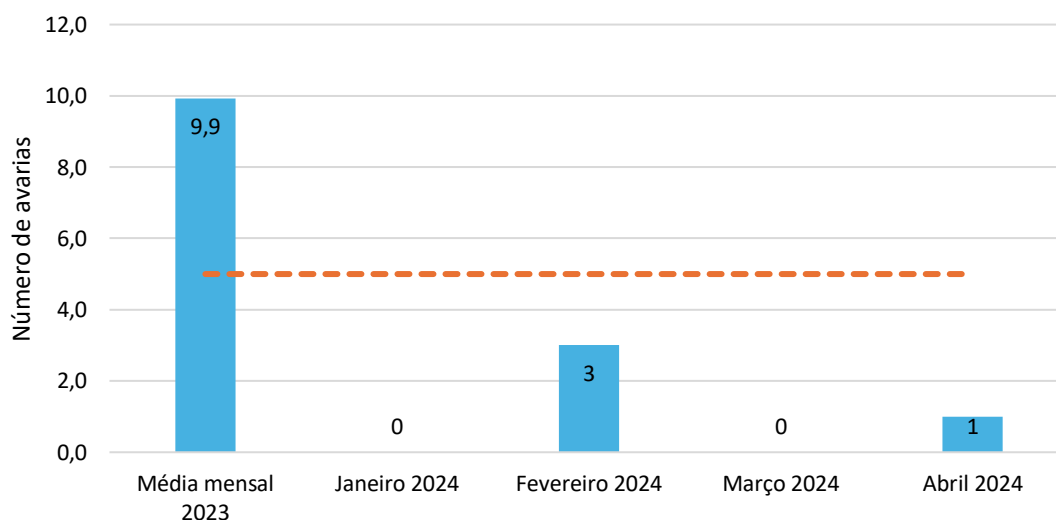


Figura 42 - Comparação do número de avarias verificadas

Relativamente ao tempo dedicado à resolução de avarias, como era de esperar também se verificou uma tendência decrescente, Figura 43, resultando assim numa maior disponibilidade da linha, o que proporciona uma maior rentabilização do processo produtivo.

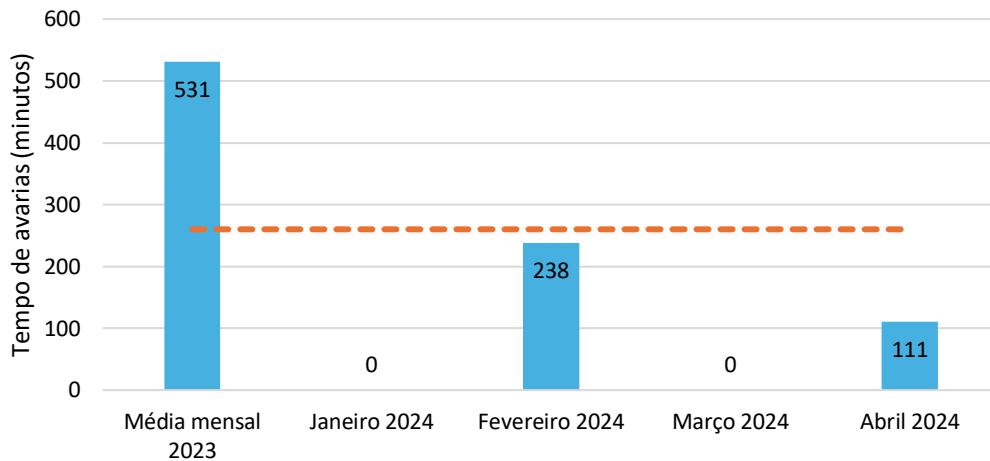


Figura 43 - Comparação do tempo de avarias

Ao longo de 2023, foram em média necessários mensalmente 531 minutos (cerca de 8,9 horas) para a resolução de avarias, no entanto, com as melhorias efetuadas, verifica-se que ao longo de 2024 esse tempo reduziu. Inclusive em janeiro não foi registada nenhuma avaria na linha de *Small Pillows 1*, o que pode ser também explicado pela manutenção geral que se realizou no mês de dezembro.

Ao longo do mês de fevereiro, foram necessários 238 minutos e no mês de março voltou a não se verificar nenhuma avaria, em abril foram necessários 111 minutos. Para o ano de 2024, foi ainda definido o valor de 260 minutos como limite para a resolução de avarias (linha a tracejado), cerca de metade do tempo médio mensal verificado em 2023.

Tendo em conta que os ganhos temporais permitem uma maior disponibilidade da linha, estes refletem-se assim em ganhos económicos devido ao aumento da produtividade. Deste modo, para essa contabilização assumiu-se que em comparação com o ano de 2023, no mês de janeiro, fevereiro, março e abril os ganhos foram de:

- Janeiro: 531 minutos
- Fevereiro: $531 - 238 = 293$ minutos
- Março: 531 minutos
- Abril: $531 - 111 = 420$ minutos

Desta forma, em comparação com o mesmo período de 2023, ao longo de 2024 foram rentabilizados mais 1775 minutos (cerca de 29,6 horas). Tendo em conta que a empresa estima que os ganhos obtidos numa hora de produção na linha de *Small Pillows 1* são 742,2 € (dado fornecido pelo departamento de produção) no total os ganhos obtidos até ao momento da análise foram 21 969 €, equação (9).

$$29,6 \times 742,2 = 21\,969 \text{ €} \quad (9)$$

Resultados e Discussão

Estes dados permitem ainda compreender a redução que existiu no tempo dedicado à resolução de avarias, assumindo que ao longo dos 4 primeiros meses de 2023 foram necessários no total 2124 minutos (531 x 4) e em 2024 a redução foi de 1775, em termos percentuais, esta diminuição corresponde a 83,6%, equação (10).

$$\frac{1775}{2124} \times 100 = 83,6\% \quad (10)$$

Para além da componente económica, foi também estudado o impacto ao nível ambiental provocado pelas melhorias realizadas. Sendo assim, foi necessário quantificar as reduções energéticas (eletricidade e gás natural) e também as emissões de dióxido de carbono que deixaram de ser libertadas (pois no momento das reparações a linha de produção mantém-se em funcionamento e a consumir energia).

Deste modo, foi necessário começar por estimar os consumos da linha de produção em análise, visto que não é efetuado um controlo dos consumos de cada linha individualmente, mas sim da totalidade da fábrica.

Para isso, assumiu-se que a energia necessária para o fabrico de uma tonelada de produto é igual em todas as linhas, para a execução deste cálculo foi necessário recorrer ao software MGPRO utilizado pelo departamento de produção, a partir do qual se verificou que em 2023 foram produzidas 17 968 toneladas de produto, sendo que foram consumidos no total 3 712 771 kWh de energia elétrica e 3 612 755 kWh de gás natural.

$$\text{Consumo energético por tonelada} = \frac{\text{Energia consumida na fábrica}}{\text{Produção total}} \quad (11)$$

- Consumo energético por tonelada (kWh/t)
- Energia consumida na fábrica (kWh)
- Produção total (t)

Utilizando a equação (11) verificou-se que ao longo de 2023, foram necessários 206,6 kWh de energia elétrica e 201,1 kWh de gás natural para o processamento de uma tonelada de produto finalizado.

Tendo em conta que das 17 968 toneladas produzidas, cerca de 1520 toneladas foram produzidas na linha de *Small Pillows 1* (dados retirados do software MGPRO), foram estimados os consumos dessa linha a partir da equação (12) na qual foi realizada a previsão utilizando os valores da produção efetuada na linha estudada e do consumo necessário para a produção de uma tonelada de produto.

$$\begin{aligned} \text{Consumo energético da linha SP1} \\ = \text{Produção SP1} \times \text{Consumo energético por tonelada} \end{aligned} \quad (12)$$

- Consumo energético da linha SP1 (kWh)
- Produção SP1 (t)
- Consumo energético por tonelada (kWh/t)

Efetuosos os cálculos, a previsão realizada indica que foram consumidos 314 032 kWh de energia elétrica e 305 672 kWh de gás natural ao longo de 2023, estes valores traduzem-se num consumo médio mensal para eletricidade e gás natural de 26 169 kWh e 25 473 kWh respetivamente.

Por último, foi estimado o consumo por hora, com o objetivo de contabilizar a energia que deixou de ser desperdiçada durante a reparação das avarias, momentos em que as máquinas funcionam sem estarem a ser rentáveis (sem produção). Uma vez mais, o software MGPRO foi essencial para obter o número de horas que a linha de produção esteve disponível, no total foram 5501 horas.

$$\text{Consumo energético por hora} = \frac{\text{Energia consumida na linha SP1}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (13)$$

- Consumo energético por hora (kWh/h)
- Energia consumida na linha SP1 (kWh)
- Tempo de funcionamento (h)

Efetuosos os cálculos, obteve-se o valor de 57,1 kWh/h para a energia elétrica e 55,6 kWh/h para o gás natural.

Tendo em conta, que se pretendem analisar os ganhos ao nível energético, os tempos que se referem às avarias denominadas “anomalias externas” não foram contabilizados, pois tratam-se maioritariamente de falhas de energia, durante as quais a linha se encontra parada, não havendo assim consumos de energia. Desta forma, ao longo de 2023 foram despendidos 6377 minutos na resolução de avarias, retirando 892 minutos referentes às “anomalias externas” obtém-se um total de 5485 minutos que corresponde a um valor médio mensal de 457 minutos, (cerca de 7,6 horas).

Na Figura 44 é possível comparar o tempo dedicado em média ao longo de 2023 com os tempos dedicados em 2024 à reparação de equipamentos na linha de produção analisada, sem as “anomalias externas”.

Resultados e Discussão

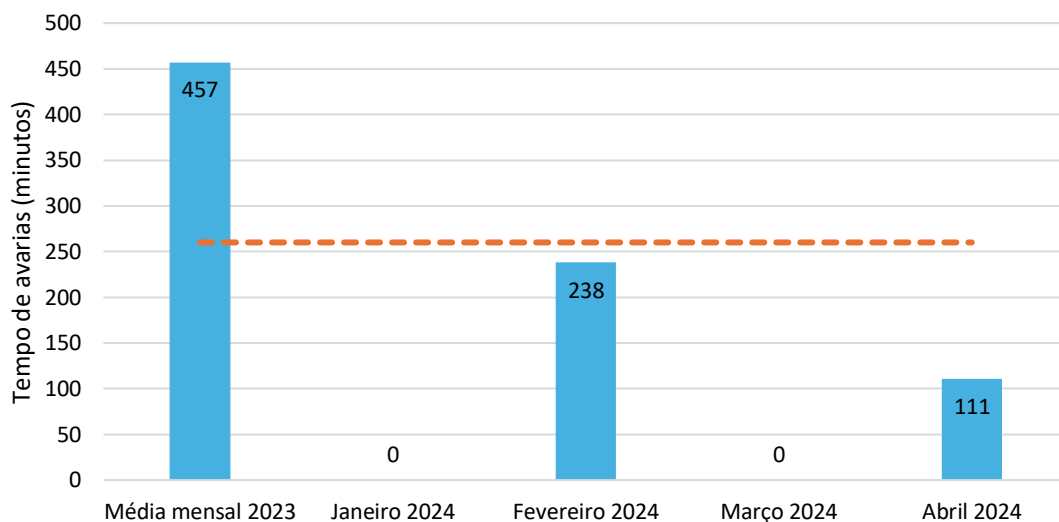


Figura 44 - Comparação do tempo de avarias (sem anomalias externas)

Como se pode verificar, a tendência decrescente verificada anteriormente mantém-se (neste caso sem as “anomalias externas”). Assumindo que em janeiro, fevereiro, março e abril os ganhos temporais foram de:

- Janeiro: 457 minutos
- Fevereiro: $457 - 238 = 219$ minutos
- Março: 457 minutos
- Abril: $457 - 111 = 346$ minutos

Ao longo dos quatro primeiros meses de 2024, as melhorias resultaram em 1479 minutos ganhos (24,7 horas) comparativamente a 2023.

Com estes dados, foi possível quantificar a energia reduzida assim como as emissões de CO_2 .

Energia Elétrica

$$24,7 \times 57,1 = 1\,410,4 \text{ kWh} \quad (14)$$

Gás Natural

$$24,7 \times 55,6 = 1\,373,3 \text{ kWh} \quad (15)$$

Emissões de CO_2

$$56,6 \times 0,995 \times \frac{0,03844}{11,667} \times 1\,373,3 = 254,8 \text{ kg } CO_2 \quad (16)$$

No total foram reduzidos 1 410,4 kWh de energia elétrica, 1 373,3 kWh de gás natural e 254,8 kg de CO₂.

Tendo em conta que as melhorias foram analisadas num período de 4 meses, foi determinada a proporção de emissões que terá sido reduzida em comparação com o mesmo período do ano anterior.

- Número de meses analisado em 2024 = 4
- Consumo médio mensal de gás natural em 2023 = 25 473 kWh
- Consumo estimado de 4 meses em 2023 = 101 892 kWh
- Emissões resultantes do consumo energético ao longo de 4 meses = 18 906,2 kg CO₂

$$56,6 \times 0,995 \times \frac{0,03844}{11,667} \times 101\,892 = 18\,906,2 \text{ kg } CO_2 \quad (17)$$

- Redução de CO₂ verificado comparativamente ao mesmo período de 2023 = 1,35%

$$\frac{254,8}{18\,906,2} \times 100 = 1,35\% \quad (18)$$

Desta forma, mantendo-se esta tendência, espera-se que no final de 2024, os ganhos económicos sejam de 65 907 €. Ao nível ambiental, prevê-se uma redução de 4231,2 kWh de energia elétrica, 4119,9 kWh de gás natural e ainda uma redução de 764,4 kg de CO₂.

Assim, com o objetivo de comparar o estado anterior e posterior às implementações efetuadas, foram calculados novamente os KPI propostos por Sá et al. (2023) e o BOPSE, nos quais se assumiu que a performance dos restantes KPI's solicitados em ambos os indicadores e nos quais não se verificaram alterações se mantêm constantes.

4.1.3. Resultados KPI's propostos por Sá et al. (2023)

Sendo assim, espera-se que o lucro obtido, as emissões e o consumo de energia sejam os KPI's afetados. Na Tabela 13 é apresentado um resumo com o resultado verificado ao longo de 2023 e a previsão para 2024. Para os restantes KPI's assume-se que o desempenho se manterá igual ao do ano anterior.

Tabela 13 - Previsão dos KPI's calculados para 2024

KPI	2023	2024 (Previsão)
Economic		
Earnings	Lucro obtido: 3 095 069 €	Lucro obtido: 3 160 976 €
Expenses	Despesas verificadas: 64 110 816 €	Despesas verificadas: 64 110 816 €
Resources acquired	Matéria-prima adquirida: 18 697 t	Matéria-prima adquirida: 18 697 t
Resources dispensed	Matéria-prima utilizada: 18 506 t Matéria-prima não utilizada: 191 t	Matéria-prima utilizada: 18 506 t Matéria-prima não utilizada: 191 t
Environmental		
Emissions (Scope 1,2)	Emissões de CO ₂ (Scope 1,2): 840 316 kgCO₂eq	Emissões de CO ₂ (Scope 1,2): 839 551,6 kgCO₂eq
Water	Consumo de água: 15 966 m³	Consumo de água: 15 966 m³
Energy	Consumo de energia (eletricidade e gás natural): 8 036 064 kWh	Consumo de energia (eletricidade e gás natural): 8 027 713 kWh
Residues	Volume total de resíduos: 583 t Resíduos reciclados: 406 t	Volume total de resíduos: 583 t Resíduos reciclados: 406 t
Social		
Nº Accidents	Número de acidentes de trabalho: 4	Número de acidentes de trabalho: 4
Work illnesses	Número de doenças profissionais: 3	Número de doenças profissionais: 3
Worker's valorisation	Número total de horas de treino e desenvolvimento: 3884,5 horas	Número total de horas de treino e desenvolvimento: 3884,5 horas
Equity	Mulheres em cargos de gestão: 28 (50% do total)	Mulheres em cargos de gestão: 28 (50% do total)

4.1.4. Resultados BOPSE

Relativamente ao BOPSE, assumindo que com as melhorias efetuadas, todos os outros dados se manteriam constantes e apenas se iriam verificar alterações nos seguinte KPI's: "Net profit", "Energy consumption in the factory", "Total energy consumption", "Renewable energy used", "Total GHG emissions", "Emissions current year" e "Previous year emissions" o valor esperado em 2024 será 59,96%, igual ao obtido no início do estudo. Apesar de se terem verificado melhorias, o valor do BOPSE, não irá sofrer alterações, pois o valor obtido em grande parte dos KPI do indicador resultam de ponderações, como se pode verificar na Figura 45 na qual por exemplo uma redução das emissões de CO₂ inferior a 1% traduz-se num resultado de 60%, uma redução entre 1% e 5% resulta em 80% e se a redução for superior a 5% o indicador avalia esta evolução como muito boa e obtém-se o valor de 100% neste KPI.

Env 5.2	GHG emissions reduction (GHGer)						
Description	Percentage of reduction of GHG emissions measures the evolution of the current emissions year relative to the previous year emissions (in t CO2 e).						
Equation	$GHGer = \frac{\text{Previous year emissions} - \text{Current year emissions}}{\text{Previous year emissions}} \times 100$						
Range/Ranking	<table> <tr> <td>< 1%</td> <td>60% (low)</td> </tr> <tr> <td>>1% to 5%</td> <td>80% (medium)</td> </tr> <tr> <td>>5%</td> <td>100% (high)</td> </tr> </table>	< 1%	60% (low)	>1% to 5%	80% (medium)	>5%	100% (high)
< 1%	60% (low)						
>1% to 5%	80% (medium)						
>5%	100% (high)						
Trend	The higher, the better						
Justification	Based on: Europe 2020 Strategy (Eurostat, 2019b) and APA report (APA, 2019).						

Figura 45 - Exemplo de KPI do BOPSE (M. Abreu et al., 2020)

Assim, verificou-se que apesar de melhores resultados, estes não foram suficientes para se atingirem patamares superiores nos diversos KPI que sofreram alteração, resultando num valor igual ao inicial. A previsão efetuada encontra-se no Apêndice C.

Apesar da previsão do BOPSE não ter revelado que o resultado melhorou, isto pode ser explicado pelo facto das melhorias terem sido realizadas especificamente numa das linhas de produção e os resultados inseridos serem relativos ao desempenho da fábrica. Inclusive de acordo com os KPI definidos pelo BOPSE, a redução de 1,35% (verificada na linha de SP1) é avaliada por M. F. Abreu et al. (2019) como sendo uma redução moderada, no entanto quando inserida no contexto geral da fábrica, a redução é menos significativa.

Por fim, pretendia-se compreender o contributo das ferramentas *lean* em empresas que querem definir *Science Based Targets*. Nesse sentido, assumindo que uma empresa se comprometeu em 2020 a reduzir as suas emissões de carbono (Scope 1 & 2) em 95% a longo prazo (até 2050), significa que anualmente irá ter de reduzir 3,17% das suas emissões de CO2. Desta forma, a redução de 1,35% na linha de *Small Pillows 1* com as ferramentas aplicadas não é suficiente para acompanhar a redução necessária, no entanto é um bom contributo pois grande parte da redução das emissões será devido à implementação de mecanismos alternativos que não consumam combustíveis fósseis.

4.2. Discussão de resultados

O objetivo da dissertação como já foi referido anteriormente era estudar o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade, neste caso de estudo, as ferramentas aplicadas foram os 5S e o TPM. Os resultados obtidos foram explicados e apresentados no subcapítulo anterior, no entanto na Tabela 14 é apresentado um resumo no qual é mencionada a ferramenta *lean* que permitiu obter determinado resultado e o pilar da sustentabilidade no qual se insere.

Tabela 14 - Ganhos obtidos por pilar da sustentabilidade

Pilar	Ferramenta <i>lean</i>	Ganhos
Económico	TPM	- Até ao momento da análise (abril de 2024) estima-se que os ganhos foram de 21 969€ (devido ao aumento da disponibilidade da linha)
Ambiental	TPM	- Redução de 1410,4 kWh de energia elétrica e redução de 1373,3 kWh de gás natural - Redução de 1,35% das emissões de CO ₂
	5S	- Prevê-se que a quantidade de lubrificantes desperdiçada diminua
Social	TPM	- Melhoria da segurança dos trabalhadores (pois era frequente os colaboradores da produção mexerem no quadro elétrico substituído em vez de solicitarem a intervenção dos técnicos da manutenção)
	5S	- Melhoria das condições de trabalho

Começando pelo pilar económico, estima-se que até ao momento da análise, os ganhos foram de cerca de 21 969€, estes resultados só foram conseguidos devido à aplicação do TPM, já que esta ferramenta permitiu reduzir 83,6% do tempo dedicado à reparação de avarias na linha de SP1. Desta forma, a disponibilidade da linha aumentou o que levou à obtenção de ganhos económicos. Estes resultados vão ao encontro do que foi referido por Tortorella et al. (2021) e Andersson et al. (2015) já que nestes estudos os autores defendem que esta ferramenta permite reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos, melhorando assim a sua fiabilidade. Espera-se também que a redução de desperdício alcançada com a implementação dos 5S tenha bons resultados ao nível económico, no entanto essa análise deve ser realizada numa fase mais avançada na qual os 5S façam parte da essência do departamento de manutenção.

Relativamente ao pilar ambiental, o TPM permitiu reduzir o desperdício de energia elétrica em 1410,4 kWh e de gás natural em 1373,3 kWh o que levou a uma redução de 1,35% das emissões de CO₂. Da pesquisa realizada com as *Keywords* ("*Lean*" and "*TPM*" and "*emission**") surgiram 3 artigos, Chiarini (2014) refere que o TPM permite que sejam reduzidas emissões de poeiras e de fumos químicos, Amjad et al. (2021) concluiu que com o modelo desenvolvido pelos autores, foi possível reduzir as emissões de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso em 55%, por outro lado, Heravi et al. (2020) indica que foi possível reduzir as emissões de CO₂ em 4,4%. No entanto nos dois estudos em que foram contabilizadas as reduções, os resultados foram obtidos a partir da integração do TPM com outras ferramentas/técnicas, enquanto no presente caso de estudo a diminuição das emissões resultou somente da implementação desta ferramenta.

Ainda em relação à componente ambiental, espera-se que a quantidade de lubrificantes desperdiçada diminua, visto que quando os 5S foram implementados, se encontraram algumas latas destes produtos fora de validade, ou seja, a má organização deste local de trabalho e o facto de não existir um lugar definido para cada produto, levava a que os técnicos deixassem

os produtos em qualquer lugar, mais tarde quando fosse novamente necessário era aberto um novo. A alteração destas práticas leva a que o desperdício seja reduzido (Vinodh et al., 2011).

Por último, foi também possível obter melhorias ao nível social, o TPM permitiu melhorar a segurança dos trabalhadores, visto que era frequente os colaboradores da produção mexerem no quadro elétrico substituído em vez de solicitarem a intervenção dos técnicos da manutenção. Com os 5S, foi possível obter melhorias que vão ao encontro do que foi encontrado na literatura, melhoria da organização e limpeza dos espaços de trabalho (Jiménez et al., 2015) e também ter um melhor aproveitamento da secção (Randhawa & Ahuja, 2018) estas alterações permitiram melhorar o ambiente vivido na zona da manutenção.

Assim, tendo em conta todas as melhorias enunciadas, é possível afirmar que o TPM e os 5S tiveram um impacto positivo na melhoria da sustentabilidade da empresa em estudo, sendo assim este caso de estudo contribui para a literatura mostrando o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade das empresas. Além disso, foi possível quantificar quais os ganhos obtidos com a aplicação do TPM ao nível ambiental e verificou-se também que esta ferramenta contribuiu para a melhoria da segurança dos trabalhadores.

Resultados e Discussão

5. Conclusão

Ao longo deste capítulo são apresentados de forma resumida alguns dos resultados mais relevantes do trabalho, as limitações encontradas e ainda são sugeridos alguns trabalhos para o futuro.

5.1. Conclusões finais

O trabalho realizado ao longo do estágio tinha como objetivo estudar o impacto das ferramentas *lean* na sustentabilidade, sendo assim numa fase inicial foi realizada a revisão de literatura para se estudar algumas das ferramentas *lean* mais utilizadas e para compreender os benefícios da sua utilização.

Posto isto, definiu-se que se iriam aplicar os 5S e o TPM (manutenção autónoma e melhorias específicas). A implementação dos 5S no departamento de manutenção permitiu essencialmente melhorar as condições de trabalho e o espaço disponível, espera-se ainda que o desperdício de lubrificantes diminua e a motivação dos trabalhadores aumente.

Com a aplicação dos dois pilares do TPM (manutenção autónoma e melhorias específicas) na linha de *Small Pillows 1*, foi possível diminuir consideravelmente, o tempo dedicado à resolução de avarias, reduzir a quantidade de energia desperdiçada e com isso reduzir as emissões de dióxido de carbono libertadas em 1,35%, prevê-se ainda que até ao momento da análise os ganhos económicos tenham sido de 21 969€.

Apesar da previsão do indicador de desempenho BOPSE para 2024 ter sido igual ao valor obtido em 2023, este resultado pode ser explicado pelo facto das melhorias terem sido realizadas apenas numa das linhas de produção e os valores inseridos no indicador serem correspondentes ao desempenho global da fábrica.

Tendo em conta o contexto atual em torno do tema das alterações climáticas, é espectável que as empresas mais responsáveis tomem medidas com o objetivo de reduzir os consumos energéticos e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Sendo assim, o trabalho realizado vai ao encontro das necessidades atuais, pois as ferramentas *lean* permitiram não só atingir melhorias ao nível económico, mas também ambiental e social. Assim, com este estudo foi possível demonstrar o impacto do *lean* na sustentabilidade, enriquecendo a literatura no âmbito do *lean sustainability*.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Apesar das melhorias verificadas, existem algumas limitações, a primeira está relacionada com a ausência de tempo por parte da produção e manutenção para passar à prática algumas das sugestões relacionadas com a manutenção autónoma, nomeadamente a transição de simples tarefas como lubrificações e verificações que são atualmente realizadas pelos técnicos da manutenção e poderiam ser efetuadas pelos operadores de produção, no sentido de empoderarem a sua relação com as máquinas.

A segunda limitação encontrada, está relacionada com o facto de não ser realizado um controlo dos consumos energéticos por linha, mas apenas global, a estratégia definida para contornar esta limitação foi assumir que a energia consumida para fabricar uma tonelada de produto acabado é a mesma em todas as linhas.

Relativamente aos trabalhos futuros, seria interessante aplicar as mesmas ferramentas numa empresa de outro setor com o objetivo de enriquecer a literatura ou então aplicar as mesmas ferramentas numa empresa do mesmo setor (químico) situada noutro país para se comparar resultados e realidades diferentes. Uma outra sugestão seria a aplicação de ferramentas diferentes daquelas que foram aplicadas, como por exemplo o SMED ou *Spaghetti Diagram*, na Colúmica e estudar o impacto na sustentabilidade.

Referências

- Abolhassani, A., Layfield, K., & Gopalakrishnan, B. (2016). Lean and US manufacturing industry: popularity of practices and implementation barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(7), 875–897. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2014-0157>
- Abreu, M., Carvalho Alves, A., & José Francisco Pereira Moreira, P. (2020). *Lean-Green contributions for companies' sustainability*.
- Abreu, M. F., Alves, A. C., & Moreira, F. (2019). The Lean-Green BOPSE Indicator to Assess Efficiency and Sustainability. In *Lean Engineering for Global Development* (pp. 259–291). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7_9
- Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean-green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers and Industrial Engineering*, 66(2), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.011>
- Alves, J. R. X., & Alves, J. M. (2015). Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research*, 53(17), 5320–5333. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1033032>
- Ambitious corporate climate action - Science Based Targets*. (2023). <https://sciencebasedtargets.org/>
- Amjad, M. S., Rafique, M. Z., & Khan, M. A. (2021). Leveraging Optimized and Cleaner Production through Industry 4.0. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 859–871. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.001>
- Amrani, A., & Ducq, Y. (2020). Lean practices implementation in aerospace based on sector characteristics: methodology and case study. *Production Planning and Control*, 31(16), 1313–1335. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1706197>
- Andersson, R., Manfredsson, P., & Lantz, B. (2015). Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence. *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(9–10), 1042–1055. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1068598>
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2012). Influence of green and lean upstream supply chain management practices on business sustainability. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 59(4), 753–765. <https://doi.org/10.1109/TEM.2012.2189108>

Referências

- Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017). A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 118–132. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.118>
- Bassuk, J. A., & Washington, I. M. (2014). Iterative Development of Visual Control Systems in a Research Vivarium. *PLoS ONE*, 9(4), e90076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090076>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Belhadi, A., Touriki, F. E., & El Fezazi, S. (2018). Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study. *Production Planning and Control*, 29(11), 873–894. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1490971>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Paciarotti, C. (2015). Implementing lean information management: the case study of an automotive company. *Production Planning & Control*, 26(10), 753–768. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.975167>
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 236). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117697>
- Bjørn, A., Lloyd, S., & Matthews, D. (2021). From the Paris Agreement to corporate climate commitments: evaluation of seven methods for setting ‘science-based’ emission targets. *Environmental Research Letters*, 16(5), 054019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe57b>
- Bjørn, A., Tilsted, J. P., Addas, A., & Lloyd, S. M. (2022). Can Science-Based Targets Make the Private Sector Paris-Aligned? A Review of the Emerging Evidence. *Current Climate Change Reports*, 8(2), 53–69. <https://doi.org/10.1007/s40641-022-00182-w>
- Brady, D. A., Tzortzopoulos, P., Rooke, J., Formoso, C. T., & Tezel, A. (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1277–1297. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0122>
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5–8), 1845–1855. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9477-4>
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1–2), 168–179. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1434-4>

Referências

- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean' SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575–590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.239>
- Cantini, A., De Carlo, F., & Tucci, M. (2020). Towards forklift safety in a warehouse: An approach based on the automatic analysis of resource flows. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su12218949>
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: An empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>
- Chintada, A., & V, U. (2022). Improvement of productivity by implementing occupational ergonomics. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 39(1), 59–72. <https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1958936>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning and Control*, 30(5–6), 353–368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Cordeiro, P., Sá, J. C., Pata, A., Gonçalves, M., Santos, G., & Silva, F. J. G. (2020). Correction to: *The Impact of Lean Tools on Safety—Case Study* (pp. C1–C1). https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_88
- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1–4), 307–323. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5407-x>
- de Carvalho, A., Granja, A., & da Silva, V. (2017). A Systematic Literature Review on Integrative Lean and Sustainability Synergies over a Building's Lifecycle. *Sustainability*, 9(7), 1156. <https://doi.org/10.3390/su9071156>
- Deniz, N., & Özçelik, F. (2018). Sağlık Hizmet Süreçlerinin Yalın Düşünce Aracılığıyla Geliştirilmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(4), 739–748. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.89814>
- Diaz-Elsayed, N., Jondral, A., Greinacher, S., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2013). Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 62(1), 475–478. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.03.066>

Referências

- Dieste, M., Panizzolo, R., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Evaluating the impact of lean practices on environmental performance: evidences from five manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 31(9), 739–756. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1681535>
- Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M. (2013). Green as the new Lean: How to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.023>
- Erlick, M., Fioravanti, I. D., Yaeger, J., Studwell, S., & Schriefer, J. (2021). An Interprofessional, Multimodal, Family-Centered Quality Improvement Project for Sleep Safety of Hospitalized Infants. *Journal of Patient Experience*, 8, 237437352110083. <https://doi.org/10.1177/23743735211008301>
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>
- Forno, A. J. D., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & Kipper, L. M. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5–8), 779–790. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5712-z>
- Galeazzo, A., Furlan, A., & Vinelli, A. (2014). Lean and green in action: Interdependencies and performance of pollution prevention projects. *Journal of Cleaner Production*, 85, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.015>
- Galp. (n.d.). *Eletricidade e gás natural da Galp*. Retrieved May 17, 2024, from <https://www.galp.com/pt/pt/empresas/eletricidade-e-gas/Apoio-ao-Cliente/Centro-de-Informacao/Eletricidade-e-Gas-Natural-da-Galp>
- Gandhi, N. S., Thanki, S. J., & Thakkar, J. J. (2018). Ranking of drivers for integrated lean-green manufacturing for Indian manufacturing SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 171, 675–689. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.041>
- García-Alcaraz, J. L., Morales García, A. S., Díaz-Reza, J. R., Jiménez Macías, E., Javierre Lardies, C., & Blanco Fernández, J. (2022). Effect of lean manufacturing tools on sustainability: the case of Mexican maquiladoras. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(26), 39622–39637. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6>
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and green – a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 200, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Garza-Reyes, J. A., Villarreal, B., Kumar, V., & Molina Ruiz, P. (2016). Lean and green in the transport and logistics sector – a case study of simultaneous deployment. *Production*

Referências

- Planning and Control*, 27(15), 1221–1232.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1197436>
- Gebeyehu, S. G., Abebe, M., & Gochel, A. (2022). Production lead time improvement through lean manufacturing. *Cogent Engineering*, 9(1).
<https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034255>
- Gebler, M., Cerdas, J. F., Thiede, S., & Herrmann, C. (2020). Life cycle assessment of an automotive factory: Identifying challenges for the decarbonization of automotive production – A case study. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122330.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122330>
- Giesekam, J., Norman, J., Garvey, A., & Betts-Davies, S. (2021). Science-Based Targets: On Target? *Sustainability*, 13(4), 1657. <https://doi.org/10.3390/su13041657>
- Giesekam, J., Tingley, D. D., & Cotton, I. (2018). Aligning carbon targets for construction with (inter)national climate change mitigation commitments. *Energy and Buildings*, 165, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.023>
- Goh, M., & Goh, Y. M. (2019). Lean production theory-based simulation of modular construction processes. *Automation in Construction*, 101, 227–244.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Guzel, D., & Asiabi, A. S. (2022). Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study). *Tehnicki Glasnik*, 16(1), 82–92.
<https://doi.org/10.31803/tg-20211010121240>
- Hąbek, P., Lavios, J. J., & Grzywa, A. (2023). Lean Manufacturing Practices Assessment Case Study of Automotive Company. *Production Engineering Archives*, 29(3), 311–318.
<https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.36>
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, 153, 405–416.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.072>
- Henrique, D. B., Rentes, A. F., Filho, M. G., & Esposto, K. F. (2016). A new value stream mapping approach for healthcare environments. *Production Planning and Control*, 27(1), 24–48.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1051159>
- Heravi, G., Rostami, M., & Kebria, M. F. (2020). Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings' pre-fabricated steel frames using lean techniques. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120045.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120045>

Referências

- Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>
- Ito, T., Abd Rahman, M. S., Mohamad, E., Abd Rahman, A. A., & Salleh, M. R. (2020). Internet of things and simulation approach for decision support system in lean manufacturing. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing*, 14(2). <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2020jamdsm0027>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Kamity, R., Grella, M., Kim, M. L., Akerman, M., & Quintos-Alagheband, M. L. (2021). From kamishibai card to key card: a family-targeted quality improvement initiative to reduce paediatric central line-associated bloodstream infections. *BMJ Quality & Safety*, 30(1), 72–81. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2019-010666>
- Ko, C. H., & Kuo, J. De. (2015). Making formwork construction lean. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(4), 444–458. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.890655>
- Kumar, M., & Rodrigues, V. S. (2020). Synergetic effect of lean and green on innovation: A resource-based perspective. *International Journal of Production Economics*, 219, 469–479. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.04.007>
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5–8), 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E., & Poksinska, B. (2018). Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3225–3236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.023>
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708–1720. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- 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>
- Ma, J., Wang, Q., & Zhao, Z. (2017). SLAE–CPS: Smart lean automation engine enabled by cyber-physical systems technologies. *Sensors (Switzerland)*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/s17071500>

Referências

- Marodin, G. A., Frank, A. G., Tortorella, G. L., & Fetterman, D. C. (2019). Lean production and operational performance in the Brazilian automotive supply chain. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(3–4), 370–385. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308221>
- Minh, N. D., Nguyen, N. D., & Cuong, P. K. (2019). Applying lean tools and principles to reduce cost of waste management: An empirical research in Vietnam. In *Management and Production Engineering Review* (Vol. 10, Issue 1, pp. 37–49). Polish Academy of Sciences. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.128242>
- Mostafa, S., Lee, S.-H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *Production & Manufacturing Research*, 3(1), 236–272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>
- Nascimento, D., Caiado, R., Tortorella, G., Ivson, P., & Meiriño, M. (2018). Digital Obeya Room: exploring the synergies between BIM and lean for visual construction management. In *Innovative Infrastructure Solutions* (Vol. 3, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1007/s41062-017-0125-0>
- Nascimento, D. L. de M., Quelhas, O. L. G., Meiriño, M. J., Caiado, R. G. G., Barbosa, S. D. J., & Ivson, P. (2018). Facility management using digital obeya room by integrating BIM-lean approaches – An empirical study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 24(8), 581–591. <https://doi.org/10.3846/jcem.2018.5609>
- NASCIMENTO, D. L. de M., SOTELINO, E. D., LARA, T. P. S., CAIADO, R. G. G., & IVSON, P. (2017). CONSTRUCTABILITY IN INDUSTRIAL PLANTS CONSTRUCTION: A BIM-LEAN APPROACH USING THE DIGITAL OBEYA ROOM FRAMEWORK. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8), 1100–1108. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1385521>
- Ng, R., Low, J. S. C., & Song, B. (2015). Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production*, 95, 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.043>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pampanelli, A. B., Found, P., & Bernardes, A. M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Papalexi, M., Bamford, D., & Dehe, B. (2016). A case study of kanban implementation within the pharmaceutical supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(4), 239–255. <https://doi.org/10.1080/13675567.2015.1075478>

Referências

- Popescu, I.-S., Hitaj, C., & Benetto, E. (2021). Measuring the sustainability of investment funds: A critical review of methods and frameworks in sustainable finance. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128016>
- Powell, D., Riezebos, J., & Strandhagen, J. O. (2013). Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. *International Journal of Production Research*, 51(2), 395–409. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.645954>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2018). An investigation into manufacturing performance achievements accrued by Indian manufacturing organization through strategic 5S practices. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(4), 754–787. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2017-0149>
- Reavis, M., Ahlen, J., Rudek, J., & Naithani, K. (2022). Evaluating Greenhouse Gas Emissions and Climate Mitigation Goals of the Global Food and Beverage Sector. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.789499>
- Rekha, R. S., Periyasamy, P., & Nallusamy, S. (2016). An optimized model for reduction of cycle time using value stream mapping in a small scale industry. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 27, 179–189. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.27.179>
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Romito, S., Vurro, C., & Pogutz, S. (2023). Joining multi-stakeholder initiatives to fight climate change: The environmental impact of corporate participation in the Science Based Targets initiative. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.3639>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644–1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- Ruiz Manuel, I., & Blok, K. (2023). Quantitative evaluation of large corporate climate action initiatives shows mixed progress in their first half-decade. *Nature Communications*, 14(1), 3487. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38989-2>
- Sá, J. C., Carvalho, A., Fonseca, L., Santos, G., & Dinis-Carvalho, J. (2023). Science Based Targets and the factors contributing to the sustainable development of an organisation from a Literature review to a conceptual model. *Production Engineering Archives*, 29(3), 241–253. <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.28>
- Sacks, R., Treckmann, M., & Rozenfeld, O. (2009). Visualization of Work Flow to Support Lean Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1307–1315. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000102](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000102)

Referências

- Sartal, A., Martínez-Senra, A. I., & Cruz-Machado, V. (2018). Are all lean principles equally eco-friendly? A panel data study. *Journal of Cleaner Production*, 177, 362–370. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.190>
- Sartal, A., Ozcelik, N., & Rodríguez, M. (2020). Bringing the circular economy closer to small and medium enterprises: Improving water circularity without damaging plant productivity. *Journal of Cleaner Production*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120363>
- Saurin, T. A., Ribeiro, J. L. D., & Vidor, G. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.04.001>
- Sector Guidance - Science Based Targets*. (2023). <https://sciencebasedtargets.org/sectors>
- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(5–6), 2927–2936. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100488>
- Shea, G., Smith, W., Koffarnus, K., Knobloch, M. J., & Safdar, N. (2019). Kamishibai cards to sustain evidence-based practices to reduce healthcare-associated infections. *American Journal of Infection Control*, 47(4), 358–365. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.10.004>
- Silva, S., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Santos, G. (2020). *Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study* (pp. 211–219). https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_21
- Singh, B., Garg, S. K., & Sharma, S. K. (2011). Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(5–8), 799–809. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2860-7>
- Sousa, G., Sá, J. C., Santos, G., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2021). *The Contribution of Obeya for Business Intelligence* (pp. 244–269). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6721-0.ch011>
- Spennhoff, P., Wortmann, J. C., & Semini, M. (2022). EPEC 4.0: an Industry 4.0-supported lean production control concept for the semi-process industry. *Production Planning and Control*, 33(14), 1337–1354. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1864496>
- Stoiljković, V., Trajković, J., & Stoiljković, B. (2011). Lean six sigma sample analysis process in a microbiology laboratory. *Journal of Medical Biochemistry*, 30(4), 346–353. <https://doi.org/10.2478/v10011-011-0018-2>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582–603. <https://doi.org/10.2307/2392581>

Referências

- Teixeira, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Santos, G., & Fontoura, P. (2021). Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129047>
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2018). Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. *Production Planning & Control*, 29(3), 247–269. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1412522>
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 766–799. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Thanki, S., Govindan, K., & Thakkar, J. (2016). An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach. *Journal of Cleaner Production*, 135, 284–298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.105>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>
- Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 854–868. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066>
- Vaz, E., Vieira De Sá, J. C., Santos, G., Correia, F., & Ávila, P. (2023). The value of TPM for Portuguese companies. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(1), 286–312. <https://doi.org/10.1108/JQME-12-2020-0121>
- Verrier, B., Rose, B., & Caillaud, E. (2016). Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. *Journal of Cleaner Production*, 116, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.022>
- Verrier, B., Rose, B., Caillaud, E., & Remita, H. (2014). Combining organizational performance with sustainable development issues: The Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production*, 85, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.023>
- Villalba-Diez, J., Gutierrez, M., Grijalvo Martín, M., Sterkenburgh, T., Losada, J. C., & Benito, R. M. (2021). Quantum JIDOKA. Integration of Quantum Simulation on a CNC Machine for In-Process Control Visualization. *Sensors*, 21(15), 5031. <https://doi.org/10.3390/s21155031>

Referências

- Vinodh, S., Arvind, K. R., & Somanaathan, M. (2011). Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 13(3), 469–479. <https://doi.org/10.1007/s10098-010-0329-x>
- Wang, X., Conboy, K., & Cawley, O. (2012). “Leagile” software development: An experience report analysis of the application of lean approaches in agile software development. *Journal of Systems and Software*, 85(6), 1287–1299. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.01.061>
- Wasim, A., Shehab, E., Abdalla, H., Al-Ashaab, A., Sulowski, R., & Alam, R. (2013). An innovative cost modelling system to support lean product and process development. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 65(1–4), 165–181. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4158-4>
- WCED. (1987). *Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development - A/42/427 Annex, Chapter 2 - UN Documents: Gathering a body of global agreements*. <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>
- Wu, X., Yuan, H., Wang, G., Li, S., & Wu, G. (2019). Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 221. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020221>
- Yazdani, A., Hilbrecht, M., Imbeau, D., Bigelow, P., Patrick Neumann, W., Pagell, M., & Wells, R. (2018). Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: A qualitative study of key informants’ perspectives. *Safety Science*, 104, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.01.004>

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: João Pedro Sousa Machado

ISEP, Porto, 14 de junho de 2024

Declaração de Integridade

Apêndice A – Normalização dos 5S

	One Point Lesson	15/05/2024
---	------------------	------------

Zona de armazenamento de produtos químicos (Manutenção)



Todos os produtos devem estar na localização definida.
Antes da utilização de um produto novo, deve-se verificar se já existe algum em utilização.

Local definido para a colocação de máquinas avariadas



As máquinas devem ser armazenadas na localização definida.
Este lugar deve-se manter limpo e arrumado

Apêndice B – Manutenção autónoma, normalização de procedimentos

	Lubrificação dos cilindros hidráulicos dos filtros com spray	Data: 13/05/2024	
Esta instrução de trabalho tem como objetivo representar o modo como deve ser realizada a lubrificação dos cilindros hidráulicos, para que o desempenho ideal dos mesmos seja atingido			
<p data-bbox="459 994 804 1021">Material utilizado - Spray lubrificante</p> <p data-bbox="852 994 1023 1021">→</p>   <p data-bbox="884 1429 1232 1536">Na secção rodeada a vermelho encontram-se os cilindros hidráulicos, na qual os técnicos devem aplicar o spray lubrificante</p> <p data-bbox="320 1756 384 1778">Notas:</p> <p data-bbox="320 1809 1264 1863">A zona realçada, deve ser o foco da operação, na qual os operadores devem aplicar o lubrificante, pode ainda ser necessário limpar a superfície</p>			

Esta instrução de trabalho tem como objetivo ilustrar o estado em que se deve encontrar o filtro para procederem à sua substituição

Filtro em fim de vida



Representação de um filtro em fim de vida, bastante sujo e com necessidade de ser trocado

Filtro Novo



Quando se verificar que o estado do filtro é semelhante ao anterior, deve-se realizar a sua substituição por um novo

Notas:

Os técnicos devem verificar o estado do filtro, se houver necessidade, devem realizar a sua substituição, começando pela remoção do mesmo, de seguida devem limpar a zona e por fim substituir o antigo por um novo

Apêndice C – Cálculo do BOPSE (Previsão 2024)

ECONOMIC (5)	80,00%
Economic Performance (Eco. 1)	80,00%
Net Profit (in €)	3 160 976
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Net profit margin (Eco 1.1)	80,00%
Total Amount of RDI (in €)	890 334
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Research, Development and Innovation (RDI) (Eco 1.2)	80,00%
Market Presence (Eco. 2)	100,00%
Entry level wage (in €)	Na
Local minimum wage (in €)	760
Standard entry level wage (Eco 2.1)	Na
Number of Top managers from local community	12
Number of Top managers	12
Local senior management (Eco 2.2)	100,00%
Procurement (Eco. 3)	60,00%
Spending on local suppliers (in €)	4 880 527
Global spending on suppliers (in €)	42 633 985
Spending on local suppliers (in €) (Eco 3.1)	60,00%

ENVIRONMENTAL (14)	83,26%
Materials (Env. 1)	79,48%
Total materials incorporated in final product (Ton)	18 503
Total input materials (Ton)	18 697
Materials used (Env 1.1)	98,96%
Total recycled input materials used (Ton)	0
Total input materials (Ton)	18 697
Recycled input materials used (Env 1.2)	60,00%
Energy (Env. 2)	90,00%
Energy consumption in the factory (GJ)	8 027 713
Total energy consumption (GJ)	8 027 713
Useful Energy (Env 2.1)	100,00%
Renewable energy used (GJ)	3 973 047
Total energy consumption (GJ)	8 027 713

Renewable energy (Env 2.2)	80,00%
Water (Env. 3)	86,67%
Water consumption in the factory (m3)	15 966
Total water consumption (m3)	15 966
Water used (Env 3.1)	100,00%
Total recycled and reused water (m3)	0
Total water consumption (m3)	15 966
Recycled and reused water (Env 3.2)	60,00%
Current year water consumption (m3)	15 966
Previous year water consumption (m3)	15 966
Net water needs reduction (Env 3.3)	100,00%
Biodiversity (Env. 4)	60,00%
Total amount invested on biodiversity (in €)	0
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Biodiversity Investment (Env 4.1)	60,00%
Emissions (Env. 5)	80,00%
Total GHG Emissions (Kg CO2 e)	839 551,6
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
GHG Emissions intensity (or carbon intensity) (Env 5.1)	100,00%
Emissions current year (Kg CO2 e)	839 551,6
Previous year emissions (Kg CO2 e)	840 316
GHG Emissions reduction (Env 5.2)	60,00%
Effluents and Waste (Env. 6)	86,67%
Total volume of Spills (m3)	0
Total effluents discharged (m3)	15 966
Spills (Env 6.1)	100,00%
Total Hazardous Industrial Residues (Ton)	18,446
Total volume of residues (Ton)	583
Hazardous Industrial Residues (Env 6.2)	80,00%
Recycled residues (Ton)	406
Total volume of residues (Ton)	583
Recycled Residues (Env 6.3)	80,00%
Environmental Compliance (Env.7)	100,00%
Number of environmental non-compliance cases	0
Environmental Compliance (Env 7.1)	100,00%

SOCIAL (13)	81,58%
Employment (Soc. 1)	82,89%
Number of effective contracted employees	170
Total number of employees	204
Effective contracted employees (Soc 1.1)	83,33%
Number of female employees	62
Total number of employees	204
Female employees (Soc 1.2)	80,00%
Number of women in management	28
Total number of employees in management	56
Women in management (Soc 1.3)	80,00%
Number employees who left company	24
Total number of employees	204
Employee turnover (Soc 1.4)	88,24%
Occupational Health and Safety (Soc. 2)	93,33%
Total number of days absence (lost)	785
Total number of workable days	46 512
Absenteeism (Soc 2.1)	100,00%
Number of work-related injuries	4
Number of hours worked	376 300
Accidents rate (Soc 2.2)	80,00%
Number of work related fatalities	0
Number of work-related injuries	4
Fatalities (Soc 2.3)	100,00%
Training and development (Soc. 3)	71,67%
Investment in training and development (€)	63 257
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Budget in training and development (Soc 3.1)	80,00%
Total number of training and development hours	3885
Total number of working hours	376 300
Training and development (Soc 3.2)	60,00%
Employees engagement (Soc 3.3)	75,00%
Local Communities/Society (Soc. 4)	60,00%
Number of employees in volunteering	0
Total number of employees	204
Employees engaged in volunteering (Soc 4.1)	60,00%
Total donations (€)	1002
Total amount of Revenues (in €)	64 110 816
Donations (Soc 4.2)	60,00%
Socioeconomic Compliance (Soc.5)	100,00%
Number of socioeconomic non-compliance cases	0
Socioeconomic Compliance (Soc 5.1)	100,00%

OEE	65,58%
Availability	72,00%
Performance	92,00%
Quality	99,00%
SUSTAINABILITY (Eco*Env*Soc)	54,34%
BOPSE = (Sustainability + OEE)/2	59,96%

Anexo A – Classificações atribuídas no BOPSE

Economic			Social					
Npm - Net Profin Margin			Fe - Female Employees			Btd - Budget in training and development		
Min	Max	Result	Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	1,00%	60,00%	0,00%	25,00%	60,00%	0,00%	0,02%	60,00%
1,01%	5,00%	80,00%	25,01%	50,00%	80,00%	0,021%	0,50%	80,00%
5,01%	100,00%	100,00%	50,01%	100,00%	100,00%	0,501%	100,00%	100,00%
RDI - Research, develop. and innov.			Wim - Women in management			Tdh - Training and development hours		
Min	Max	Result	Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	1,00%	60,00%	0,00%	25,00%	60,00%	0,00%	2,00%	60,00%
1,01%	3,00%	80,00%	25,01%	50,00%	80,00%	2,01%	4,00%	80,00%
3,01%	100,00%	100,00%	50,01%	100,00%	100,00%	4,01%	100,00%	100,00%
Selw - Standard entry level wage			Ab - Absenteeism			Eeiv - Employees engaged in volunteering		
Min	Max	Result	Min	Max	Result	Min	Max	Result
100,00%	110,00%	60,00%	0,00%	5,00%	100,00%	0,00%	10,00%	60,00%
110,01%	120,00%	80,00%	5,01%	10,00%	80,00%	10,01%	25,00%	80,00%
120,01%	200,00%	100,00%	10,01%	100,00%	60,00%	25,01%	100,00%	100,00%
Lsm - Local senior management			Ac - Accidents Rate			Do - Donations		
Min	Max	Result	Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	40,00%	60,00%	0,00	10,00	100,00%	0,00%	0,010%	60,00%
40,01%	80,00%	80,00%	10,01	30,00	80,00%	0,011%	0,20%	80,00%
80,01%	100,00%	100,00%	30,01		60,00%	0,201%	100,00%	100,00%
Sls - Spending on local suppliers			Fa - Fatalities			Sec - Socioeconomic compliance		
Min	Max	Result	Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	35,00%	60,00%	0,00%	5,00%	100,00%	0	2	100,00%
35,01%	70,00%	80,00%	5,01%	10,00%	80,00%	3	5	80,00%
70,01%	100,00%	100,00%	10,01%	100,00%	60,00%	6		60,00%

Environmental

Rim - Recycled input materials used			GHGei - GHG emissions intensity		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	25,00%	60,00%	0,00	0,20	100,00%
25,01%	50,00%	80,00%	0,201	0,40	80,00%
50,01%	100,00%	100,00%	0,401		60,00%
Re - Renewable energy			GHGer - GHG emissions reduction		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	25,00%	60,00%	-100,00%	1,00%	60,00%
25,01%	50,00%	80,00%	1,01%	5,00%	80,00%
50,01%	100,00%	100,00%	5,01%	100,00%	100,00%
Wu - Water used			Sp - Spills		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	25,00%	60,00%	0,00%	0,00%	100,00%
25,01%	50,00%	80,00%	0,01%	0,10%	80,00%
50,01%	100,00%	100,00%	0,11%	100,00%	60,00%
Rrw - Recycled and reused water			Hir - Hazardous industrial residues		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	25,00%	60,00%	0,00%	2,00%	100,00%
25,01%	50,00%	80,00%	2,01%	10,00%	80,00%
50,01%	100,00%	100,00%	10,01%	100,00%	60,00%
Nwnr - Net water needs reduction			Rr - Recycled residues		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
-100,00%	1,00%	60,00%	0,00%	60,00%	60,00%
1,01%	3,00%	80,00%	60,01%	85,00%	80,00%
3,01%	100,00%	100,00%	85,01%	100,00%	100,00%
Bi -Biodiversity investment			Ec - Environmental compliance		
Min	Max	Result	Min	Max	Result
0,00%	0,02%	60,00%	0	2	100,00%
0,021%	0,05%	80,00%	3	5	80,00%
0,051%	100,00%	100,00%	6		60,00%

Anexo B – Checklist para a auditoria 5S da manutenção

Avaliação da maturidade do Daily Kaizen Level 2								
Departamento:						91-100%	Líder	
Kaizen Champion:						81-90%	Autônomo	
Kaizen Promotor:						71-80%	Estável	
Data:						50-70%	Instável	
Equipa Auditora:						0-49%	Inicial	
						Avaliação Final	0%	
						Objetivo	85%	
Organização dos Espaços (5S+Safety)								
Temas	Nº	Critérios	Avaliação	Critérios de Avaliação			Oportunidades de Melhoria	
				0	1	2		
5S + Safety	Classificar	1	Existem elementos que não se usam na área de trabalho?		Mais de 2 elementos extra	Existem 1-2 elementos extra	Não existem elementos extra	
		2	Os elementos necessários estão facilmente acessíveis?		Mais de 2 elementos essenciais inacessíveis	Existe 1-2 elementos essenciais inacessíveis	Não existem elementos essenciais inacessíveis	
		3	Há documentos ou informações desnecessárias ou obsoletas na área de trabalho?		Mais de 2 documentos ou informações desnecessárias ou obsoletas	Existe 1-2 documentos ou informações desnecessárias ou obsoletas	Não existem documentos ou informações desnecessárias ou obsoletas	
	Organizar	4	Todos os elementos têm uma localização definida e identificada?		Mais de 6 elementos não têm localização definida	Entre 2-6 elementos não têm localização definida	No máximo 2 elementos não têm localização definida	
		5	Todos os elementos que têm uma localização definida encontram-se nela?		Mais de 4 elementos não estão na sua devida localização	Entre 2-4 elementos não estão na sua devida localização	No máximo 2 elementos não estão na sua devida localização	
	Limpar	6	Os materiais de limpeza estão disponíveis, identificados e no local definido?		Os materiais de limpeza não estão disponíveis ou danificados	Os materiais de limpeza estão disponíveis e identificados, mas no local incorreto	Todos materiais de limpeza estão disponíveis, identificados e no local definido	
		7	Os resíduos estão a ser triados e reciclados corretamente?		Não existe triagem e reciclagem dos resíduos.	Os resíduos estão a ser parcialmente triados e corretamente reciclados	Todos os resíduos estão a ser triados e corretamente reciclados	
		8	O plano de limpeza está a ser cumprido?		O plano de limpeza não está a ser cumprido	O plano de limpeza está a ser parcialmente cumprido	O plano de limpeza está a ser totalmente cumprido	
		9	Os equipamentos estão sujos (balanças, computadores, bancadas,...)		Mais do que 2 equipamentos estão sujos	2 equipamentos estão sujos	No máximo um dos equipamentos está sujo	
	Normalizar	10	Os procedimentos de limpeza são conhecidos? São cumpridos?		O operador não sabe onde está o local de informações	O operador sabe onde estão as informações mas não as segue	O operador sabe onde estão as informações e segue-as	
	Manter	11	O plano de limpeza está preenchido?		Mais do que 2 momentos do quadro não estão preenchidos.	No máximo dois momentos do plano não estão preenchidos	No máximo um momento do plano não está preenchido	
		12	Os operadores estão envolvidos e entendem o conceito de 5S?		Mais do que 1 operador não está envolvido e/ou não entende o conceito dos 5S	No máximo 1 operador não está envolvido e/ou não entende o conceito dos 5S	Todos os operadores estão envolvidos e entendem o conceito dos 5S	
		13	Os equipamentos e materiais encontram-se em bom estado de conservação?		Mais do que 2 equipamentos não estão em bom estado	No máximo 2 dos equipamentos não estão em bom estado	No máximo 1 dos equipamentos não está em bom estado	
	Segurança	14	Os operadores estão a utilizar os EPIs obrigatórios?		Pelo menos 1 operador não está a utilizar os EPIs obrigatórios	-	Todos os operadores estão a utilizar os EPIs obrigatórios	
		15	Os equipamentos de combate a incêndio e as zonas de circulação de peões estão disponíveis e acessíveis?		Pelo menos 1 equipamento e/ou zona está indisponível ou inacessível	-	Todos os equipamentos e zonas estão disponíveis e acessíveis	
		16	É visível algum comportamento de risco?		Pelo menos 1 comportamento de risco é visível	-	Não é visível nenhum comportamento de risco	
		17	Os operadores estão a utilizar acessórios proibidos (Ex: brincos, anéis, relógios, etc.)		Pelo menos 1 operador possui acessórios proibidos no gembá	-	Não existem acessórios proibidos no gembá	
		18	É cumprida a regra da não existência de comida?		Existe pelo menos 1 evidência do incumprimento da regra	-	Não existem evidências do incumprimento da regra	
		19	Os líquidos estão armazenados em garrafas apropriadas? Só contém água?		Existe pelo menos 1 evidência do incumprimento da regra	-	Não existem evidências do incumprimento da regra	

