



Aplicação de ferramentas Lean numa empresa do setor corticeiro

VÍTOR DIOGO CASTRO PEREIRA

julho de 2024

Aplicação de ferramentas Lean numa empresa do setor corticeiro

Vítor Diogo Castro Pereira

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

Orientador: Doutor António Manuel Pires

Júri:

Presidente:

Doutor Hernâni Miguel Reis Lopes, Professor Coordenador, ISEP

Vogais:

Doutor António Manuel Pires, Professor Adjunto, ISEP

Doutora Cátia Filipa Veiga Alves, Professora Adjunta Convidada, IPCA

Porto, junho 2024

Dedicatória

À minha avó, Angelina Pereira.

Agradecimentos

Este projeto não seria possível sem a ajuda e apoio das seguintes pessoas às quais gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos.

Começo por agradecer ao engenheiro António Pires, orientador deste projeto, por ter assumido o compromisso de me orientar, esclarecer e indicar sempre o melhor rumo para o projeto.

Um enorme agradecimento ao engenheiro Hélio Castro por ter facultado parte do seu tempo para visitar o laboratório de produção e sistemas do DEM, esclarecendo assim muitas dúvidas e mostrando na prática o funcionamento do sistema Trello, mencionado no projeto.

Agradeço à empresa ABC por me ter aceitado para o estudo e implementação das ferramentas desenvolvidas.

Agradeço ao ISEP como instituição e aos professores pelo ensino e transmissão de todo o conhecimento.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos que estiveram presentes durante esta etapa.

Por último, mas não menos importante quero agradecer à minha família por me ter possibilitado a frequentar no curso que sempre desejei, por sempre me motivar, apoiar e ajudar quando eu mais necessitei, tornando possível a realização deste projeto.

Resumo

O presente documento analisa a implementação de ferramentas *Lean* numa empresa do setor corticeiro, com o objetivo de melhorar a eficiência operacional e a competitividade. O estudo é motivado pela necessidade crescente de otimizar processos produtivos e reduzir desperdícios num mercado globalizado e altamente competitivo.

A pesquisa inicia-se com uma revisão abrangente da literatura sobre a filosofia *Lean*, destacando os seus princípios fundamentais, como a melhoria contínua *Kaizen*, a eliminação de desperdícios *Muda*, *Mura* e *Muri*, *Pull System* e o respeito pelas pessoas. A seguir, é apresentado um diagnóstico detalhado da empresa de cortiça em questão, identificando os principais problemas e áreas com potencial para melhorias.

A metodologia adotada inclui um estudo de caso com a aplicação prática de várias ferramentas *Lean*, como o 5S, gestão visual, sistemas de codificação de armazém e Kanban. O processo de implementação é descrito passo a passo, desde o planeamento até a execução das mudanças.

Os resultados obtidos mostram o potencial de melhorias significativas tais como o aumento da produtividade, controlo de *stocks* no armazém, diminuição de *stocks* intermédios e aprimoramento da qualidade do produto final.

Por fim, conclui-se que a adoção de práticas *Lean* pode trazer benefícios substanciais para empresas do setor de cortiça, proporcionando uma vantagem competitiva sustentável. No entanto, ressalta a importância de um comprometimento forte da gestão e de um processo gradual de adaptação para superar os desafios inerentes à transformação *Lean*.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Ferramentas *Lean*, Setor de Cortiça, Eficiência Operacional, Melhoria Contínua, Redução de Desperdícios.

Abstract

This document investigates the implementation of Lean tools in a company in the cork sector, with the aim of improving operational efficiency and competitiveness. The study is motivated by the growing need to optimize production processes and reduce waste in a globalized and highly competitive market.

The research begins with a comprehensive review of the literature on Lean philosophy, highlighting its fundamental principles, such as Kaizen continuous improvement, the elimination of Muda, Mura and Muri waste, Pull System, and respect for people. Following this, a detailed diagnosis of the cork company in question is presented, identifying the main problems and areas with potential for improvement.

The methodology adopted includes a case study with the practical application of various Lean tools, such as 5S, visual management, warehouse coding systems and Kanban. The implementation process is described step by step, from planning to the execution of changes.

The results obtained show the potential for significant improvements such as increased productivity, stock control in the warehouse, a reduction in intermediate stocks and an improvement in the quality of the final product.

Lastly, it's concluded that the adoption of Lean practices can bring substantial benefits to companies in the cork sector, providing a sustainable competitive advantage. However, it highlights the importance of strong management commitment and a gradual process of adaptation to overcome the inherent challenges in Lean transformation.

Keywords: Lean Manufacturing, Lean Tools, Cork Sector, Operational Efficiency, Continuous Improvement, Waste Reduction.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura.....	6
2. Revisão Bibliográfica	7
2.1. A Cortiça	7
2.1.1. A História da Cortiça	7
2.1.2. O Sobreiro	10
2.1.3. O Descortiçamento	12
2.1.4. O Setor da Cortiça em Portugal	13
2.1.5. Apresentação da empresa ABC.....	14
2.1.6. Missão, Visão e Valores	15
2.1.7. Processo produtivo	15
2.2. Lean Production	17
2.2.1. Definição do Lean Manufacturing.....	17
2.2.2. História do Lean Manufacturing	17
2.2.3. Kaizen	18
2.2.4. Princípios Lean	20
2.2.5. Desperdícios Muda, Mura e Muri	21
2.3. Ferramentas e metodologias Lean.....	23
2.3.1. SMED.....	23
2.3.2. Just in Time	25
2.3.3. Jidoka	26
2.3.4. Heijunka	26
2.3.5. 5´S	27
2.3.6. Kanban	28
3. Métodos e Aplicação.....	31
3.1. O produto	31
3.1.1. Etapas do processo produtivo	32
3.2. Identificação de problemas no processo produtivo	40
3.2.1. Armazenamento de placas de compósitos	40
3.2.2. Ausência de sistema de codificação para rastreabilidade dos produtos.....	41
3.2.3. Falta de software de gestão visual.....	42
3.2.4. Falta de controlo na cadencia do processo produtivo.....	43
3.3. Propostas de melhoria para os problemas	43

3.3.1. Organização das placas de compósitos	44
3.3.2. Criação de um sistema de codificação para o stock das placas de compósitos .	44
3.3.3. Sistema de gestão visual Trello.....	45
3.3.4. Aplicação da filosofia Kanban através da gestão de tempos e métodos.....	45
4. Resultados e Discussão	49
4.1. Apresentação de resultados.....	49
4.1.1. Resultados da organização do armazém	50
4.1.2. Resultados da aplicação do sistema de codificação	51
4.1.3. Resultados da aplicação do software Trello	59
4.1.4. Resultados da aplicação de Kanban.....	62
4.2. Discussão de resultados	71
4.2.1. Discussão de resultados da organização do armazém	71
4.2.2. Discussão de resultados da aplicação do sistema de codificação	72
4.2.3. Discussão de resultados da aplicação do software Trello	72
4.2.4. Discussão de resultados da aplicação da filosofia Kanban	73
5. Conclusão	75
5.1. Conclusões finais	75
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	76
6. Referências.....	77
7. Apêndice A	85
8. Apêndice B	87
9. Apêndice C	92

Lista de Figuras

Figura 1 - Resultado do Vosviewer para "Key Words" do tema "Lean Manufacturing"	3
Figura 2 - Resultado do Vosviewer para "Publicações" do tema "Lean Manufacturing"	4
Figura 3 - Gráfico da importância do tema "Lean Manufacturing".	5
Figura 4 - Cortiça usada em redes de pesca [9].	8
Figura 5 - Exemplo de sobreiros [6].	10
Figura 6 - Cortiça Virgem [21].	11
Figura 7 - Localização de montados de sobreiro em Portugal [26].	14
Figura 8 - Estrutura do sistema de produção da Toyota [36].	18
Figura 9 - Esquema representativo dos desperdícios Mura, Muda e Muri [50].	23
Figura 10 - Representação de um quadro de um sistema Kanban [77].	29
Figura 11 - Punhos de cortiça.	31
Figura 12 - Fluxo produtivo dos tubos de cortiça.	32
Figura 13 - Layout da empresa ABC.	32
Figura 14 - (A) Operação de rabanear; (B) Tiras de cortiça.	33
Figura 15 - (A) Operação de Laminagem; (B) Tiras de cortiça sem costa.	33
Figura 16 - (A) Operação de furação; (B) Discos de cortiça.	34
Figura 17 - (A) Operação de escolha dos discos; (B) Discos de diferentes qualidades.	35
Figura 18 - (A) Colagem dos discos; (B) Tubos na prensa.	36
Figura 19 - (A) Estufa; (B) Secagem de tubos na estufa.	36
Figura 20 - (A) Ponçadeira; (B) Tubos depois da lixagem lateral.	37
Figura 21 - (A) Lixadeira; (B) Topo não lixados; (C) Topos lixados.	37
Figura 22 - Operação de escolha de tubos.	38
Figura 23 - Tubo defeituoso identificado.	38
Figura 24 - Encomendas embaladas.	39
Figura 25 - (A) Broca; (B) Torno; (C) Tubo ergonómico.	39
Figura 26 - Armazém de placas de compósitos.	41
Figura 27 - Fluxo num sistema Kanban[86].	45
Figura 28 - Percursos do Kanban de transporte e do Kanban de produção[86].	46
Figura 29 - Vistas frontal e lateral da estante projetada.	50
Figura 30 - Prateleira da estante projetada.	50
Figura 31 - Simulação de uma estante no armazém.	51
Figura 32 - Código de barras a ser estudado.	53
Figura 33 - (A) Pistola De Scan; (B) Impressora de etiquetas; (C) Impressão de etiquetas.	54
Figura 34 - Macro em Visual Basic para botão "Retirar Placas do Armazém".	56
Figura 35 - Macro em Visual Basic para botão "Colocar Placas no Armazém".	56
Figura 36 - (A) Botão de retirar placas; (B) Botão de colocar placas.	57
Figura 37 - Janela com o espaço para preencher com o scan do código de barras.	57
Figura 38 - Janela informativa sobre o stock.	57
Figura 39 - Janela informativa sobre um código inválido.	58
Figura 40 - Placa de compósito com código de barras.	59

Figura 41 - Quadro Digital Trello.	59
Figura 42 - Cartões Trello.	60
Figura 43 - Cartão da atividade "Rabanear".	61
Figura 44 - (A) Simulação de pega das placas do chão; (B) Simulação de pega das placas da estante.	71
Figura 45 - Operação de scan do código de barras por um colaborador da empresa ABC.	72
Figura 46 - Consulta do software Trello.	73

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Sequência de etapas do descortiçamento.	13
Tabela 2 - Sequência de etapas do processo produtivo do tubo de cortiça.....	16
Tabela 3 - Definição das cinco atividades da metodologia 5S´.	27
Tabela 4 - Problemas identificados, respetivas propostas de melhoria e resultados expectáveis.	49
Tabela 5 - Folha de Excel para criação dos códigos.	52
Tabela 6 - Primeira etapa da criação do dígito verificador.	54
Tabela 7 - Segunda, terceira, quarta e quinta etapas da criação do dígito verificador.	54
Tabela 8 - Sexta, sétima e oitava etapas da criação do dígito verificador.	54
Tabela 9 - Tabela de contagem de placas.	55
Tabela 10 - Tabela modelo para medida de tempos das operações.	62
Tabela 11 - Tabela de tempos medidos da operação "Rabanear", em segundos.	63
Tabela 12 - Tabela de tempos medidos da operação "Laminagem", em segundos.	64
Tabela 13 - Tabela de tempos medidos da operação "Laminagem" para a mesma qualidade, em segundos.	65
Tabela 14 - Tabela de tempos medidos da operação "Prensa", em segundos.....	66
Tabela 15 - Tabela de tempos medidos da operação "Secagem", em segundos.	67
Tabela 16 - Tabela de tempos medidos da operação "Acabamento", em segundos, para as laterais.....	68
Tabela 17 - Tabela de tempos medidos da operação "Acabamento", em segundos, para os topos.	68
Tabela 18 - Tabela de tempos totais medidos da operação "Acabamento", em segundos.	69
Tabela 19 - Tabela da média e desvio padrão para operação "Laminagem", em segundos.	69
Tabela 20 - Tabela de condições para implementação do Kanban.	69
Tabela 21 - Informação dos cartões Kanban de produção.	70
Tabela 22 - Informação dos cartões Kanban de transporte.....	70

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
TPS	<i>Toyota production system</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
EUA	Estados Unidos Da América
CLT	Comunidade <i>Lean Thinking</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
EAN	<i>European Article Numbering</i>

Lista de Símbolos

K	Número de Kanbans
D	Procura média por unidade de tempo
L	<i>Lead Time</i>
W	Quantidade de segurança
C	Capacidade do contentor
mm	Milímetros
\emptyset	Coeficiente do <i>stock</i> de segurança
PM	Prazo médio de entrega do fornecedor
CMP	Consumo médio previsto

1. Introdução

Neste capítulo, realiza-se a contextualização do tema abordado na pesquisa, delineiam-se os objetivos propostos, explicita-se a metodologia de investigação adotada para o desenvolvimento deste estudo e apresenta-se a estrutura de organização do relatório.

1.1. Contextualização

No cenário atual, a procura pela otimização dos processos essenciais, visando impulsionar a produtividade, a qualidade e a redução de custos nas organizações, destaca-se através da adoção global da abordagem *Lean Manufacturing*. Esta filosofia, sustentada por uma variedade de metodologias e ferramentas, demonstra a sua eficácia quando integrado e aprimorado ao longo do tempo, propiciando a redução e, em última instância, a eliminação de desperdícios [1].

Através da compreensão dos princípios do pensamento *Lean* e da aplicação das suas ferramentas, as organizações conduzem uma análise minuciosa dos seus processos, com o intuito de minimizar ou, idealmente, erradicar todas as formas de desperdício [2, 3].

Este esforço visa a otimização dos procedimentos, resultando no aumento da produtividade e, por conseguinte, dos lucros [4]. É dentro deste contexto que emerge a oportunidade de examinar a implementação das ferramentas Lean nas empresas e no setor da cortiça em Portugal.

1.2. Objetivos

O propósito deste documento consiste na análise da filosofia Lean bem como no estudo e aplicação de ferramentas de melhoria contínua numa empresa do setor corticeiro.

No presente relatório é fornecida uma introdução abrangente às bases do *Lean*, são exploradas algumas das suas técnicas, como o Kanban, procurando compreender o papel fundamental que esta ferramenta desempenha no contexto de melhoria contínua, examinando as suas funções, regras e tipos, e é destacada a importância das práticas relacionadas ao 5^ºS.

A concretização deste projeto representa um passo significativo na procura pela otimização da eficiência empresarial através da incorporação de metodologias *Lean*. Esse empreendimento não apenas respalda a importância fundamental da implementação desses processos, mas

Introdução

também se fundamenta na necessidade intrínseca de promover a melhoria contínua num ambiente organizacional.

Ainda neste âmbito foi interessante e útil perceber como é que uma empresa apesar da sua reduzida dimensão consegue evoluir e ultrapassar-se constantemente, sempre numa perspetiva de criação de valor acrescentado.

1.3. Metodologia

O método seguido inicialmente para a elaboração do presente documento consistiu na pesquisa e análise de várias publicações científicas sobre esta temática, dando mais ênfase a publicações desenvolvidas recentemente. Esta pesquisa foi efetuada recorrendo às plataformas *Web Of Science e Google Scholar*.

Para que esta pesquisa fosse desenvolvida da forma correta, foi elaborada uma revisão bibliométrica com apoio do *software Vosviewer*, apresentada mais à frente neste relatório. Desta forma foi possível determinar e investigar os principais temas e publicações de cada assunto abordado no documento.

Inicialmente foi feita uma análise de *Key Words* ligadas ao tema "*Lean Manufacturing*" como é possível verificar na Figura 1.

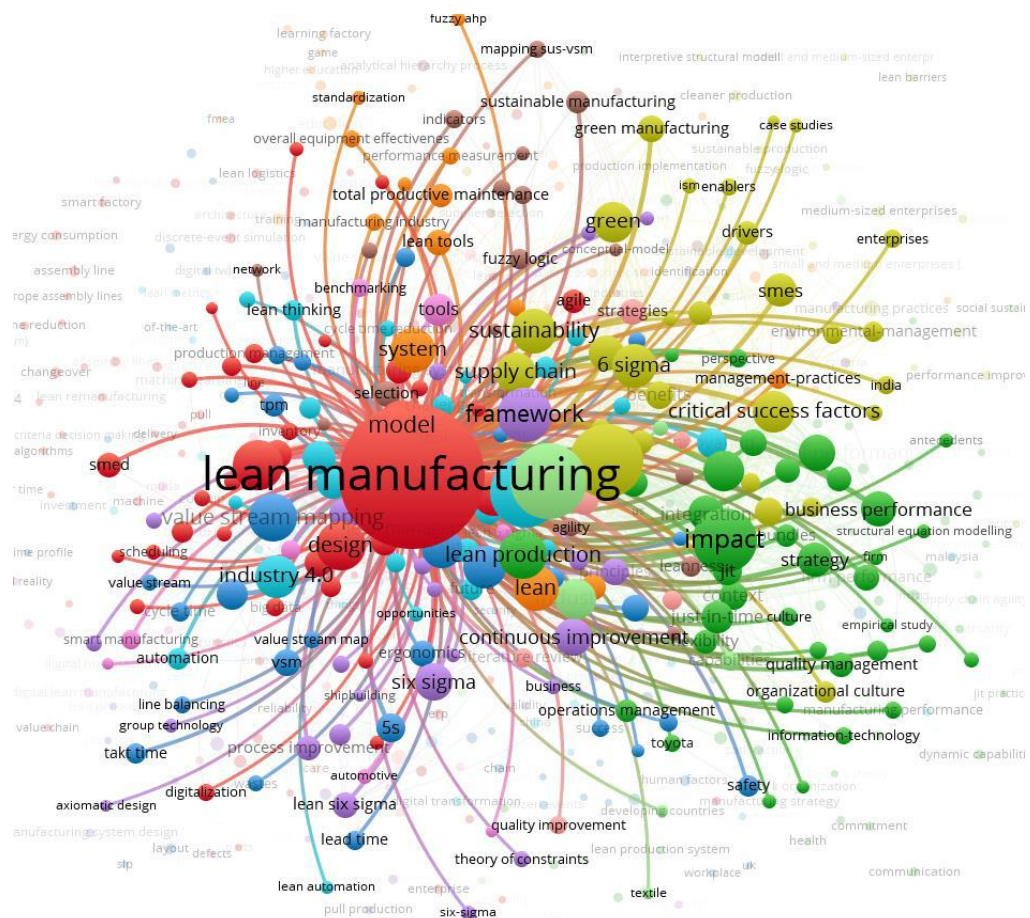


Figura 1 - Resultado do Vosviewer para "Key Words" do tema "Lean Manufacturing".

De seguida, foi efetuada uma análise dos artigos mais citados para garantir que todas as referências deste documento fossem fidedignas e para uma abordagem inicial mais rápida ao tema.

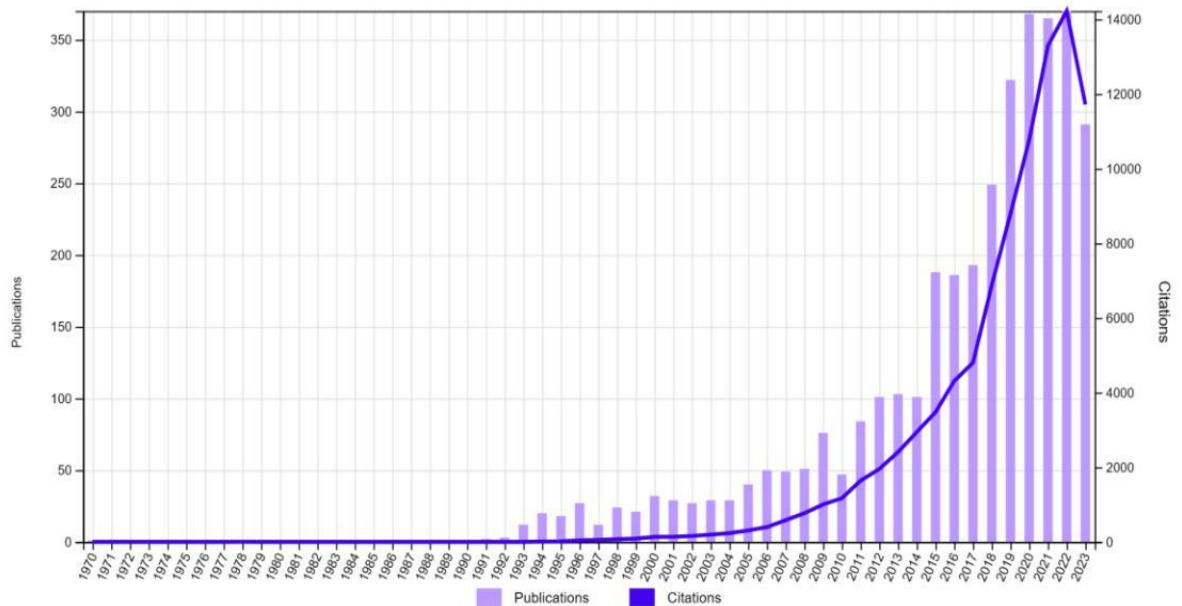


Figura 3 - Gráfico da importância do tema "Lean Manufacturing".

Este processo foi repetido para os 3 grandes temas abordados neste relatório, “A Cortiça” “Lean Manufacturing” e “Ferramentas Lean”.

Uma vez elaborada a revisão bibliográfica, foi necessário adotar uma nova metodologia para a parte prática deste relatório.

O primeiro procedimento consistiu num diagnóstico da situação atual da empresa ABC, de forma a conseguir entender quais os problemas que afetavam esta organização.

De seguida, com os principais problemas descobertos e analisados, foi necessário realizar uma pesquisa sobre as ferramentas mais adequadas, de modo a obter os melhores resultados possíveis.

Foi desenvolvida uma simulação de cálculo com gestão de tempos e métodos, para uma possível futura implementação da filosofia Kanban.

Como nem todas as propostas foram adotadas pela empresa durante o período de elaboração desta dissertação e, de forma a existirem resultados comparáveis, foram efetuadas simulações de implementação das ferramentas desenvolvidas.

1.4. Estrutura

O presente documento encontra-se dividido em três grandes capítulos denominados por: “Revisão Bibliográfica”, “Métodos e Aplicação” e “Resultados e Discussão”.

O capítulo 2 “Revisão Bibliográfica” subdivide-se em três subcapítulos: “A Cortiça”, “*Lean Production*” e “Ferramentas e Metodologia *Lean*”.

No subcapítulo 2.1, “A cortiça”, são abordados diferentes temas referentes a esta matéria-prima, tais como: a sua origem e aplicações, as características de um sobreiro, o processo de descortiçamento e o setor da cortiça no nosso país.

No subcapítulo seguinte, 2.2, “*Lean Manufacturing*”, são desenvolvidos tópicos relativos à origem do *Lean Manufacturing*, bem como à sua história e princípios fundamentais desta filosofia.

O subcapítulo 2.3, “Ferramentas *Lean*”, apresenta a revisão da definição e metodologia de diversas ferramentas *Lean*, SMED, *Heijunka*, *Jidoka*, 5’S e *Kanban*, assim como as suas implementações e benefícios quando bem implementadas.

O capítulo 3 “Metodologia e Aplicação” subdivide-se em três subcapítulos: “O produto”, “Identificação de problemas no processo produtivo” e “Propostas de melhoria para os problemas”.

No subcapítulo 3.1, “O produto”, é feita uma apresentação do produto de estudo do presente relatório, assim como os postos de trabalho constituintes, o seu processo produtivo e *layout* da empresa.

O subcapítulo 3.2, “Identificação de problemas no processo produtivo”, destina-se à apresentação dos problemas identificados no processo produtivo apresentado no subcapítulo “O produto”, tal como consequências adjacentes a estes problemas.

“Propostas de melhoria para os problemas” é o subcapítulo 3.3, onde se encontram apresentadas e explicadas todas as propostas de melhoria desenvolvidas neste projeto, com o intuito de solucionar os problemas identificados anteriormente no processo produtivo.

O capítulo 4, “Resultados e Discussão” subdivide-se em dois subcapítulos “Apresentação de resultados” e “Discussão de resultados”.

O subcapítulo 4.1, “Apresentação de resultados” resume-se na apresentação mais detalhada e no desenvolvimento das soluções propostas no capítulo três. Adicionalmente, no subcapítulo 4.2, “Discussão de resultados” podemos encontrar as comparações do estado inicial da empresa ABC e os resultados após a implementação das ferramentas desenvolvidas.

A dissertação finaliza com uma conclusão de todo o trabalho elaborado e caminhos futuros que podem ser desenvolvidos tendo como base o conteúdo deste relatório.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A Cortiça

À medida que a consciência global em torno da necessidade de práticas sustentáveis cresce, a cortiça emerge como uma alternativa notável e *eco-friendly*, destacando-se pelas suas características excepcionais. Desde a sua utilização tradicional na produção de rolhas para vinho até aplicações inovadoras em design, construção e moda, a cortiça desafia convenções e inspira novas perspectivas.

2.1.1. A História da Cortiça

A história da utilização da cortiça é enraizada na antiguidade e é difícil identificar a sua origem com exatidão no tempo e no espaço. No entanto, os registos mais antigos que temos indicam que a cortiça era usada aproximadamente no ano 3000 a.C. em regiões tão distantes como a China, Egito, Babilônia e Pérsia. Nesses locais, a cortiça era usada no fabrico de utensílios destinados à pesca, demonstrando a sua versatilidade e valor prático [5-7].

No ano de 1209, Portugal estabeleceu um precedente pioneiro ao promulgar leis agrárias destinadas a proteger as extensas áreas de montados de sobreiro, caracterizadas pela presença de sobreiros. Um exemplo notável dessa proteção é uma carta emitida por D. Dinis, datada de 1292, na qual se proíbe expressamente o corte de sobreiros na região de Alcáçovas. Essas medidas legais refletiram o compromisso de Portugal em preservar as suas florestas de sobreiro e garantir a sua sustentabilidade [5-8].

A evolução da utilização da cortiça e do sobreiro continuou a desenrolar-se ao longo da história, com um notável destaque na Época dos Descobrimentos. Nesse período, surgiu outra evidência da importância destes recursos naturais. Devido ao significativo desenvolvimento da construção naval, o sobreiro desempenhou um papel crucial na fabricação de navios, como naus e caravelas. Era necessária uma quantidade substancial de madeira, entre 2000 e 4000 árvores, para a construção de cada nau. Além disso, a cortiça retirada dessas árvores encontrou diversas aplicações, incluindo [5-7]:

- **Flutuadores:** A cortiça era usada na produção de flutuadores para navios, contribuindo para a segurança e flutuabilidade das embarcações.
- **Mobiliário:** Era comum utilizar a cortiça na confecção de móveis, como bancos, arcas e baús, demonstrando a versatilidade da mesma como material de construção.

- **Calçado:** A cortiça também era utilizada na fabricação de calçado, mostrando a adaptabilidade para aplicações práticas e confortáveis deste material
- **Utensílios Domésticos:** Malgas e vasos eram frequentemente feitos de cortiça, indicando a sua presença nas atividades quotidianas das pessoas.
- **Gamela:** A cortiça era usada na produção de gamelas, utensílios usados para diversos fins domésticos.



Figura 4 - Cortiça usada em redes de pesca [9].

Durante a Época dos Filipinos, foi estabelecida uma lei que proibia o corte de sobreiros e a extração de cortiça sob severas penalidades, como a deportação para África por um período de 4 anos, repreensão e multa. Esse ato regulatório demonstra o valor atribuído à cortiça e ao sobreiro naquela época [6, 7].

Outro episódio relevante ocorreu em 1819, durante o reinado de D. João VI, quando foi decretada a proibição de exportação de cortiça, a menos que houvesse fornecimento suficiente para atender às necessidades das fábricas nacionais. Isso reflete a preocupação em garantir que a cortiça permanecesse acessível para as indústrias locais e que os seus benefícios económicos fossem maximizados [6, 7, 10].

Ao longo dos séculos, surgiram conflitos de interesses entre os monarcas e os proprietários de terras, uma vez que ambos procuravam preservar as áreas com sobreiros, conhecidas como "coutadas". Essas áreas eram valorizadas devido à sua importância na produção de cortiça e na manutenção da economia e ecossistemas locais [6, 7].

A utilização da cortiça tem continuado a crescer ao longo dos anos, sendo que as suas exportações para o Reino Unido datam do século XIV. Nesse período, o sobreiro já desempenhava um papel de grande importância na economia de Portugal. No século XIX, o Reino Unido tornou-se um dos principais destinos das exportações de cortiça portuguesa [5, 7,10].

Inicialmente, Portugal exportava cortiça em forma de pranchas, pois naquela época o país não dispunha da tecnologia nem dos meios necessários para processar a cortiça. Entretanto, à medida que o tempo avançava e novas aplicações da cortiça surgiam, empresas estrangeiras que operavam em Portugal perceberam que seria mais vantajoso e económico realizar o processamento da cortiça no país de origem, ou seja, em Portugal [7].

Outro aspeto de grande relevância na história da cortiça foi a descoberta e inovação nos processos de aglomeração e as suas diversas aplicações. Em 1863, o Reino Unido desempenhou um papel fundamental nesse processo ao desenvolver o linóleo, um produto fabricado a partir de fragmentos de cortiça desperdiçados e triturados. Isso resultou numa substância granulada de cortiça de grão fino que era utilizada para revestir pisos superiores, contribuindo para a indústria de revestimentos [7, 10].

Além disso, na Inglaterra, a cortiça moída era combinada com borracha e uma mistura de gomas. Esse composto era então prensado em folhas, criando um material conhecido como *kamptulicon*, que era amplamente empregue para revestir pavimentos [6, 7].

Por volta do ano de 1891, em Nova York, ocorreu uma descoberta acidental que revolucionaria o uso da cortiça. *John Smith*, um fabricante de coletes salva-vidas, costumava utilizar granulados de cortiça para encher tubos metálicos que eram inseridos nos coletes para proporcionar fluibilidade. No entanto, uma noite, um desses tubos, repleto de granulado de cortiça, caiu acidentalmente numa caldeira. Na manhã seguinte, ao inspecionar o incidente, o fabricante notou algo surpreendente: a cortiça que estava dentro do tubo não tinha queimado, mas tinha passado por uma transformação, tornando-se uma massa compacta e de cor castanho-escura.

Essa descoberta acidental levou à criação dos “aglomerados negros de cortiça”, que provaram ser materiais excepcionalmente versáteis e úteis em diversas aplicações, como no isolamento térmico e acústico [5-7, 10].

Posteriormente, por volta de 1909, *Charles McManus* fez uma descoberta importante ao desenvolver aglomerados de cortiça compostos. Esses aglomerados eram produzidos ao misturar a cortiça com colas, resultando num material versátil que poderia ser aplicado em diversas áreas. Esses avanços marcaram o aprimoramento da utilização da cortiça como material aglomerado, expandindo as suas possibilidades de aplicação em diferentes indústrias [5-7, 10].

Atualmente, a cortiça destaca-se como um recurso natural valioso, que oferece uma gama diversificada de aplicações em diversos setores. A sua popularidade é impulsionada não apenas pela sua versatilidade, leveza e durabilidade, mas também pelo seu impacto ambiental positivo, sendo um material renovável e biodegradável. A cortiça continua a evoluir como um exemplo notável de como a tradição se pode fundir com a inovação, oferecendo soluções modernas e sustentáveis para desafios atuais.

2.1.2. O Sobreiro

A região do Mediterrâneo possui uma rica história humana e abriga uma diversidade excepcional de plantas e animais únicos e raros [11]. Ao longo de milénios, a intervenção humana moldou uma paisagem variada, com florestas densas de carvalhos perenes, áreas abertas dessas mesmas árvores, matagais, terras cultivadas, pastagens e, recentemente, plantações de árvores não nativas. Na parte sudoeste da Península Ibérica, essa variedade de paisagens é encontrada em diferentes formas e possui um valor significativo em termos de ecologia, beleza e importância cultural [12-14]. Nessa região, as árvores nativas mais proeminentes são os sobreiros (*Quercus Suber*), encontrados nas províncias do Alentejo e do Algarve, em Portugal, e as azinheiras (*Quercus Ilex/Quercus Rotundifolia*), mais predominantes nas áreas mais secas de Portugal e Espanha [12, 15].

O sobreiro é uma presença frequente em sistemas agro-silvipastoris, designados por montados. Apresenta um crescimento gradual e uma longa longevidade, podendo viver entre 250 e 350 anos. No entanto, em termos de produção de cortiça, a árvore atinge o ápice por volta dos 150 a 200 anos, período considerado ideal para a colheita desse recurso. Embora possa viver por várias décadas além desse ponto, a qualidade e a viabilidade da cortiça tendem a diminuir após essa faixa de idade.



Figura 5 - Exemplo de sobreiros [6].

Esta árvore suporta temperaturas entre -5°C e 40°C, exibindo uma ampla tolerância térmica. Quanto à precipitação, a árvore pode sobreviver com uma média anual mínima de 400 milímetros, embora também possa prosperar em áreas com precipitações mais elevadas, chegando até 1700 milímetros. Em relação ao solo, o sobreiro geralmente é adaptável, exceto em solos excessivamente calcários ou muito argilosos, onde a sua capacidade de crescimento pode ser comprometida [6, 16].

A cortiça é a extração do revestimento externo do tronco e dos ramos do sobreiro quando a árvore atinge aproximadamente 130 centímetros de altura e apresenta um perímetro de tronco de cerca de 70 centímetros. Este processo de extração requer extrema cautela para não danificar o tecido felogénio, localizado entre o tronco e a casca, responsável pela renovação da casca do sobreiro. A primeira extração de cortiça do sobreiro, designada por cortiça virgem, ocorre quando o sobreiro tem idades entre os 20 e os 35 anos [6, 9, 17].

Os 3 tipos de cortiça existentes são [18-20]:

1. **Amadia:** Considerada o melhor tipo de cortiça, a amadia é a casca retirada do tronco principal do sobreiro.
2. **Refugo:** Casca retirada perto da base do sobreiro ou simplesmente casca com elevado número de defeitos.
3. **Falca:** Restos de casca provenientes da extração.

Apesar da cortiça ser a parte mais conhecida e economicamente valiosa do sobreiro, outras partes da árvore, como as bolotas, folhas entre outros componentes, não são negligenciadas. Cada uma delas possui um valor próprio, seja do ponto de vista ecológico, seja como recurso económico. Todas essas partes são utilizadas de maneiras diversas, não sendo desperdiçadas, e contribuem de forma significativa para diversos usos e aplicações [17].



Figura 6 - Cortiça Virgem [21].

No século XVIII, em Portugal, Fragoso de Sequeira publicou o primeiro manual dedicado aos sobreiros (Natividade). Neste trabalho, são delineadas as práticas fundamentais de manuseio para os sobreiros [22, 23]:

- Conservação e limpeza da floresta natural, preservando apenas os melhores sobreiros e fomentando a regeneração natural.
- Controlo da densidade das árvores, mantendo um número reduzido de árvores por hectare, permitindo atividades agrícolas ou pastagens sob a cobertura florestal.

- Implementação generalizada de podas para estimular a produção de frutos em árvores maduras, utilizadas como alimento para o gado.
- Modelagem de árvores jovens através de podas específicas para a produção de cortiça, visando um tronco reto com 2-3 metros de altura e o desenvolvimento de 3 a 4 ramos principais.

2.1.3. O Descortiçamento

O processo de extração da cortiça, descortiçamento, envolve várias etapas que devem ser executadas apenas por profissionais com formação e treinados, de forma a não danificar a árvore para que esta possa continuar a desenvolver casca durante os seus longos anos de vida.

As seis etapas fundamentais do processo de descortiçamento são [23, 24]:

Tabela 1 - Sequência de etapas do descortiçamento.

Etapas	Descrição de cada etapa
ABRIR	O primeiro passo do processo consiste em realizar golpes na cortiça verticalmente, seguindo a direção do eixo da árvore e tirando proveito das ranhuras naturais presentes na casca. Durante esse procedimento, o extrator utiliza um machado, tocando a cortiça, enquanto torce ligeiramente a lâmina. Esse movimento tem como objetivo separar a prancha do entrecasco.
SEPARAR	No segundo passo deste processo, a separação da prancha efetua-se ao introduzir a lâmina do machado entre a parte central da prancha e o entrecasco. Executando um movimento de torção do machado entre o tronco da árvore e a cortiça, ocorre a separação precisa da prancha em relação ao entrecasco. Essa abordagem é meticulosamente projetada para assegurar uma divisão controlada da cortiça, garantindo uma utilização eficiente da prancha resultante.
TRAÇAR	Este passo, tem a finalidade de determinar as dimensões da prancha a ser extraída. Para atingir esse objetivo, são efetuados golpes horizontais na cortiça. Durante este processo, os golpes são direcionados de maneira a delimitar e definir com precisão o tamanho desejado da prancha, contribuindo para a eficácia do procedimento de extração.
EXTRAIR	O processo de extração da prancha do sobreiro é executado com o cuidado necessário para evitar qualquer fragmentação, visto que o valor comercial das pranchas está diretamente relacionado ao seu tamanho. A destreza e habilidade dos profissionais desempenham um papel crucial, sendo essenciais para garantir pranchas completas.
DESCALÇAR	Após o processo de extração das pranchas, é comum que pequenos fragmentos de cortiça, chamados de calços, permaneçam na base do tronco do sobreiro. Contudo, é importante destacar que esses calços podem representar uma ameaça fitossanitária para a saúde do sobreiro. Por essa razão, é crucial realizar a remoção meticulosa desses fragmentos, garantindo não apenas a preservação da árvore, mas também a prevenção de possíveis problemas fitossanitários que possam surgir caso esses resíduos sejam negligenciados.
MARCAÇÃO	Após a conclusão do descortiçamento, é prática comum marcar cada árvore individualmente, seja diretamente no tronco ou na borda das áreas arborizadas. Essa marcação consiste na aplicação de um código que representa o último Algarismo do ano em que a extração foi realizada, conforme estabelecido pelas normativas legais em vigor. Essa medida não apenas auxilia na gestão das práticas de descortiçamento, mas também atende às exigências regulatórias, garantindo uma abordagem sustentável e em conformidade com as diretrizes estabelecidas.

2.1.4. O Setor da Cortiça em Portugal

Globalmente, estima-se que os montados ocupam uma área mundial de cerca de 2.3 milhões de hectares de terra, com cerca de 713 mil hectares localizados em Portugal, cobrindo 23% da área total de floresta [25].

Portugal não só é um grande líder na produção de cortiça, sendo responsável por aproximadamente 55% da produção mundial deste material tão valorizado, mas também se destaca como o principal centro de transformação da cortiça, processando cerca de 50% de toda a cortiça mundial numa variedade de produtos finais prontos para o consumo. Esses

números, além de refletirem a posição proeminente de Portugal na indústria da cortiça, também evidenciam a sua importância no mercado global desse recurso [6, 17].

Na Figura 7 é possível verificar a localização dos montados de sobreiro em Portugal.

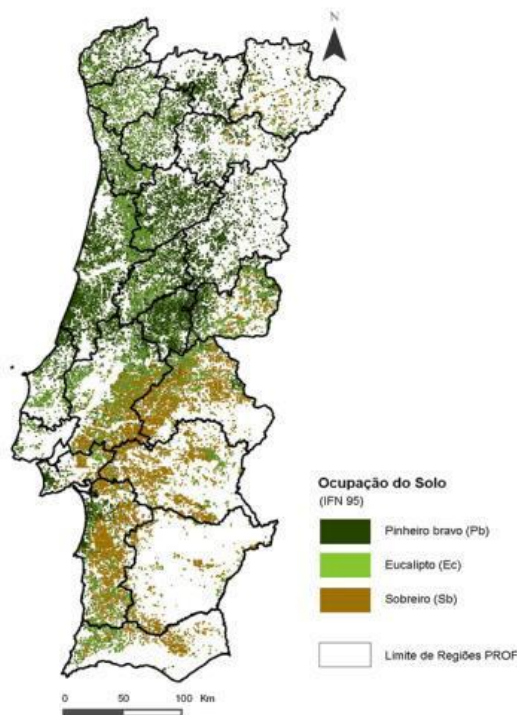


Figura 7 - Localização de montados de sobreiro em Portugal [26].

2.1.5. Apresentação da empresa ABC

A presente dissertação foi elaborada na indústria de cortiça situada em Lourosa, concelho de Santa Maria da Feira. Em 1950, Américo Domingues, transportador de cortiça, por ser apaixonado pela transformação desta matéria-prima e conhecer os principais vendedores e influenciadores do mercado, decidiu iniciar a sua carreira como produtor de rolhas de cortiça para vinhos.

Manuel Pereira, genro de Américo, deu seguimento ao negócio em 1980 na garagem de sua casa. Este seguimento foi, durante cerca de 4 anos, realizado apenas em horas vagas.

Devido à grande procura de rolhas de cortiça, em 1988, foi construída a fábrica da empresa ABC, onde trabalhavam inicialmente, Manuel Pereira, a sua mulher e os seus filhos.

Em 2007, devido a causas naturais, Vitor Pereira, filho de Manuel Pereira, passou a ser a cara principal da empresa, dando seguimento aos passos do pai.

Atualmente, a empresa ABC é responsável por utilizar, reutilizar, reciclar e encontrar novas aplicações para o recurso natural que é a cortiça. A empresa conta com cerca de 5 colaboradores, sendo uma microempresa de cariz familiar. Atualmente, trabalham em 3 segmentos diferentes:

- Rolhas de cortiça;
- Produtos de cortiça para instrumentos musicais;
- Produtos de cortiça para desportos ao ar livre.

Sendo o foco principal da sua produção o último segmento anteriormente referido.

2.1.6. Missão, Visão e Valores

A missão desta empresa é criar produtos únicos e elegantes que unem beleza natural da cortiça com o artesanato de alta qualidade. Comprometidos com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, proporcionam aos clientes uma experiência excepcional. Tudo isto, valorizando a inovação, a ética e o respeito pelas pessoas e pelo planeta.

Ao nível da visão, procuram ser líderes no mercado de produtos de cortiça para desportos ao ar livre, reconhecidos internacionalmente pela criatividade, qualidade e responsabilidade ambiental. Pretendem inspirar um estilo de vida mais ecológico e consciente, onde os produtos de cortiça são uma escolha natural.

Esta empresa planeia expandir a sua presença global e continuar a promover a beleza e a versatilidade da cortiça, contribuindo para um mundo mais sustentável e harmonioso.

Para manter a competitividade e liderança, a ABC compromete-se a valores que consideram imprescindíveis, como a ambição, a iniciativa e a disciplina.

2.1.7. Processo produtivo

Uma vez que na empresa ABC existem diversos fluxos produtivos, pois existem várias gamas de produtos e cada um tem o seu tipo de produção, não será possível apresentar todos os processos na mesma. Desta forma, foi utilizado como caso de estudo o fluxo de produção de um produto *standard*, que permite identificar as principais operações associadas ao processo produtivo da empresa, com finalidades variadas: desde punhos para canas de pesca, como punhos para guarda-chuvas, ou até mesmo equipamentos de apoio a movimentação de idosos ou pessoas limitadas (bengalas e andarilhos).

O fluxo de produção para este tipo de produtos está descrito na Tabela 2 de forma ordenada.

Tabela 2 - Sequência de etapas do processo produtivo do tubo de cortiça.

Etapas	Descrição de cada etapa
1º Etapa "Rabanear"	Nesta primeira etapa as placas de cortiça são cortadas em tiras, de forma que, futuramente, seja mais fácil a laminagem das mesmas e haja menos desperdícios no fluxo de produção.
2º Etapa "Laminagem"	A fase da laminagem é a fase onde são descartadas as partes desprezíveis das tiras, sendo estas a costa e a barriga que são as camadas superficiais, interior e exterior, da cortiça.
3º Etapa "Furação"	A etapa da furação trata-se da furação das tiras através de uma broca com a finalidade de retirar os discos com a dimensão desejada para a fase seguinte.
4º Etapa "Escolha"	Devido à cortiça ser um produto natural, existem discos com mais e menos defeitos. Assim sendo, é necessário efetuar um processo de escolha manual para que o produto final fique com a qualidade necessária.
5º Etapa "Colagem"	Na colagem, tal como o nome indica, os discos são colados um a um até formar um tubo de acordo com as dimensões necessárias.
6º Etapa "Prensa"	Os tubos passam por um processo de compressão de forma a serem colocados num molde para que a colagem seja feita corretamente, sem que haja deslize de nenhum disco.
7º Etapa "Estufa"	Após a compressão e ainda dentro dos moldes, os tubos são recolhidos a uma estufa a 50 graus onde passam 3 horas até à sua secagem completa.
8º Etapa "Acabamento"	A fase de acabamento dos tubos é feita numa ponçadeira, onde os tubos são lixados, e é efetuado o seu acabamento lateral. Para o acabamento dos topos, é utilizada uma lixadeira de topos.
9º Etapa "Escolha"	Após todo o fluxo de produção e de forma a verificar que todos os tubos não tenham sofrido qualquer dano durante a sua fabricação, é feita a segunda escolha manual.
10º Etapa "Contagem"	Após o produto ser revisto manualmente pela segunda vez, este é contado e enviado para a fase final.
11º Etapa "Embalamento"	Depois de todo o processo, o produto é embalado e enviado para o cliente.

2.2. Lean Production

O presente tópico tem como objetivo explicar a filosofia de gestão *Lean Manufacturing*, para tal, foi dividido em diversos subcapítulos. Inicialmente, é feita uma definição do conceito para se entender a filosofia e quais os seus objetivos. Posteriormente, é efetuada uma revisão sobre a sua origem e o seu desenvolvimento ao longo do tempo. De seguida, é realizado um estudo ao sistema de produção que está por de trás do conceito *Lean*, o TPS. Por fim, são descritos os desperdícios *Muda*, *Mura* e *Muri*.

Adicionalmente, são apresentados, de forma cronológica, os conceitos de gestão que, futuramente, levaram à criação da filosofia "*Lean*" ou "*Toyota Production System*" e, posteriormente é apresentada uma visão geral da mesma.

2.2.1. Definição do Lean Manufacturing

É uma abordagem ampla e abrangente que envolve a aplicação de várias práticas de gestão, como *Just-in-time (JIT)*, sistemas de qualidade, formação de equipas, produção celular (organização da produção em células autónomas) e gestão de fornecedores, integrando-as de forma sinérgica [27, 28].

A ideia central por trás do *Lean Manufacturing* é a crença de que todas as práticas trabalham juntas para criar um sistema simplificado e eficiente. Esse sistema tem como objetivo principal a produção de produtos acabados no ritmo da procura do cliente, evitando desperdícios durante o processo [29, 30].

2.2.2. História do Lean Manufacturing

O sistema de produção desenvolvido pela *Toyota*, conhecido como "*Toyota Production System*" (TPS) ou "*Lean Manufacturing*", teve raiz na necessidade de enfrentar os desafios sentidos no Japão, após a Segunda Guerra Mundial [31, 32].

Após o conflito, o Japão estava arrasado, com recursos escassos e uma crescente procura por veículos. A *Toyota*, liderada por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, observou os métodos de produção americanos, como o sistema de produção em massa da *Ford*, Modelo T, mas reconheceu as suas limitações em termos de flexibilidade e eficiência, concluindo assim que o sistema americano não era o mais adequado para o Japão, pois, devido ao seu estado económico, não havia capital para investir em tecnologia e equipamentos modernos [31, 33].

Na década de 1950, Taiichi Ohno e a sua equipa começaram a desenvolver o que se tornaria o *Lean Manufacturing*. Introduziram os conceitos de JIT, que se concentrava na produção do necessário, na quantidade necessária e no momento necessário e Jidoka, que se traduz em "automação com um toque humano" e se refere à capacidade das máquinas de pararem automaticamente quando ocorre um problema, permitindo uma ação imediata [31, 34].

O *Lean Manufacturing* baseia-se em princípios chave, incluindo a eliminação de desperdícios, respeito pelas pessoas, melhoria contínua e foco na qualidade. Os tipos de desperdícios

identificados neste sistema incluem: superprodução, tempo de espera, transporte, processamento, *stock*, movimento e defeitos, e o objetivo é eliminá-los ou reduzi-los ao mínimo, promovendo o envolvimento dos funcionários, incentivando a identificação e solução de problemas no nível operacional.

Esta nova abordagem provou ser altamente eficaz para a *Toyota*, permitindo a produção de carros de alta qualidade com eficiência e flexibilidade que exigiam muito menos reparos [35].

Na década de 1960, a *Toyota* começou a exportar veículos para os Estados Unidos Da América (EUA), espalhando os princípios do *Lean Manufacturing*. Esta abordagem não se limitou à *Toyota* e foi adotada por outras empresas e indústrias em todo o mundo, levando à evolução contínua do sistema [33].

Para compreensão mais clara, este modelo pode ser representado em forma de esquema, como mostra a Figura 8 [36].

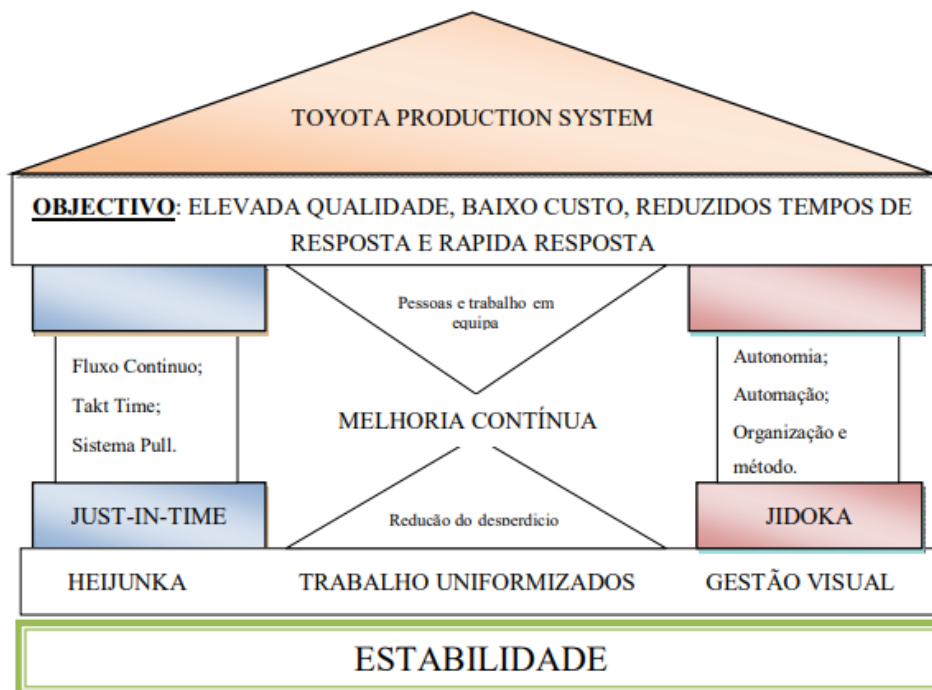


Figura 8 - Estrutura do sistema de produção da Toyota [36].

2.2.3. Kaizen

Desde 1986, quando o livro "*Kaizen: A Chave para o Sucesso Competitivo do Japão*" foi publicado, o termo *Kaizen* passou a ser amplamente reconhecido como um dos principais conceitos de gestão.

Na primeira década do século XXI, à medida que a *Toyota Motor Company* ultrapassou a *General Motors* para se tornar a principal fabricante automóvel do mundo, a percepção da diferença vital desempenhada pelo *Kaizen* no sucesso da *Toyota* também cresceu [37].

“*Kaizen*” é um termo de origem japonesa que se traduz como “melhoria contínua”. É uma filosofia organizacional que coloca ênfase na importância de envolver todos os funcionários, independentemente do seu nível hierárquico, no processo de aprimoramento contínuo. Esta abordagem parte do pressuposto de que devemos constantemente direcionar os nossos esforços para melhorar todos os aspetos da nossa vida quotidiana [38].

Hoje, organizações por todo o mundo, desde fabricantes até hospitais, bancos, desenvolvedores de softwares e governos, fazem a diferença ao adotar filosofias, mentalidades e metodologias *Kaizen*. Embora os nomes dessas estratégias possam ter mudado ao longo das décadas, passando de “melhoria contínua da qualidade” e “gestão da qualidade total” para “*JIT*”, “excelência operacional” ou “Seis Sigma”, as mais bem-sucedidas dessas estratégias permanecem focadas no cliente, orientadas para o “*Gemba*” (local de trabalho) e orientadas pelo *Kaizen* [37].

O *Kaizen* caracteriza-se por promover melhorias que, na sua maioria, são pequenas e subtis. Porém, ao longo do tempo, o seu impacto pode ser significativo e duradouro, com o objetivo de aprimorar constantemente os processos, produtos e serviços, colaboradores e restantes partes interessadas [38].

Vale ressaltar que as práticas deste conceito não estão necessariamente limitadas à gestão japonesa, mas devem ser consideradas como princípios sólidos que podem ser aplicados por gerentes em qualquer lugar. Ao seguir os passos corretos e aplicar adequadamente os processos, qualquer empresa, independentemente da sua nacionalidade, pode se beneficiar do *Kaizen* [37].

Posto isto, a filosofia *Kaizen* baseia-se nos seguintes 5 fundamentos [39, 40]:

- **Criar valor para o cliente:** A prioridade é atender às necessidades do cliente. O valor de um produto ou serviço está relacionado com a diferença entre a utilidade que ele oferece e o preço que o cliente está disposto a pagar. É fundamental garantir uma entrega eficaz do produto em todas as etapas da cadeia de produção. A gestão dos processos no início da cadeia de produção ajuda a prevenir a deteção de problemas em fases subsequentes;
- **Eliminar *MUDA*:** A palavra japonesa “*Muda*” traduz-se como desperdício. A eliminação desse desperdício é o que capacita a empresa a gerar valor, aperfeiçoar os prazos de resposta ao cliente, reduzir recursos financeiros e elevar a qualidade do trabalho. Segundo Taichi Ohno “*Muda*” são “Todas as atividades pelas quais o cliente não está disposto a pagar”;
- **Envolvimento das pessoas:** Quando se procura a melhoria de um conjunto de circunstâncias que prejudicam o progresso adequado de uma organização, é comum procurar responsabilizar aqueles que criaram essas situações. No entanto, esse não é o método mais apropriado;

Adotar esta filosofia significa que os colaboradores não se sentirão culpados, serão mais abertos sobre os erros e contribuirão com sugestões para aprimorar o processo.

- **Presença no Gemba:** A palavra "Gemba" representa o local de trabalho. É nesse ambiente que o valor é efetivamente criado, onde as melhorias nos processos são concebidas e onde os padrões de trabalho são definidos. Estar presente no "Gemba" é de extrema importância, pois é necessário tornar visível a atividade e envolver as pessoas, demonstrando que o que estão a fazer tem significado e utilidade;
- **Gestão Visual:** O facto de que 83% das informações que os seres humanos absorvem são de natureza visual destaca a importância da comunicação visual eficaz. Este princípio pode ser aplicado a uma ampla gama de documentos, como manuais de procedimentos, sinalização e indicadores de desempenho. Tornar os processos e desperdícios visíveis simplifica a gestão, tornando-a intuitiva. Isso, por sua vez, possibilita o aumento da produtividade e a compreensão clara de onde os defeitos ocorrem, permitindo a eliminação das suas causas.

2.2.4. Princípios Lean

Em 1996, James P. Womack e Daniel T. Jones, autores do livro "*Lean Thinking*," identificaram e estabeleceram cinco princípios fundamentais da filosofia *Lean*, que, quando aplicados em conjunto, fornecem uma estrutura eficaz para otimizar operações e melhorar continuamente as organizações. Esses princípios servem como diretrizes para alcançar eficiência, qualidade e, em última instância, a satisfação dos clientes. Os cinco princípios originais são [41-43]:

- **Criar valor:** É importante definir o valor a partir da perspectiva do cliente final, considerando produtos específicos que atendam às suas necessidades a preços específicos e em momentos específicos. Isso implica que as empresas devem se concentrar em entender e atender à procura dos clientes, em vez de priorizar lucros imediatos, estratégias financeiras de curto prazo ou considerações internas. A definição de valor deve ser orientada pela interação direta com os clientes e uma clara compreensão do que é significativo para eles, permitindo que as empresas entreguem produtos e serviços que agreguem valor real;
- **Identificar o fluxo de valor:** O fluxo de valor representa todas as etapas necessárias para criar um produto, identificando três tipos de ações: aquelas que criam valor, as que são necessárias, mas não criam valor, e aquelas que são desnecessárias. Ao mapear e compreender a cadeia de valor, uma organização pode identificar oportunidades de melhoria e reduzir desperdícios;
- **Fluxo:** Este princípio destaca a importância de reorganizar o trabalho de forma a permitir um fluxo contínuo e eficiente das atividades necessárias para criar valor ao produto. Isso implica eliminar etapas desnecessárias, quebrar a mentalidade de organização por departamentos e enfatizar a criação de valor do produto. O desafio reside em superar a intuição de que o trabalho deve ser estruturado em torno de departamentos e, em vez disso, adotar uma abordagem que priorize o fluxo contínuo de valor. Isso requer a redefinição do trabalho, funções e organizações de modo a permitir que todos os elementos do fluxo contribuam positivamente para a criação de

valor. Em resumo, o princípio "fluxo" tem como objetivo otimizar a eficiência e precisão ao organizar o trabalho com base nas necessidades reais do produto, em vez de se ter estruturas departamentais;

- **Sistema Pull:** O sistema "Pull" é um conceito fundamental na filosofia *Lean* e na gestão da produção. Este baseia-se na ideia de que a produção deve ser puxada pela procura do cliente, em oposição ao sistema "Push", onde a produção é impulsionada por previsões de procura. Desta forma, o sistema *Pull* ajuda a reduzir o *stock* não vendido e a garantir que os recursos sejam usados de maneira mais eficaz;
- **Perfeição:** O princípio da "Perfeição" no pensamento *Lean* envolve a procura constante pela melhoria contínua e pela eliminação de desperdícios no processo de criação de valor. Isso ocorre à medida que os quatro princípios iniciais do pensamento *Lean* interagem entre si, criando um círculo virtuoso. Além disso, a transparência no sistema *Lean* permite que todos os envolvidos vejam o processo, proporcionando feedback imediato e positivo para melhorias. A procura pela perfeição envolve a simplificação de tecnologias e conceitos, tornando-os mais eficientes e prontos para implementação. O objetivo é atender às necessidades dos clientes de forma mais eficiente, eliminando o desperdício e, assim, alcançando a perfeição no processo.

O *Lean thinking* reconhece que a perfeição é uma meta inatingível, mas que o progresso constante em direção a ela é fundamental.

Em 2008, a CLT (Comunidade *Lean Thinking*), com base na sua experiência na aplicação dos princípios *Lean* e em pesquisa adicional, propôs a expansão da filosofia *Lean* adicionando dois princípios adicionais [41]:

- **Analisar e caracterizar os Stakeholders:** Este princípio destaca a importância de compreender e atender às necessidades e expectativas de todas as partes interessadas, incluindo clientes, funcionários, fornecedores e a comunidade. Isso ajuda a alinhar as ações da organização com os interesses de todas as partes envolvidas;
- **Inovar sempre:** A inovação contínua é vital para manter a competitividade e a relevância no mercado. Este princípio incentiva as organizações a buscar constantemente novas maneiras de melhorar produtos, serviços e processos.

2.2.5. Desperdícios Muda, Mura e Muri

Desperdício, de acordo com o *Lean*, é um conceito que faz parte de um grupo mais abrangente que se designa pelos três M's (*Mura, Muda e Muri*). Tudo o que não contribui para o valor do produto é classificado como desperdício e identificar e eliminar esses elementos é fundamental para aprimorar a eficiência do sistema produtivo [44].

Muda – referente ao desperdício. Pode ser identificado em atividades que consumam recursos sem acrescentar valor e, portanto, deve ser eliminado ou reduzido [43, 45].

Segundo Ohno (1988), existem sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados [31, 46-48]:

- **Excesso de produção:** este é o pior dos desperdícios, pois acarreta outros tipos de perdas, como o acumular excessivo de *stocks*. Esse desperdício ocorre quando a produção excede a procura do cliente;
- **Tempo de espera:** Diz respeito a cenários nos quais o produto está pronto para ser processado, mas em espera da disponibilidade de recursos, como máquinas, mão de obra, matérias-primas ou informações;
- **Transporte:** Este tipo de desperdício está associado ao fluxo de materiais, desde o fornecedor até ao cliente final. Qualquer movimentação de materiais ou produtos que não contribua para o valor é considerado um desperdício de transporte. Muitas vezes, ocorrem movimentações excessivas devido a um *layout* inadequado, portanto, é crucial planear o *layout* de modo que os produtos percorram a menor distância possível;
- **Processamento inadequado:** Atividades executadas que não são essenciais ou que são conduzidas de maneira pouco eficiente;
- **Movimentação de operações:** A distinção entre este desperdício e o desperdício relacionado ao transporte é o facto de que este tipo se referir às ações dos operadores e equipamentos que não acrescentam valor, em oposição às movimentações de materiais e produtos. Procura por ferramentas, documentos ou materiais, esclarecimento de dúvidas e reabastecimento do próprio posto são exemplos de atividades associadas a esse tipo de desperdício;
- **Produtos defeituosos ou retrabalho:** Defeitos referem-se a falhas no produto que resultam na rejeição total ou exigem retrabalho para corrigir a não conformidade. A produção de produtos com defeitos implica desperdício de materiais, tempo de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, entre outros recursos. Para minimizar o consumo de materiais e tempo, é crucial identificar os defeitos o mais precocemente possível;
- **Stocks:** O acumular de *stocks* ao longo do sistema de produção pode resultar em desperdícios adicionais, tais como defeitos e excesso de transporte, além de ocupar espaço desnecessário.

Mura – relacionado à variabilidade, manifesta-se em várias áreas da empresa quando há irregularidades nas operações, caracterizadas por picos de atividade seguidos por períodos de espera. Pode ser mitigado através da implementação de um fluxo contínuo e da produção apenas do necessário, conforme a procura [45, 49].

Muri – associado à irracionalidade, ocorre quando há sobrecarga tanto nos trabalhadores como nas máquinas, podendo eventualmente resultar na produção de produtos defeituosos. Esta situação pode ser abordada através da padronização de todos os processos e da análise da sua capacidade. Identificar gargalos e pontos passíveis de melhoria permite evitar sobrecargas em setores específicos [45, 49].

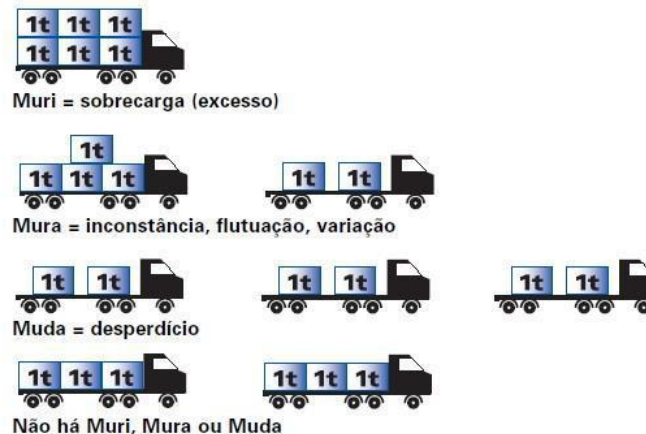


Figura 9 - Esquema representativo dos desperdícios Mura, Muda e Muri [50].

2.3. Ferramentas e metodologias Lean

Nesta secção serão apresentadas ferramentas Lean que se destacam como recursos essenciais para aprimorar a eficiência e eliminar desperdícios, nomeadamente: SMED, JIT, *Jidoka*, *Heijunka*, 5´S e *Kanban*. Originadas no sistema de produção da Toyota, estas ferramentas oferecem soluções práticas para identificar e melhorar processos, visando proporcionar maior valor ao cliente.

2.3.1. SMED

Nos dias de hoje, os princípios do *Lean Manufacturing* são frequentemente aplicados com o intuito de minimizar desperdícios e aprimorar a capacidade de resposta das organizações às procuras dos clientes [51]. Desta forma, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED) emerge como uma metodologia que se concentra na redução dos tempos de preparação, ajustes e trocas de equipamentos, visando principalmente aprimorar a eficiência do processo de *setup*, causado pela necessidade de alterar os produtos em produção [52].

O SMED foi desenvolvido por Shigeo Shingo no TPS e representa uma das ferramentas mais cruciais do *Lean Manufacturing*, englobando um conjunto de técnicas destinadas a reduzir os períodos de paralisação dos equipamentos e aumentar a produtividade [53].

Setup - O processo de *setup* ocorre quando são necessários realizar ajustes nos equipamentos para viabilizar a produção de um produto específico. O tempo de *setup* tem início assim que a última peça aceitável da ordem de produção anterior é concluída e encerra-se quando a primeira peça aceitável da nova ordem de produção é fabricada. Este intervalo de tempo geralmente é dedicado a atividades como limpeza e substituição de peças nos equipamentos, com o propósito de preparar a linha de produção para a fabricação do próximo produto. [54, 55].

A metodologia SMED distingue dois tipos de *setup*: o *setup* externo, composto por tarefas realizadas enquanto o equipamento está em operação e de forma antecipada, com o intuito de otimizar o processo de transição de configuração; e o *setup* interno, englobando as tarefas executadas exclusivamente quando a máquina se encontra inativa. [54, 56].

A implementação do SMED rege-se pelas seguintes etapas [51, 54, 55, 57]:

- **Caracterização do estado atual:** Refere-se à análise da situação atual do processo de mudança de configuração, onde não há distinção entre tarefas internas e externas. Durante esta fase, é essencial monitorar todas as atividades de *setup*, registá-las e cronometrar os tempos de execução;
- **Distinção entre tarefas:** É crucial analisar todas as atividades previamente observadas na primeira etapa com o objetivo de identificar aquelas que são realizadas com o equipamento em funcionamento (tarefas externas) e aquelas que ocorrem com o equipamento parado (tarefas internas). O foco reside em preparar antecipadamente a troca de ferramentas, ou seja, realizar as tarefas que podem ser executadas enquanto a máquina está em operação, em vez de deixá-las para serem realizadas apenas quando a máquina está parada;
- **Transformação de tarefas internas em tarefas externas:** Nesta terceira etapa, o principal objetivo é converter o maior número possível de tarefas internas em tarefas externas, ou seja, iniciar a realização de atividades com o equipamento em funcionamento que, anteriormente, eram executadas com o equipamento parado. Essa transformação das atividades internas em externas resulta numa redução significativa no tempo em que o equipamento fica inativo. Durante esta etapa, a preparação prévia das operações e a subsequente padronização do processo são as técnicas de suporte aplicadas para facilitar essa transição;
- **Redução de tarefas internas:** É crucial concentrar todos os esforços nas tarefas internas, ou seja, aquelas que não puderam ser transformadas em tarefas externas na fase anterior. O objetivo é reduzir os tempos de execução dessas tarefas e, quando possível, eliminar aquelas que não são essenciais. Para alcançar esse propósito, é necessário simplificar e padronizar o processo de mudança de configuração, organizar os espaços de trabalho e posicionar ferramentas e materiais o mais próximo possível dos equipamentos;
- **Redução de tarefas externas:** Na fase final do SMED, é necessário simplificar e diminuir os tempos de execução das tarefas realizadas enquanto o equipamento está em operação. Apesar das tarefas externas não impactarem o tempo de inatividade dos equipamentos, elas podem envolver desperdícios, sendo fundamental aprimorá-las sempre que viável.

Quando bem implementado, o SMED traz diversos benefícios para as organizações, tais como [51, 55]:

- Diminuição dos tempos de *setup*, inatividade dos equipamentos, desperdícios, despesas e períodos de espera;
- Entregas mais rápidas;
- Ampliação da eficiência de produção e disponibilidade dos equipamentos;
- É possível alcançar facilmente reduções de 70% a 90% no tempo de preparação;
- Maior flexibilidade, eficiência e qualidade;
- Possibilita a simplificação e estruturação das tarefas.

2.3.2. Just in Time

Embora se acredite que Henry Ford tenha incorporado alguns conceitos do *JIT* na produção do modelo T, a filosofia completa do *JIT* foi desenvolvida de forma abrangente pela *Toyota*. Inicialmente, o *JIT* foi exclusivamente empregado no Japão até o final da década de 1970, quando as empresas nos EUA começaram a perceber que os seus concorrentes japoneses produziam produtos de maior qualidade a custos menores. Isso levou a delegações de fabricantes dos EUA a visitar fábricas japonesas, onde uma das observações mais marcantes foi a drástica redução nos níveis de *stock* operados pela maioria das fábricas japonesas [58].

Como resultado, o *JIT* foi inicialmente conhecido nos EUA por nomes como "zero inventário" ou "produção sem *Stock*", e também como "*Kanban*", que, como será explicado posteriormente, é apenas um dos componentes para controlar os níveis de produção e *stock* no sistema de fabricação *JIT*.

Com o passar do tempo, à medida que mais pessoas estudavam o *JIT*, ficou claro que este abrangia muito mais do que apenas a gestão de *stocks*, tem como objetivo eliminar atividades que não agregam valor e estabelecer um sistema de produção que seja flexível o suficiente para se adaptar às flutuações da procura dos clientes [59]. Este sistema é fundamentado em conceitos como tempo *takt* (tempo necessário para produzir uma unidade) em comparação com o tempo de ciclo, o fluxo de uma peça, *Pull Production*, *Jidoka*, células de produção em formato de U e a redução de *setup* [37, 58].

Para atingir o sistema *JIT* ideal, é essencial realizar uma série contínua de atividades de *Kaizen* no local de trabalho, visando eliminar tarefas que não acrescentam valor. O *JIT* resulta numa redução significativa de custos, cumprimento de prazos na entrega e num considerável aumento nos lucros da empresa [37].

Kiichiro *Toyota*, o fundador da *Toyota Motor Company*, defendia que, para alcançar sucesso no processo de fabrico de automóveis, é crucial que todas as peças estejam disponíveis na linha de montagem exatamente quando são necessárias. Para alcançar esse objetivo, é essencial aplicar o *JIT* para controlar e estabilizar a produção, minimizar o acúmulo de materiais, eliminar defeitos e assegurar que os produtos sejam entregues pontualmente e conforme as encomendas dos clientes [60].

2.3.3. Jidoka

O *Lean Manufacturing* vai além de apenas eliminar tarefas que não agregam valor aos processos. Também concentra esforços na melhoria da qualidade dos produtos, incorporando o conceito de *Jidoka*. Este conceito é considerado pelo autor como o principal criador da transformação digital das empresas [57].

O *Jidoka* abrange uma série de princípios relacionados ao design de sistemas de automação e o seu propósito fundamental é dotar os equipamentos de "conhecimento humano", permitindo que eles operem e tenham a capacidade de identificar e lidar com anomalias de maneira autónoma. Além disso, o *Jidoka* permite que os operadores supervisionem várias máquinas simultaneamente, otimizando a eficiência e a qualidade do processo produtivo [57, 61].

Os sistemas *Jidoka* geralmente incorporam dispositivos mecânicos conhecidos como "*Poka-Yokes*". Esses dispositivos desempenham um papel crucial na prevenção de defeitos, na detecção imediata quando ocorrem e na notificação dos operadores sobre essas ocorrências, frequentemente por meio de alarmes. Essa abordagem contribui significativamente para a garantia da qualidade do produto e a eficiência dos processos de produção, enquanto alivia a carga de trabalho dos operadores, permitindo que eles se concentrem em tarefas de supervisão mais abrangentes [36, 57].

2.3.4. Heijunka

O *Heijunka* tem uma série de objetivos inter-relacionados. Um deles é equilibrar o volume de produção, ou seja, garantir que a produção seja estável e constante, independentemente das flutuações na procura ou das variações nos tipos de produtos. Além disso, visa harmonizar o *mix* de produção, o que significa que diferentes produtos ou variantes são produzidos em quantidades equilibradas, evitando picos de produção que possam sobrecarregar a capacidade ou criar gargalos [62, 63].

A melhoria da eficiência da produção é outro objetivo importante do *Heijunka*. Ao nivelar a produção, a utilização dos recursos e da mão de obra é otimizada, reduzindo o desperdício e melhorando a eficiência operacional. Isso contribui para uma utilização mais eficaz dos ativos da empresa e, por sua vez, aumenta a sua competitividade no mercado.

No contexto da gestão estratégica, a aplicação do Heijunka é uma ferramenta valiosa para alcançar e manter uma vantagem competitiva. Tanto as empresas tradicionais quanto as emergentes devem reconhecer a importância de aprimorar continuamente os seus métodos de operação e planejamento para permanecerem competitivas num ambiente de negócios em constante evolução [62].

2.3.5. 5´S

As grandes empresas em todo o mundo têm incorporado amplamente o 5´S como uma metodologia de Lean *Manufacturing* para alcançar a excelência devido à sua simplicidade e aplicabilidade fácil [57, 64].

O 5´S, originado no Japão, foi desenvolvido para manter um ambiente de qualidade nas organizações, destacando-se pela sua eficácia na organização dos locais de trabalho, promovendo a eficiência, a eficácia e a segurança dos colaboradores [57, 65]. É uma prática de qualidade simples, porém poderosa, que desempenha um papel crucial na identificação e redução de desperdícios nos locais de trabalho, servindo como ponto de partida essencial para empresas que procuram ser reconhecidas como responsáveis, limpas e organizadas [57, 66].

Esta abordagem adota uma técnica de organização visual que compreende a execução de cinco atividades específicas. O seu propósito é estabelecer uma estação de trabalho que seja propícia para o controlo visual e a adoção de práticas *Lean* [57, 67]. Essas cinco atividades, conhecidas como *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, desempenham papéis distintos e são essenciais para criar um ambiente de trabalho organizado, eficiente e seguro [65, 66, 68, 69]:

Tabela 3 - Definição das cinco atividades da metodologia 5S´.

Etapas	Descrição de cada etapa
SEIRI “Utilização”	Envolve a prática de manter nos postos de trabalho apenas o essencial, removendo tudo o que não é relevante.
SEITON “Organização”	Estabelecer locais designados para cada material, priorizando a proximidade do colaborador para os itens de uso mais frequente.
SEISO “Limpeza”	Realizar a limpeza de equipamentos e áreas de trabalho para identificar possíveis irregularidades.
SEIKUTSU “Normalização”	Padronizar e documentar os procedimentos relativos às três fases anteriores, assegurando que sejam claros e de fácil compreensão.
SHITSUKE “Disciplina”	Assegurar a conformidade com os procedimentos estabelecidos, conduzir auditorias internas regularmente e promover a incorporação da metodologia 5´S como um hábito comum na cultura organizacional.

As organizações extraem diversas vantagens ao incorporar a metodologia 5'S, que se desdobram nos seguintes benefícios [57, 70]:

- Ambiente de trabalho limpo e organizado;
- Responsabilidade e disciplina dos colaboradores;
- Melhoria da segurança e manutenção;
- Maior durabilidade dos equipamentos;
- Redução de desperdícios, tais como, acumulação de materiais, espaço e tempo.

2.3.6. Kanban

Uma das dificuldades enfrentadas pelas organizações é a incapacidade de se adaptar às mudanças, principalmente devido à falta de agilidade e flexibilidade. Nesse contexto, o *Kanban* surge como uma abordagem do *Lean Manufacturing* destinada a superar esse desafio, com o principal objetivo de possibilitar que as empresas respondam às rápidas mudanças do mercado, melhorem a qualidade e minimizem desperdícios [71].

Acredita-se que a origem da técnica *Kanban*, cujo significado é "cartão", possa ter as suas raízes nos supermercados dos EUA. Contudo, alguns autores afirmam que ela evoluiu para se tornar uma ferramenta essencial no contexto do sistema *JIT*, atuando como um sistema *Pull* [72, 73].

Nos sistemas que incorporam o *Kanban*, destaca-se a presença de estações de trabalho com tempos de configuração reduzidos. A partir dessa condição, é possível contemplar a ideia de uma produção "*One-Piece-Flow*", na qual os recipientes de materiais consumidos na etapa subsequente são substituídos por recipientes de materiais produzidos na etapa anterior, seguindo o princípio "*First In, First Out*" (FIFO) [57, 74].

A principal finalidade desta ferramenta reside em minimizar o *stock* de produtos durante as distintas fases do processo, assegurando que a etapa de produção precedente produza apenas aquilo que é necessário pela etapa seguinte e garantindo que os funcionários sejam informados sobre o estado e o movimento dos *stocks*, de forma a agilizar o uso do potencial humano na gestão de *stocks* diretamente na produção [75].

Para compreender como a metodologia *Kanban* opera, é essencial ter conhecimento sobre os seus elementos constituintes, que incluem [76, 57]:

- **Cartões de Movimentação/Transporte:** Portadores de informações sobre o tipo e quantidade de peças que os postos de trabalho a jusante devem retirar dos postos a montante, autorizando assim as transferências de produtos;
- **Cartões de Produção:** Contêm detalhes sobre o tipo e quantidade de peças que os postos de trabalho a montante devem produzir, autorizando a fabricação de um novo lote de peças destinado aos postos a jusante;
- **Contentores:** São recipientes designados para transportar uma quantidade autorizada de peças entre os diferentes postos de trabalho;

- **Área de Entrada:** Local de armazenamento que abastece os centros de trabalho com o material necessário para a produção da peça subsequente;
- **Área de Saída:** Também conhecida como supermercado, é o local onde os contentores com produtos acabados são mantidos até serem requisitados;
- **Área de Retirada:** É o destino dos contentores vazios acompanhados pelos cartões de movimentação, indicando que o posto de trabalho necessita de reabastecimento.



Figura 10 - Representação de um quadro de um sistema Kanban [77].

Como é possível verificar, neste sistema, a operação é baseada em cartões *Kanban*. Quando um determinado posto de trabalho esgota o *stock* de uma peça, o operador leva o cartão correspondente até ao posto responsável pelo fornecimento dessa peça. É importante considerar a presença de um *stock* de segurança, assegurando que o *stock* não se esgote completamente. Em vez disso, atinge-se apenas o nível de *stock* de segurança, o qual garante que o posto de trabalho possui peças suficientes para atender às ordens de produção até receber o fornecimento do posto anterior, solicitado pelo cartão *Kanban* [78, 79].

Os princípios para a correta implementação de sistemas *Kanbans*, são descritos por Hall em 1983, Ohno em 1988, e por Singh e Falkenburg em 1994, como os seguintes [80]:

- Para atingir uma reduzida variabilidade no número de componentes, é necessário um calendário equilibrado para a produção;
- Controlo hierárquico e informação complexa devem ser evitados nas zonas de operação, para que a compressão sobre a ordem de trabalho seja acessível e não comprometa o “*work flow*” dos colaboradores;
- Não deve existir fabrico, rejeição ou exclusão de componentes para outra etapa, sem que estes sejam identificados nos *Kanbans*;
- Os componentes removidos devem ser apenas os necessários a cada etapa;
- Deve ser garantido que componentes com deficiências não são enviados para a etapa seguinte;

Revisão Bibliográfica

- O número de componentes que são movimentados, sejam estes fabricados ou removidos, devem ser coerentes com a exata quantidade de produção requerida.

Introduzir o *Kanban* sem, efetivamente, seguir estas regras não resultará no controlo desejado nem na redução de custos. Uma implementação parcial acarretará significativas perdas sem proporcionar benefícios [31].

Depois de implementar este sistema e se bem implementado, as empresas podem extrair vários benefícios como [57, 71, 81]:

- Redução de *stock*;
- Permissão da gestão visual da produção;
- Otimização do fluxo de materiais;
- Otimização da capacidade de resposta a mudanças;
- Evita superprodução.

3. Métodos e Aplicação

Neste capítulo é apresentada a metodologia efetuada para o desenvolvimento do presente trabalho. Este tem início com a apresentação do produto, assim como as etapas do seu processo produtivo. Por fim, são listados os problemas deste processo, seguidos de propostas de melhoria definidas para cada um destes.

3.1. O produto

Como já referido anteriormente, para a obtenção de resultados práticos da aplicação das ferramentas *Lean* foi estudado o processo produtivo de um produto *standard* da empresa ABC. Este produto tem finalidades variadas, tais como: punhos para canas de pesca, punhos de guarda-chuva e equipamentos de apoio a movimentação de idosos ou pessoas limitadas (bengalas e andarilhos).

Os punhos podem ser fabricados através de cortiça natural ou compósitos de cortiça com borracha, de forma a dar-lhes cor e aparências mais criativas e diferenciadas.



Figura 11 - Punhos de cortiça.

Para a elaboração do presente estudo, foram utilizados tubos resultantes da junção de 25 discos de 13mm de espessura e 32mm de diâmetro, resultando assim num produto final de 325mm de comprimento e 32mm de diâmetro. O processo produtivo para este tubo é semelhante para outros tubos de diferentes dimensões, o que difere é a quantidade de discos necessários à colagem.

3.1.1. Etapas do processo produtivo

A Figura 12 apresenta as etapas do processo produtivo em estudo.

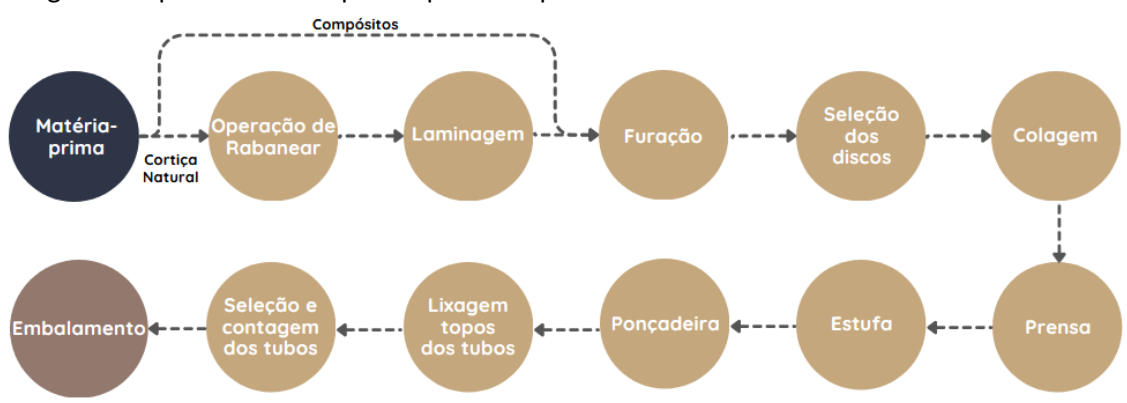


Figura 12 - Fluxo produtivo dos tubos de cortiça.

Na Figura 13 é possível observar o Layout da empresa.

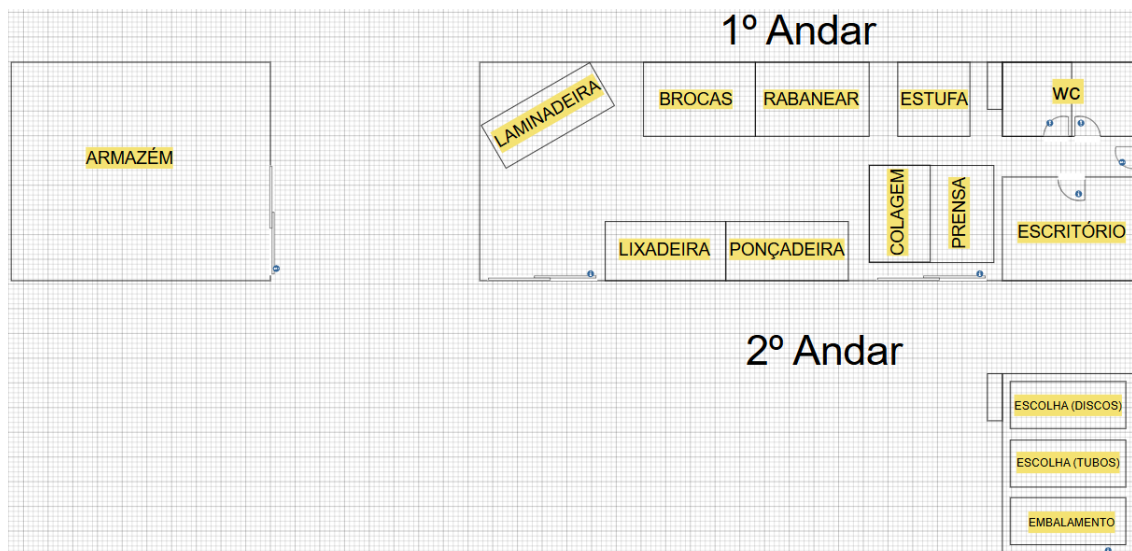


Figura 13 - Layout da empresa ABC.

A produção dos punhos em cortiça natural inicia-se com o processo de rabanear a matéria-prima em bruto. Este é realizado numa rabaneadeira, composta por uma faca circular, onde as placas de cortiça são cortadas em tiras, por forma a facilitar o seu manuseamento e diminuir desperdícios de matéria-prima.



Figura 14 - (A) Operação de rabanear; (B) Tiras de cortiça.

Após esta etapa, as tiras de cortiça ainda se encontram com costa e barriga, partes indesejadas e desprezíveis, uma vez que deixam os punhos com uma pior aparência. Assim sendo, é necessário executar uma laminagem, de forma a obter uma tira lisa e sem as camadas superficiais da cortiça. Para isso é utilizada uma laminadora com duas facas circulares.



Figura 15 - (A) Operação de Laminagem; (B) Tiras de cortiça sem costa.

Como referido anteriormente, é possível utilizar como matéria-prima cortiça natural ou compósitos. Os seus processos produtivos são muito semelhantes, o que os distingue é o facto de os compósitos serem fornecidos já em forma de placas laminadas para a empresa ABC. Desta

Métodos e Aplicação

forma, para esta matéria-prima, as etapas de rabanear e laminagem não são efetuadas na empresa.

Uma vez obtidas as tiras laminadas, a cortiça está pronta a ser trabalhada, dando início à fase de produção de discos. Estes são obtidos pelo processo de furação, numa broca a pedal, com especificações consoantes o pedido do cliente. Ao contrário das rolhas, a produção dos discos é dada no sentido costa-barriga ou vice-versa, mas nunca no sentido lateral.



Figura 16 - (A) Operação de furação; (B) Discos de cortiça.

Dado que a cortiça é uma matéria natural, não é possível prever que todos os discos sejam da mesma qualidade, mesmo que estes tenham sido produzidos através da mesma tira de cortiça, logo, nem todos os discos servem para a produção do produto final.

Por conseguinte, terminada a etapa de furação, segue-se a etapa de controlo de qualidade dos discos, por forma a atender às necessidades do cliente. Sendo o mercado da empresa ABC um mercado muito meticoloso relativamente às medições e qualidades dos produtos finais, a seleção dos discos é realizada manualmente.



Figura 17 – (A) Operação de escolha dos discos; (B) Discos de diferentes qualidades.

Após a seleção, os discos passam por um processo de colagem. Este processo também depende muito das especificações do cliente, pois é possível a produção de tubos com comprimentos variados.

É de destacar que, até à fase de acabamento, estes tubos são assim designados e apenas após a segunda fase de controlo são designados de “punhos”.

Assim que colados, os tubos são colocados em moldes na prensa, passando por um processo de compressão, para que a colagem seja feita corretamente, isto é, sem que haja deslize de discos.



Figura 18 - (A) Colagem dos discos; (B) Tubos na prensa.

Naturalmente, os tubos necessitam de secar após o processo de colagem. Para isso, são colocados numa estufa a 50°C por um período de 3 horas, tempo que permite a sua secagem completa.



Figura 19 – (A) Estufa; (B) Secagem de tubos na estufa.

Após as 3 horas de secagem, segue-se a fase de acabamento. Para o acabamento da zona lateral dos tubos, é utilizada uma ponçadeira para a realização da lixagem. Por outro lado, para o acabamento dos topos, a lixagem é efetuada utilizando uma lixadeira com uma lixa para madeira, de óxido de alumínio e com número de grão de 80.



Figura 20 - (A) Ponçadeira; (B) Tubos depois da lixagem lateral.



Figura 21 - (A) Lixadeira; (B) Topo não lixados; (C) Topos lixados.

Finalizado o processo de acabamento, os tubos estão prontos a serem revistos e novamente escolhidos manualmente, de forma a garantir que nenhum tubo tenha sofrido qualquer dano durante a sua produção, como ilustram a Figura 22 e Figura 23 .



Figura 22 – Operação de escolha de tubos.



Figura 23 – Tubo defeituoso identificado.

Uma vez já produzidos os punhos, estes são então contados, finalizando a encomenda do cliente e permitindo seguir para a fase de embalamento. Nesta etapa, os punhos são embalados da forma mais segura possível e enviados para o cliente.



Figura 24 - Encomendas embaladas.

Excepcionalmente, conforme as especificações dos clientes, estes punhos podem necessitar de um furo central ou mudanças de forma, com o objetivo de os tornar mais ergonómicos. Para tal, ao processo produtivo, seguida da etapa de seleção e contagem dos tubos, são acrescentadas as etapas de furação e torneamento.

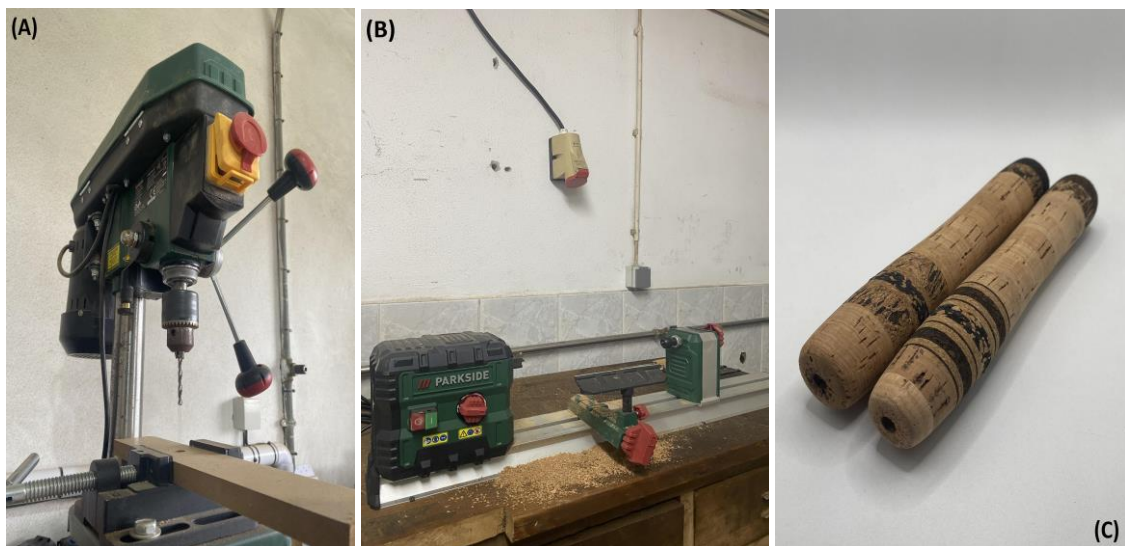


Figura 25 - (A) Broca; (B) Torno; (C) Tubo ergonómico.

3.2. Identificação de problemas no processo produtivo

Nos dias de hoje, os processos produtivos representam o principal foco para o funcionamento eficiente das organizações e se estes tiverem insuficiências podem colocar em causa o eficiente funcionamento da empresa.

Ao longo do estudo da produção dos punhos, foram notados alguns problemas de elevada importância e impacto não só no setor da fabricação, mas também noutros aspetos dentro e fora da organização como a qualidade do produto, prazos de entrega, custos, produtividade, segurança, sustentabilidade e relações com fornecedores e parceiros. Estes serão abordados adiante e estão relacionados com:

- Má organização do armazém de placas de compósitos;
- Ausência de sistema de codificação para rastreabilidade dos produtos;
- Falta de software de gestão visual;
- Falta de controlo na cadencia do processo produtivo.

3.2.1. Armazenamento de placas de compósitos

O primeiro problema detetado no estudo deste processo produtivo foi a organização das placas de compósitos em armazém. Este foi detetado por inspeção visual, pois as placas encontravam-se dispostas no chão do armazém e muitas vezes sobrepostas umas às outras.

Devido a esta disposição de material, surgiam dificuldades em saber que tipos de placas estavam esgotados ou prestes a esgotar, chegando ao ponto crítico de ser necessário encomendar placas ao fornecedor para poder satisfazer encomendas já efetuadas e que, evidentemente, iriam ser enviadas com atraso, pois o fornecedor também necessita do seu tempo de produção.



Figura 26 - Armazém de placas de compósitos.

3.2.2. Ausência de sistema de codificação para rastreabilidade dos produtos

Embora com o espaço devidamente arrumado, foi possível notar que o problema de *stock* das placas não iria ser totalmente solucionado, pois a empresa não contava com nenhum tipo de controlo de armazém.

A ausência de um sistema de codificação para a rastreabilidade no armazém de uma empresa representa um desafio significativo em termos de gestão e eficiência operacional. A rastreabilidade é crucial para garantir que cada placa de cortiça possa ser identificada e localizada ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

Primeiramente, a falta de rastreabilidade dificulta o controlo de *stock*, tornando complexa a tarefa de localizar rapidamente placas específicas. Tal pode originar atrasos na produção e no atendimento aos clientes.

Além disso, a ausência de um sistema de codificação impede a manutenção de um registo preciso de entradas e saídas de mercadorias, o que pode levar a inconsistências nos inventários e na contabilidade.

Sem essa rastreabilidade, identificar e isolar lotes defeituosos e investigar a origem de falhas ou defeitos torna-se um desafio. Por consequência, não só a qualidade dos produtos entregues aos clientes fica comprometida, como também a reputação da empresa no mercado pode ser afetada.

3.2.3. Falta de software de gestão visual

Num ambiente de negócios cada vez mais competitivo e dinâmico, a eficiência operacional e a comunicação clara são cruciais para o sucesso organizacional. No setor de cortiça, onde a precisão e a qualidade são fundamentais, a ausência de uma gestão visual eficaz pode resultar em desperdícios, baixa produtividade e problemas de qualidade.

Um dos graves problemas identificados na empresa ABC, foi a escassez de membros capazes de falar o idioma inglês, mesmo contando apenas com o básico desse idioma. Isto torna-se um problema de nível elevado para esta organização visto que o seu foco principal é a exportação logo a maior parte dos seus clientes necessitam de comunicar em inglês e muitas das vezes com sistemas de medidas diferentes, por exemplo polegadas.

Este problema traduzia-se em várias dificuldades no processo produtivo pois, devido à falta de comunicação, havia confusão relacionada às medidas solicitadas pelos clientes ou até mesmo, por vezes, ao produto necessitado pelos clientes.

De igual forma, foi possível verificar que a empresa ABC não tinha qualquer tipo de controlo de gestão visual, desta forma a rastreabilidade dos produtos torna-se um desafio, o que pode originar diversos problemas, tais como:

- **Dificuldade na identificação de problemas:** Pode ser difícil identificar a origem de problemas de qualidade ou defeitos em produtos acabados;
- **Recalls não eficientes:** Em caso de *recall* de produtos devido a questões de qualidade, a falta de rastreabilidade pode tornar o processo de identificação dos produtos afetados lento e impreciso.
- **Dificuldade em gerenciar riscos:** A falta de rastreabilidade dificulta a identificação e a gestão de riscos ao longo da cadeia de abastecimento. Isso pode aumentar a exposição a riscos relacionados com a qualidade.

Para além desses problemas relacionados com a rastreabilidade dos produtos, a falta do *software* de gestão visual leva a que outros problemas diários se tornem reais, tais como:

- **Desorganização:** Sem uma representação visual clara das informações, os processos, tarefas e prioridades podem se tornar confusos. Isso pode levar a erros, retrabalho e atrasos nas entregas.
- **Tomada de decisão:** A falta de representações visuais claras pode dificultar a tomada de decisões informadas e baseadas em dados. Isso pode levar a escolhas prejudiciais para a organização.
- **Falta de envolvimento de funcionários:** A gestão visual pode ajudar a envolver os funcionários, fornecendo uma representação visual clara dos objetivos, progresso e desafios da organização. Sem isso, os funcionários podem se sentir desmotivados.

A implementação de um sistema de gestão visual eficaz pode transformar esta situação. Ferramentas visuais, como quadros de gestão à vista, sistemas de alerta visual e gráficos de desempenho, podem proporcionar uma visão clara e instantânea do *status* das operações. Isso

não só ajuda a identificar e resolver problemas rapidamente, mas também promove uma cultura de transparência e responsabilidade. Quando todos os colaboradores têm acesso a informações relevantes e atualizadas de forma visual e intuitiva, a comunicação melhora, a colaboração aumenta e os processos se tornam mais eficientes.

Com a implementação adequada dessas ferramentas, espera-se uma redução significativa nos desperdícios, uma melhoria na qualidade dos produtos e um aumento na produtividade. Além disso, a gestão visual pode contribuir para um ambiente de trabalho mais envolvente e motivador, onde todos os colaboradores se sintam parte integrante do processo de melhoria contínua.

3.2.4. Falta de controlo na cadencia do processo produtivo

A cadência de produção é fundamental para garantir a eficiência e a fluidez das operações, além de assegurar que os produtos sejam fabricados e entregues dentro dos prazos estipulados. Quando não há um controlo adequado sobre essa cadência, a empresa enfrenta uma série de problemas que comprometem a sua competitividade e sustentabilidade no mercado.

A falta de controlo na cadência do processo produtivo pode resultar em desequilíbrios no processo de produção, causando períodos de inatividade ou sobrecarga dos recursos. Consequentemente, não só a eficiência operacional diminui, como também pode ocorrer um aumento dos custos de produção, já que os recursos humanos e materiais não são utilizados de maneira otimizada. Em situações de sobrecarga, a qualidade dos produtos pode ser comprometida devido à pressão por cumprir prazos, enquanto a inatividade conduz a um desperdício da capacidade produtiva.

Adicionalmente, a ausência de um controlo rigoroso sobre a cadência de produção impacta negativamente a gestão de stocks. A ausência de um ritmo previsível e controlado dificulta a sincronização da produção com a procura do mercado, o que pode resultar em excesso de inventário ou em escassez de produtos acabados.

Após análise, verificou-se que existia *stock* intermédio entre as operações “Secagem” e “Acabamento”.

O facto da estufa ter uma capacidade de secagem de pequenos lotes de tubos e o processo de acabamento ser realizado manualmente e individualmente para cada tubo, gera um atraso da operação de acabamento, comparativamente com o tempo de produção da operação de secagem. Por consequência, é originado *stock* intermédio indesejado entre estes dois postos de trabalho que, habitualmente, fica em espera, no mínimo, cerca de 5 minutos até ser requisitado.

3.3. Propostas de melhoria para os problemas

Face aos problemas mencionados anteriormente, foram elaboradas diversas propostas de melhoria, que serão abordadas de seguida, tais como:

- Organização das placas de compósitos;

- Sistema de controlo do nível de stock das placas de compósitos;
- Sistema de gestão visual Trello;
- Definição dos fundamentos de aplicação da metodologia Kanban.

3.3.1. Organização das placas de compósitos

Com vista à aplicação da metodologia 5S, a primeira abordagem inclui uma melhoria da disposição do armazém através da adoção de um sistema de arrumação e organização das placas, procurando obter uma disposição mais limpa e perfeitamente visível de todas estas.

Para tal, foi planeada e projetada uma estante modelo, de forma que placas com cores e tamanhos diferentes estivessem devidamente separadas, com o intuito de evitar a confusão visual anteriormente sentida.

Além disso, a projeção desta estante veio facilitar o acesso ao material com maior segurança para os trabalhadores, pois uma vez que as placas se encontravam no chão, havia o risco de lesões musculares, principalmente na zona lombar e costas, ocorrerem nos trabalhadores.

3.3.2. Criação de um sistema de codificação para o stock das placas de compósitos

Com as placas devidamente arrumadas e visíveis, é ainda crucial garantir que o *stock* das mesmas é devidamente controlado, garantindo que não termina, pelo menos sem que haja alguma notificação ou aviso.

Os sistemas de identificação automática são altamente valorizados pela precisão com que reúnem informações, minimizando erros, e pela rapidez com que disponibilizam esses dados em qualquer situação. Não só na Europa, mas em todo o mundo, prevalecem as normas *European Article Numbering* (EAN), como os códigos EAN-13, EAN-14 e EAN- 18 [82].

Um código EAN é composto pelos dígitos do país, dígitos do fabricante, dígitos de designação do produto e dígito verificador [82, 83].

A literatura existente destes sistemas explora diversas aplicações dos códigos de barras em diferentes setores, como bibliotecas, hospitais, supermercados, entre outros, destacando a importância e a versatilidade dessa tecnologia no gerenciamento de informações e rastreamento de produtos [83].

O desenvolvimento desta proposta de melhoria passou pela aplicação de um sistema de codificação no armazém, de forma que, com apoio de uma pistola *scan*, um computador e um ficheiro *Excel*, fosse possível saber exatamente a quantidade de placas no armazém em tempo real.

3.3.3. Sistema de gestão visual Trello

O Trello é uma plataforma de gestão de projetos baseada em quadros, que adota uma abordagem visual e intuitiva para o planejamento e execução de tarefas. No fim do ano 2013, o Trello rapidamente se tornou numa escolha popular para equipas de todos os tamanhos e setores, desde *startups* ágeis até grandes corporações [84].

A essência do Trello reside na sua simplicidade e flexibilidade. Com uma interface intuitiva e amigável, os usuários podem criar quadros personalizados para os seus projetos, organizar tarefas em listas e acompanhar o progresso de forma visual através de cartões. Esses cartões podem conter informações detalhadas, atribuições, datas de validade e muito mais, oferecendo uma visão abrangente do status de cada item [85].

Além disso, o Trello oferece uma variedade de recursos poderosos, como integrações com outras ferramentas populares e a capacidade de colaboração em tempo real. Essas funcionalidades tornam o Trello uma escolha versátil para uma ampla gama de casos de uso, desde o gerenciamento de projetos de software até o planejamento de eventos familiares [84], [85].

Este *software* é utilizado pelo laboratório de produção e sistemas do DEM. A sua aplicação no presente trabalho, não só possibilitou a pesquisas de trabalhos existentes no laboratório, como também permitiu a resolução do problema de gestão visual.

3.3.4. Aplicação da filosofia Kanban através da gestão de tempos e métodos

Como referido anteriormente no capítulo 2, a filosofia Kanban é um mecanismo para gerir sistemas de produção que utilizam um sistema “pull”. Nesse tipo de sistema, cada posto de trabalho só deve produzir o que é solicitado pelo posto seguinte no fluxo de produção, ou seja, cada posto só produz quando recebe um pedido da estação imediatamente seguinte, e assim por diante, conforme ilustrado na figura abaixo. O sistema Kanban, portanto, está associado a um mecanismo que comunica as necessidades da estação seguinte para a estação anterior.

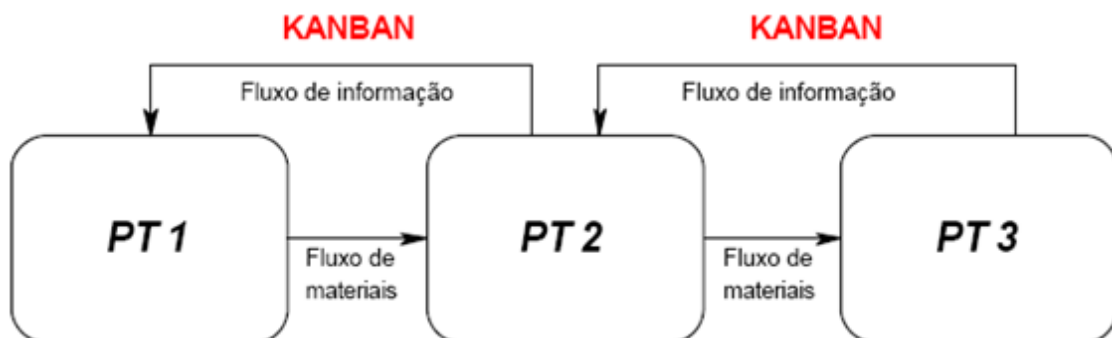


Figura 27 – Fluxo num sistema Kanban[86].

A sequência de produção apresentada possui um fluxo unidirecional de materiais, indo da esquerda para a direita (desde a transformação e preparação da matéria-prima até o produto final). No sentido oposto, há um fluxo de informações que supervisiona o fluxo de materiais.

Logo, conclui-se que o sistema Kanban consiste em sobrepor ao fluxo de materiais um fluxo inverso de informação.

Para melhor compreensão do exemplo a seguir, é necessário notar que o cartão Kanban de produção é utilizado para autorizar e sinalizar a produção de um determinado item ou componente. Ele é acionado quando há necessidade de reabastecer um item que está em baixo *stock*.

O cartão Kanban de transporte é utilizado para autorizar e sinalizar a movimentação de materiais ou componentes de um posto de trabalho para o outro dentro do processo produtivo ou entre diferentes unidades de produção.

À primeira vista, o sistema Kanban parece simples, tanto no funcionamento como na compreensão. Contudo, é difícil a sua implementação de forma a se alcançar o êxito. A Figura 28 explica o que acontece entre dois postos de trabalho consecutivos com a aplicação do sistema Kanban.

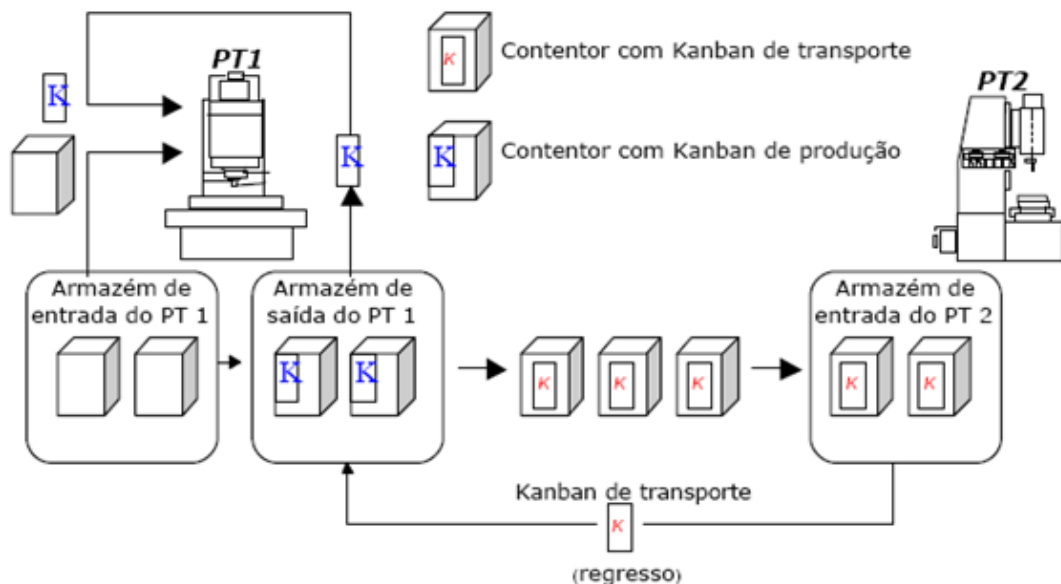


Figura 28 - Percursos do Kanban de transporte e do Kanban de produção[86].

O posto de trabalho PT2 consome as peças fabricadas pelo posto de trabalho PT1. No instante em que o posto de trabalho PT2 inicia o fabrico de um contêntor de peças, é lhe retirado o cartão Kanban de transporte e este é enviado para o PT1, dando assim autorização para que um novo contêntor seja transportado de PT1 para PT2. Quando um contêntor abandona o posto de trabalho PT1, liberta um cartão Kanban de produção que dá autorização para que um novo contêntor de peças seja produzido em PT1. De notar que, para tal acontecer, é necessário que haja contêntores de peças no armazém de entrada de PT1 vindos do posto de trabalho a montante.

A implementação destes cartões Kanban no controlo do processo produtivo possibilita aos operadores conhecerem as quantidades necessárias a serem produzidas, evitando assim o excesso de *stock* e eliminando movimentações desnecessárias de materiais.

Desta forma, estes cartões possibilitam a redução de inventário, que se reflete numa maior facilidade de contabilização, maior espaço físico desocupado entre postos de trabalho, uma maior facilidade de gestão do inventário e uma reação mais rápida a alterações.

Numa empresa que utilize o sistema Kanban, é igualmente frequente verificar melhor serviço aos clientes, que se traduz numa diminuição dos prazos de entrega.

Para se gerir um fluxo de produtos pelo método Kanban, é necessária uma grande fluidez no escoamento dos produtos. Como tal, dever-se-ão impor um conjunto de alterações estratégicas, organizacionais e tecnológicas para o sucesso da aplicação do sistema Kanban para o bom funcionamento do *JIT*, entre as quais se destacam:

- Necessidade de uma boa implantação (*Layout*) dos postos de trabalho;
- Necessidade de tempos de preparação de máquinas curtos;
- Necessidade da polivalência dos colaboradores através de formação;
- Os operadores terão de ser capazes de mudar de posto de trabalho e executar afinações ou operações de manutenção quando necessário;

O número de Kanbans emitidos para circulação é importante, pois desse número depende o nível de inventário esperado. Grande número de Kanbans implica níveis altos de existências e consequentes maiores custos. Por outro lado, baixo número de Kanbans pode trazer problemas de quebra na fluidez da produção. O número de Kanbans deve ser tal que permita a satisfação da procura durante o prazo de entrega mais uma quantidade de segurança. Assim vem que:

$$K = \frac{D \times L + W}{C}$$

Equação 1 - Fórmula para cálculo do número de Kanbans.

Onde:

D = Procura média por unidade de tempo - é calculada por unidade de tempo, por parte do posto de trabalho a jusante do posto de trabalho em causa;

L = *Lead time* – tempo para um contentor dar uma volta entre os dois postos de trabalho;

W = Quantidade de segurança – geralmente na ordem dos 10% da procura média durante o prazo de entrega;

C = Capacidade de um contentor – usualmente não mais que 10% da procura diária.

O número de Kanbans representa o número de contentores que deverão ser cheios e, naturalmente, consumidos. Num sistema em que temos Kanbans de produção e de transporte, o número total de Kanbans é igual à soma destes dois, que não serão necessariamente iguais.

Para a aplicação desta filosofia, devem ser desenvolvidos cartões Kanban de “*transporte*”, adaptando-os às necessidades e simplificando o processo de reposição. Estes cartões devem conter as seguintes informações:

- **Localização:** O local de onde o produto deve ser retirado;

Métodos e Aplicação

- **Produto:** A descrição do produto a ser retirado para identificação por parte do funcionário;
- **Quantidade:** A quantidade de itens que são colocados num único contentor;
- **Destino:** O processo subsequente ou armazém para o qual o produto deve ser levado;
- **Transporte:** Tipo de transporte utilizado na atividade.

Os cartões Kanban de produção devem incluir todas as informações essenciais para o funcionamento eficaz do sistema, nomeadamente:

- **Linha:** Nome do processo de produção à qual pertence o cartão;
- **Produto:** A descrição do produto a ser retirado para identificação por parte do funcionário;
- **Quantidade:** A quantidade de itens que são colocados num único contentor;
- **Localização Processo:** Localização do produto no processo produtivo;
- **Localização Armazém:** Localização do produto no armazém, para uma procura rápida e diminuição da probabilidade de erro.

Estes cartões devem conter a localização em armazém do produto, para que, em caso de *stock* intermédio, se possa colocar o endereço de armazenamento do produto.

Um quadro de nivelamento referente aos postos de trabalho onde é implementado o Kanban deve estar exposto e visível para todos os colaboradores, num local onde estes possam consultar e interagir com os cartões, de forma que todos os membros da empresa tenham conhecimento das necessidades de cada posto.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos das propostas de melhoria sugeridas para cada problema identificado no processo produtivo. Para avaliação da coerência destes, foi efetuada uma comparação entre os estados iniciais e finais, isto é, antes e após a implementação de cada ferramenta.

4.1. Apresentação de resultados

Na Tabela 4 podemos observar os problemas identificados, as propostas de melhoria correspondentes e os resultados expectáveis após a aplicação dessas mesmas melhorias.

Tabela 4 - Problemas identificados, respetivas propostas de melhoria e resultados expectáveis.

Problemas Identificados	Propostas de melhoria	Resultados expectáveis
Má organização do armazém de placas de compósitos.	Aplicação de 5'S: projeção de uma estante e organização do espaço.	<ul style="list-style-type: none">• Melhor organização do espaço;• Redução do tempo de reposição.
Ausência de sistema de codificação para rastreabilidade dos produtos.	Aplicação de um sistema de codificação de armazém.	<ul style="list-style-type: none">• Redução do tempo de reposição.• Redução de ruturas de stock
Falta de rastreabilidade do produto; Problemas de comunicação e interpretação de informação.	Aplicação de um software de gestão visual.	<ul style="list-style-type: none">• Compreensão de todos os postos de trabalho por parte dos funcionários;• Controlo dos níveis de stock;• Controlo da qualidade do produto.• Comunicação clara para todos os colaboradores
Falta de controlo na cadencia do processo produtivo; Stock intermédio.	Aplicação de Kanban	<ul style="list-style-type: none">• Diminuição de tempos de espera;• Redução de stocks intermédios;• Minimização de estrangulamentos

4.1.1. Resultados da organização do armazém

Para a projeção da estante, teve-se em conta as dimensões do armazém e das placas. O armazém conta com 2,40 metros de altura e 7 metros de comprimento, cada placa tem as dimensões de 93.5mm por 57mm, podendo a espessura ser de 6,5mm ou 13mm. Desta forma, o armazém é totalmente capaz de acolher 8 estantes de 5 prateleiras com dimensões de 97mm por 60mm, cada uma capaz de suportar 10 placas de 13mm ou 20 placas de 6,5mm.

Para facilitar o acesso às placas, as prateleiras estão separadas por cerca de 300mm, ou seja, o dobro da soma da altura de todas as placas por prateleira.

Assim, a estante conta com dimensões finais de 970mm por 600mm e 2000mm de altura.

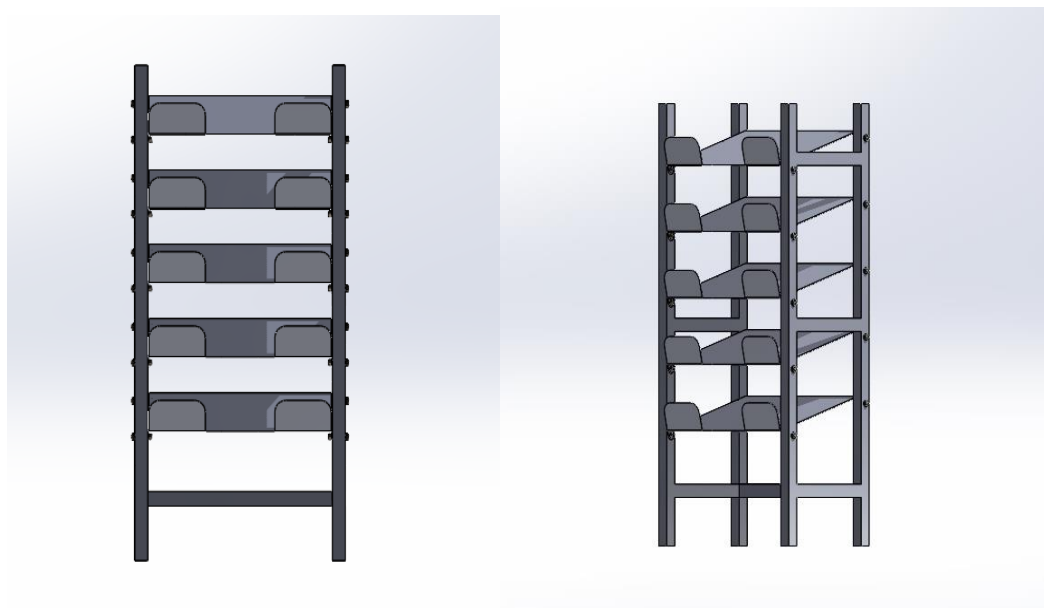


Figura 29 – Vistas frontal e lateral da estante projetada.

De forma que fosse seguro e prático o acesso a todas as placas, inclusive às que se encontram nas prateleiras mais altas, as prateleiras estão dispostas com 15º face ao solo.

Foi ainda adicionado a cada uma das prateleiras 1 par de batentes, não só para eliminação do risco de deslizamento das placas devido ao grau de inclinação destas, como também para futura designação do produto através de etiquetas e respetivos códigos de barras, tópico que será mencionado mais adiante.

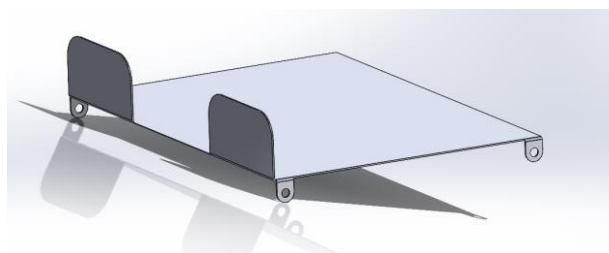


Figura 30 - Prateleira da estante projetada.

Uma vez que, habitualmente, as placas são usadas uma a uma, os batentes estão separados. Isto facilita o acesso e contagem das placas.

Relativamente à colocação e disposição das placas na estante, por forma a eliminar o problema mencionado anteriormente relacionado com as lesões musculares que cada trabalhador está sujeito, teve-se em conta a altura da última prateleira ser cerca de 520mm e não junto ao solo. Além disso, para uma maior segurança e melhor acesso, as placas mais pesadas, nomeadamente as de 13mm, deverão ser colocadas nestas respetivas prateleiras.



Figura 31 - Simulação de uma estante no armazém.





No Apêndice A, encontram-se as figuras 1A e 1B, correspondentes aos desenhos 2D das estantes e das prateleiras, com todas as medidas definidas.

4.1.2. Resultados da aplicação do sistema de codificação

Numa primeira fase, foi elaborada uma folha do ficheiro *Excel* com diversos códigos de barras criados, utilizando o sistema EAN-13, devido a este ser o sistema mais comum e solucionar perfeitamente o problema. Cada código está associado a cada tipo de placas que são fabricadas, por forma a facilitar a sua distinção.

A Tabela 5 ilustra a folha de Excel mencionada, para a construção de quatro códigos de barras, no Apêndice B encontram-se as folhas de Excel completas (Figuras: 2B,3B,4B e 5B).

Tabela 5 - Folha de Excel para criação dos códigos.

Nome das placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito Verificador	Código	Código de barras
W+B	560	32615	1	1	-	01	5	56032615111015	
W+B	560	32615	1	-	0	01	8	5603261510018	
B+W	560	32615	1	1	-	02	2	5603261511022	
B+W	560	32615	1	-	0	02	5	5603261510025	

Para a ordenação dos dígitos de cada código de barras, teve-se em conta os seguintes fatores:

- País de Origem;
- Fabricante;
- Designação do produto;
- Dígito verificador.

Como o país de origem das placas é o mesmo para todas, os dígitos para o fator “País de origem” são os mesmos, nomeadamente “560”, prefixo associado a Portugal.

Relativamente ao fator “Fabricante”, são necessários cinco dígitos que indiquem o fornecedor desse material. Assim sendo, por razões internas da empresa ABC, os dígitos associados a este fornecedor são “32615”.

O fator “Designação do produto” foi dividido e tratado de diferentes formas, tendo em conta: o tipo de produto, dimensões e tipo de placas. Como os produtos a serem estudados para esta proposta de melhoria são apenas placas de compósitos, o tópico “Tipo de produto” não varia, necessitando apenas de um dígito para a sua designação.

Uma vez que as placas podem variar entre duas medidas, 13mm e 6mm, foi estipulado que todas as placas de compósitos com a dimensão de 13mm teriam o dígito “1” após o dígito do tópico “Tipo de produto” e as placas com a dimensão de 6mm teriam o dígito “0”.

Para finalizar o fator “Designação do produto”, resta ainda designar o tipo de placa. Dado que estas variam consoante as suas cores e feitios, existem diversos tipos de diferentes nomes. Assim sendo, com o intuito de simplificar a sua identificação e associação, a cada nome de placa

foram associados dois dígitos, pensando no futuro da empresa, uma vez que poderá ser possível produzir mais do que 10 tipos de placas.

Resumidamente, o fator “Designação do produto” acaba por ter quatro dígitos, cada um associado a cada vertente mencionada anteriormente.

Para finalizar o código, é necessário o “Dígito verificador”. Este trata-se de um dígito responsável pela verificação da viabilidade e exclusividade de cada código. Para isso, foi utilizado uma calculadora de dígito verificador *online* que gera dígitos verificadores conforme a disposição do resto do código.

Este dígito é calculado da seguinte forma:

1. Multiplicam-se os dígitos do código por “1” por “3”, em sequência repetitiva de “1” e “3”;
2. Somam-se os resultados dessas multiplicações;
3. O valor total da soma das multiplicações é dividido por “10”;
4. O resultado da divisão deve ser arredondado para que seja um número inteiro, arredondado por defeito (para baixo);
5. É somado “1” ao valor arredondado;
6. Multiplica-se o resultado dessa soma por “10”;
7. Subtrai-se a esse resultado o mesmo valor obtido na etapa 2, ou seja, o da soma inicial das multiplicações;
8. Caso o resultado do número verificador dê “10”, então o valor utilizado é “0”.

As tabelas seguintes, Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8 representam a verificação da viabilidade de um código exemplo através da formulação de um dos dígitos verificadores, seguindo os passos anteriormente explicados. Para tal, foi utilizado como exemplo o código “5603261510018”, cujo dígito verificador é “8”.



Figura 32 - Código de barras a ser estudado.

Tabela 6 - Primeira etapa da criação do dígito verificador.

Código de barras	Multiplicação de todos os valores por 1 e 3 sequencialmente
5603261510018	5x1=5
	6x3=18
	0x1=0
	3x3=9
	2x1=2
	6x3=18
	1x1=1
	5x3=15
	1x1=1
	0x3=0
	0x1=0
	1x3=3

Tabela 7 - Segunda, terceira, quarta e quinta etapas da criação do dígito verificador.

Soma das multiplicações	Divisão por 10	Arredondamento	Somar 1
72	$72/10=7,2$	7	$7+1=8$

Tabela 8 - Sexta, sétima e oitava etapas da criação do dígito verificador.

Multiplicar por 10	Subtração de 72	Código final
$8 \times 10 = 80$	$80 - 72 = 8$	5603261510018

A empresa disponibiliza de uma impressora para a impressão de etiquetas com os códigos de barras, uma pistola *scan* para efetuar a leitura destes e um computador para o seguimento do *stock* de cada placa.

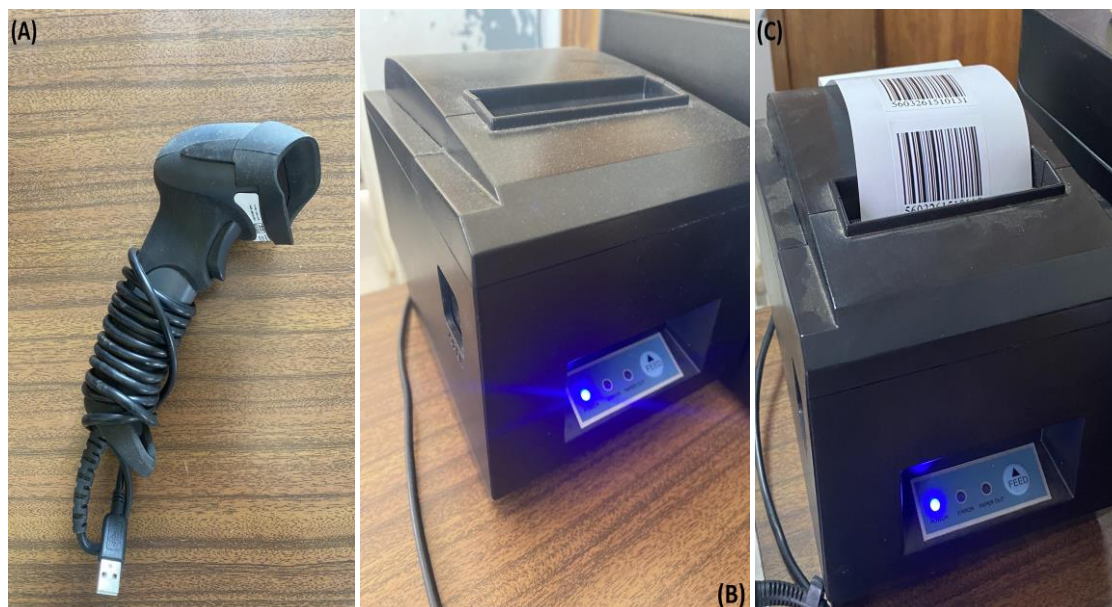


Figura 33 – (A) Pistola De Scan; (B) Impressora de etiquetas; (C) Impressão de etiquetas.

Para o controlo do *stock* das placas, foi desenvolvida uma folha *Excel* onde está registada toda a informação relacionada com o nome de todas as placas, o país de origem, o fabricante, o tipo

de produto, a espessura da placa, o tipo de placa, o dígito verificador, o código de barras e o *stock*. Esta folha serve de orientação e apoio para qualquer colaborador da empresa ABC que necessite obter qualquer informação de armazém sobre as placas.

Para o bom funcionamento deste sistema, qualquer funcionário que necessite de uma placa de compósitos tem apenas de fazer o *scan* do código de barras da respetiva placa, através da pistola *scan* que está ligada a um computador disponível no armazém. Este registo fará com que a quantidade de *stock* na folha *Excel* diminua conforme a quantidade registada pelo funcionário.

No caso do *stock* de alguma placa exceder o *stock* de segurança, será dado um aviso visual de cor vermelha, de forma que este seja facilmente perceptível e qualquer colaborador poder alertar o principal responsável pela elaboração de encomendas ao fornecedor.

Tabela 9 - Tabela de contagem de placas.

Nome das placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito Verificador	Código	Stock
W+B	Portugal	32615	Placa de compósito	1	-	01	5	56032615111015	7
W+B	Portugal	32615	Placa de compósito	-	0	01	8	5603261510018	6
B+W	Portugal	32615	Placa de compósito	1	-	02	2	5603261511022	9
B+W	Portugal	32615	Placa de compósito	-	0	02	5	5603261510025	5

Para automatizar todo este processo, foram desenvolvidas duas macros em *visual basic*: uma responsável por diminuir o número de *stock* sempre que são retiradas placas do armazém, e outra responsável pelo aumento de *stock* sempre que a empresa recebe a encomenda de novas placas para reabastecimento de *stock*.

Resultados e Discussão

```
Sub RetirarPlacasdoArmazem()  
Dim ws As Worksheet  
Dim scan As String  
Dim encontrado As Range  
  
' Defina a planilha de trabalho  
Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Contagem das placas")  
  
' Loop para pedir scans múltiplas vezes  
Do  
    ' Captura o scan do código de barras  
    scan = InputBox("Faça Scan do código de barras:")  
  
    ' Verifica se o usuário deixou o campo em branco  
    If scan = "" Then  
        ' Se deixou em branco, sai do loop  
        Exit Do  
    Else  
        ' Verifica se o código de barras existe na planilha  
        Set encontrado = ws.Columns("J").Find(What:=scan, LookIn:=xlValues, LookAt:=xlWhole)  
  
        ' Se o código de barras for encontrado, atualiza a contagem  
        If Not encontrado Is Nothing Then  
            ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value = ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value - 1  
            placa = ws.Cells(encontrado.Row, 2)  
            MsgBox "Possui " & ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value & " placas de " & placa & "."  
        Else  
            ' Se o código de barras não for encontrado, exibe uma mensagem de aviso  
            MsgBox "Código de barras não encontrado."  
        End If  
    End If  
Loop  
End Sub
```

Figura 34 - Macro em Visual Basic para botão "Retirar Placas do Armazém".

```
Sub ColocarPlacasnoArmazem()  
Dim ws As Worksheet  
Dim scan As String  
Dim encontrado As Range  
  
' Defina a planilha de trabalho  
Set ws = ThisWorkbook.Sheets("Contagem das placas")  
  
' Loop para pedir scans múltiplas vezes  
Do  
    ' Captura o scan do código de barras  
    scan = InputBox("Faça Scan do código de barras:")  
  
    ' Verifica se o usuário deixou o campo em branco  
    If scan = "" Then  
        ' Se deixou em branco, sai do loop  
        Exit Do  
    Else  
        ' Verifica se o código de barras existe na planilha  
        Set encontrado = ws.Columns("J").Find(What:=scan, LookIn:=xlValues, LookAt:=xlWhole)  
  
        ' Se o código de barras for encontrado, atualiza a contagem  
        If Not encontrado Is Nothing Then  
            ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value = ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value + 1  
            placa = ws.Cells(encontrado.Row, 2)  
            MsgBox "Possui " & ws.Cells(encontrado.Row, 11).Value & " placas de " & placa & "."  
        Else  
            ' Se o código de barras não for encontrado, exibe uma mensagem de aviso  
            MsgBox "Código de barras não encontrado."  
        End If  
    End If  
Loop  
End Sub
```

Figura 35 - Macro em Visual Basic para botão "Colocar Placas no Armazém".

Estas macros estão associadas a dois botões: um que indica que vão ser retiradas placas do armazém e outro que indica que vão ser colocadas placas do armazém. Desta forma, o funcionário responsável tem apenas de escolher que tipo de ação pretende realizar no armazém.

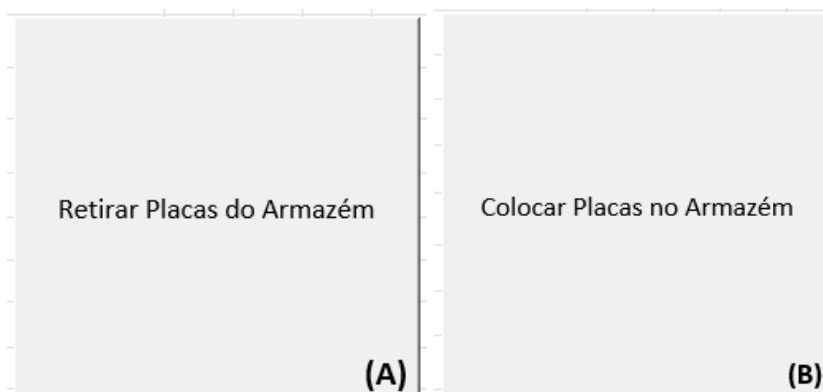


Figura 36 - (A) Botão de retirar placas; (B) Botão de colocar placas.

Assim que o funcionário seleciona o botão da ação que pretende realizar, surge uma caixa de texto com a seguinte mensagem: “Faça *Scan* do código de barras” e um espaço em branco para ser preenchido com o código do *scan*.

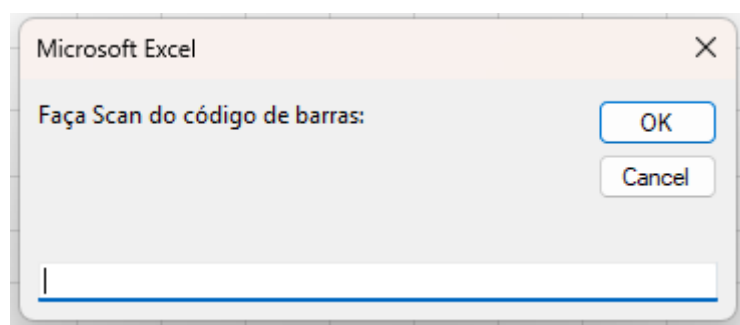


Figura 37 - Janela com o espaço para preencher com o scan do código de barras.

Após o *scan* do código de barras da placa, surge uma nova janela com uma mensagem a informar o *stock* existente deste tipo de placa, seguido pela designação da placa.

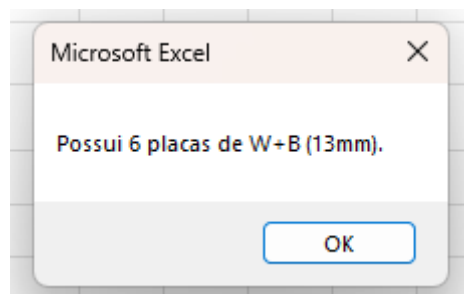


Figura 38 - Janela informativa sobre o stock.

Caso seja feito scan de algum código de barras inexistente na base de dados da empresa, uma nova mensagem irá surgir a informar o funcionário de que o código não foi encontrado, logo é inválido.

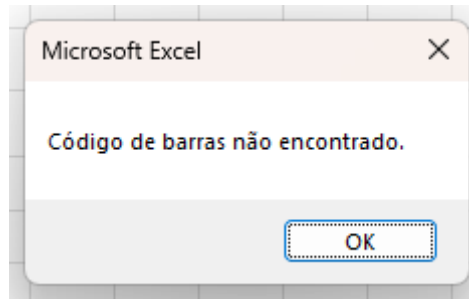


Figura 39 - Janela informativa sobre um código inválido.

No caso de existir um duplo *scan*, ou seja, um *scan* indesejado, o funcionário apenas tem de escolher a ação inversa do *scan* indesejado e tornar a fazer *scan* dessa mesma placa.

A aplicação desta proposta de melhoria torna possível eliminar a dificuldade presente na empresa de rastrear a quantidade de placas no armazém e ainda a implementação de um sistema de aviso de quando cada tipo de placa tenha atingido o seu *stock* de segurança.

Para o cálculo do *stock* de segurança, utilizou-se a fórmula seguinte:

$$SS = \emptyset \times PM \times CMP$$

Equação 2: Fórmula para cálculo do *stock* de segurança.

Onde:

\emptyset = Coeficiente do *stock* de segurança;

PM = Prazo médio de entrega do fornecedor;

CMP = Consumo médio previsto.

Foi utilizado um valor dentro do intervalo habitual para o coeficiente do *stock* de segurança, sendo este de 0,2.

O tempo médio de produção por parte do fornecedor das placas é de cerca de quinze dias e a procura média diária destas placas é de 1 placa por dia.

Desta forma, ficou estabelecido que o *stock* de segurança é de 3 placas para cada tipo de placa no armazém.



Figura 40 - Placa de compósito com código de barras.

No Apêndice B, podemos observar a tabela criada para apoio no armazém na figura 1B.

4.1.3. Resultados da aplicação do software Trello

Com vista a rastrear todas as atividades do processo produtivo estudado, foi criado um quadro digital no software Trello.

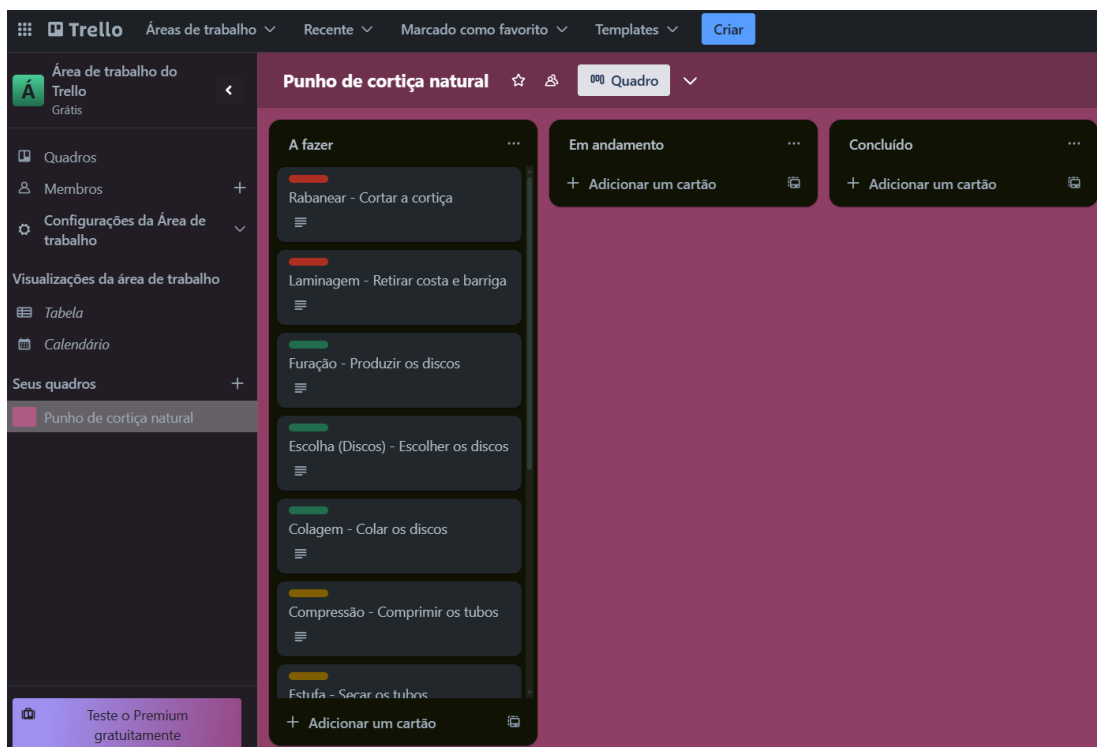


Figura 41 - Quadro Digital Trello.

Resultados e Discussão

Como é possível verificar na Figura 41, o quadro divide-se em três estados que indicam o estado de cada atividade:

- “A Fazer”: Atividades que ainda não se iniciaram;
- “Em Andamento”: Atividades iniciadas mas não finalizadas;
- “Concluído”: Atividades finalizadas.

Cada atividade está designada em cartões e cada cartão irá passar por cada etapa, consoante o ponto de situação aquando do decorrer do processo produtivo.

A Figura 42 demonstra esta divisão mencionada dos postos de trabalho em cartões.

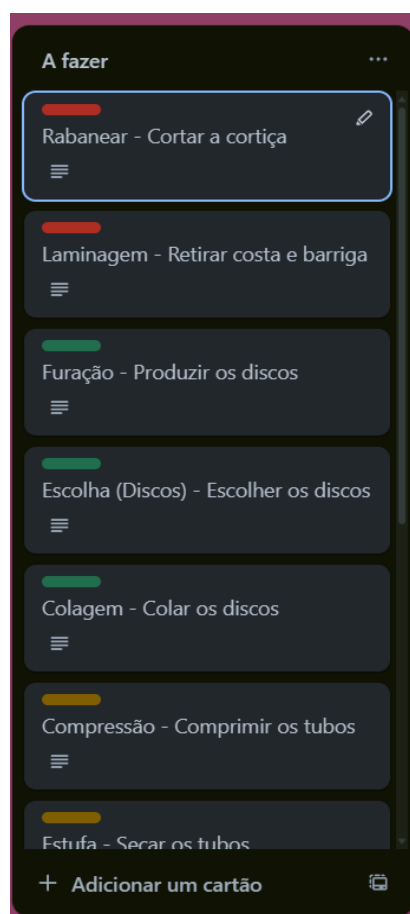


Figura 42 - Cartões Trello.

Como é possível observar, todos os cartões têm uma etiqueta de cor atribuída. Esta cor designa qual o estado da cortiça durante a atividade designada no cartão, sendo as possibilidades as seguintes:

- Vermelho: Matéria-Prima crua;
- Verde: Discos de cortiça;
- Castanho: Tubos;
- Azul: Punhos.

Com o *software* é possível implementar certos detalhes nos cartões que permitem diversas funcionalidades, tais como a designação do responsável pela realização da atividade, um quadro de *checklist* e até mesmo a implementação de um aviso quando cada atividade atinge a sua data-limite. Assim sendo, cada cartão conta com uma descrição detalhada de cada atividade.

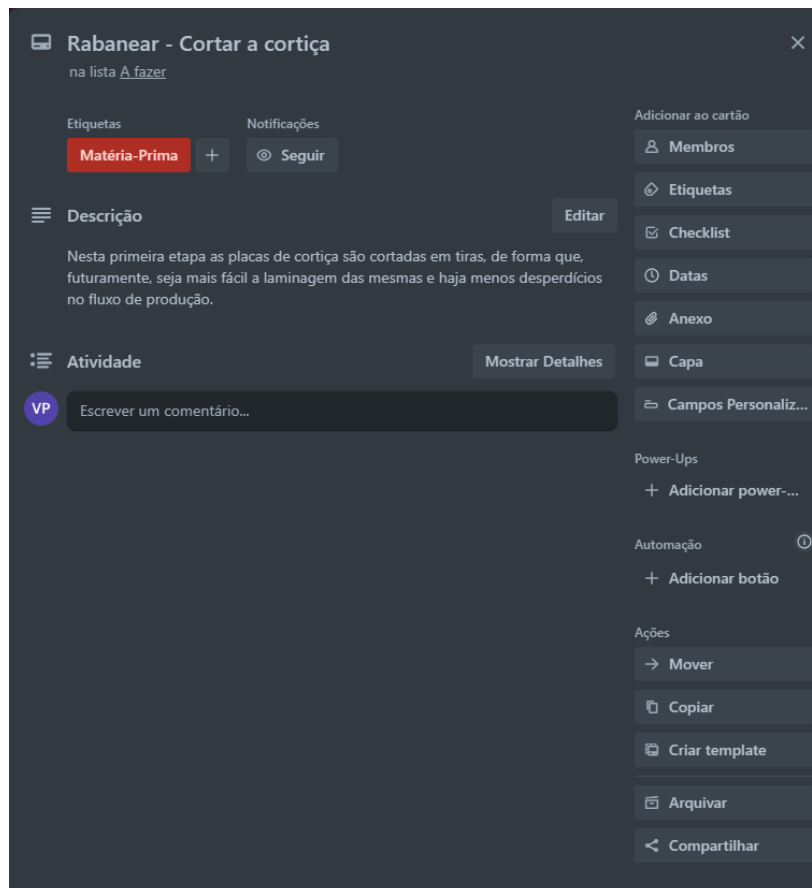


Figura 43 - Cartão da atividade "Rabanear".

Alguns benefícios que acompanham a utilização deste *software* estão ligados ao facto de qualquer pessoa autorizada pode ter acesso e acompanhar o estado de cada atividade em tempo real, obtendo assim uma melhor percepção do processo produtivo.

Além disso, sendo um software de fácil interface e prática envólvia, este pode estar em português e com o sistema de medidas adotado pela empresa. Desta forma qualquer

funcionário é capaz de compreender o que consta o pedido, sem que haja qualquer risco de retrabalho e perdas, sejam elas de matéria-prima ou tempo.

4.1.4. Resultados da aplicação de Kanban

De forma a perspetivar a possível aplicação da técnica Kanban, foi efetuado um estudo relativo ao cálculo dos tempos de produção de todas as operações da sequência operatória do produto.

A análise destes tempos permite, não só identificar possíveis *bottlenecks* no processo produtivo de forma mais eficaz, como introduzir a filosofia Kanban, que tem subjacente uma produção pull, com vista à diminuição dos stocks intermédios e introdução da noção de “cliente” e “fornecedor internos” entre os vários postos de trabalho. No caso em estudo, esta filosofia tem aplicabilidade na criação de cartões Kanban de transporte/armazenagem e de cartões Kanban de produção.

Na Tabela 10 podemos observar uma tabela modelo utilizada para o registo de tempos das operações.

Tabela 10 - Tabela modelo para medida de tempos das operações.

OPERAÇÃO	SETUP		AMOSTRAS:	OPERAÇÃO 1 TIRA	OPERAÇÃO 30 TIRAS
	Preparação da máquina	-	1		
	Preparação de sacos	-	2		
	Troca de sacos	-	3		
	Enchimento da banca	-	4		
			5		
			6		
			7		

O primeiro tópico tido em consideração para a medida dos tempos das operações do processo produtivo foi a quantidade de amostras necessárias. Para que fosse possível a obtenção de uma distribuição normal em casos comparáveis à realidade, foi retirada uma quantidade de trinta amostras para cada uma das operações, tanto na produção de um punho como na produção de trinta tubos. Estes valores foram estipulados, pois foi possível acompanhar a produção real de uma encomenda de trinta tubos na empresa ABC.

Assim, conta-se um total de sessenta amostras para cada etapa de produção. Foi também levado em conta todos os tempos de *set-up* e movimentações consideradas para cada operação.

Para uma devida exposição no presente relatório, as tabelas seguintes apresentam os casos de apenas algumas amostras. No Apêndice C, encontram-se todas as tabelas completas, com os valores da totalidade das amostras.

Na operação “Rabanear” teve-se em atenção diversos fatores da operação, para além do tempo de *set-up*. Marcados a azul na tabela seguinte, podemos notar um pequeno aumento nos tempos comparativamente às restantes amostras. A razão desta variação deve-se ao facto da operação se dar com o apoio manual do operador, que tem de pegar na placa de cortiça sempre que a anterior é finalizada. Logo, sempre que é dado o corte duma nova placa, o tempo aumenta. As amostras de trinta tubos destacadas a azul na Tabela 11 correspondem a amostras nas quais o operador necessitou de mais placas para realizar o número de tiras necessárias.

Tabela 11 - Tabela de tempos medidos da operação "Rabanear", em segundos.

RABANEAR	SETUP		AMOSTRAS:	RABANEAR 1 TIRA (25 DISCOS) (1 TUBO)	RABANEAR 30 TIRA (750 DISCOS) (30 TUBO)
	Preparação da máquina	145,0	1	7,5	162,9
	Preparação de sacos	-	2	3,1	150,4
	Troca de sacos	-	3	2,2	145,7
	Enchimento da banca	-	4	2,7	162,1
			5	3,1	135,3
			6	4,8	148,5
			7	1,6	139,0

Resultados e Discussão

Outro fator a ter tido em conta foi o facto de todas as operações precedentes da operação “Escolha (discos)”, isto é, as etapas de Rabanear, Laminagem, Furação e a operação “Escolha (discos)” inclusive, terem como possibilidade a avaliação da qualidade certa do produto.

A título de exemplo, para a produção de trinta tubos é possível considerar que são necessárias laminar trinta tiras. Porém, para a produção de trinta tubos da mesma qualidade são necessárias laminar cerca do triplo da quantidade anterior, ou seja, noventa tiras.

Tabela 12 - Tabela de tempos medidos da operação “Laminagem”, em segundos.

LAMINAGEM	SETUP		AMOSTRAS:	LAMINAR 1 TIRA (25 DISCOS) (1 TUBO)	LAMINAR 30 TIRA (750 DISCOS) (30 TUBO)
	Preparação da máquina	420,0	1	8,4	145,2
	Preparação de sacos	120,0	2	2,4	168,4
	Troca de sacos	121,0	3	5,0	160,7
	Enchimento da banca	-	4	4,5	152,1
			5	2,3	147,3
			6	5,5	99,5
			7	3,4	149,0

Tabela 13 - Tabela de tempos medidos da operação “Laminagem” para a mesma qualidade, em segundos.

LAMINAGEM	SETUP		AMOSTRAS:	LAMINAR 3 TIRA (75 DISCOS) (1 TUBO)	LAMINAR 90 TIRA (2250 DISCOS) (30 TUBO)
	Preparação da máquina	420,0	1	50,5	850,0
	Preparação de sacos	120,0	2	14,5	870,5
	Troca de sacos	121,0	3	30,4	860,7
	Enchimento da banca	-	4	27,5	845,2
			5	14,1	855,6
			6	33,4	880,0
			7	20,4	865,4

À operação de colagem, poderia se ter tido em conta o tempo de *set-up* da produção da cola, visto que esta é entregue à empresa em forma de pó e, posteriormente, misturada com água dentro da própria empresa. Porém, devido ao facto desta cola durar muito tempo, considerou-se como um fator desprezável.

Devido à capacidade da estufa ser diferente das restantes operações e para uma melhor percepção de resultados, os tempos medidos na operação “Prensa” foram registados para amostras de um tubo, dezoito tubos e trinta tubos.

Tabela 14 - Tabela de tempos medidos da operação "Prensa", em segundos.

PRENSA	SETUP		AMOSTRAS:	PRENSAR (25 DISCOS) (1 TUBO)	PRENSAR (450 DISCOS) (18 TUBOS)	PRENSAR (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	Preparação da máquina	188,3	1	72,3	850,1	1400,2
	Preparação de sacos	-	2	45,8	920,5	1678,5
	Troca de sacos	-	3	93,4	780,2	1389,6
	Enchimento da banca	-	4	67,2	960,8	1752,2
			5	102,9	890,3	1450,4
			6	53,2	870,9	1568,7
			7	89,1	930,1	1655,7

Através da Tabela 14 é possível verificar que lotes de dezoito tubos estão prontos para entrar na estufa a uma média de cerca de oitocentos e noventa segundos.

O processo "Secagem" tem a particularidade de, não só ser bastante mais demorado que os outros, como também de ter uma capacidade de lotes diferente das outras operações. Devido a este último fator, foi necessário rever, junto do responsável por esta operação, o funcionamento deste posto de trabalho e definir o método para registar os tempos de operação deste processo.

Devido a um número restrito de moldes, cada lote da estufa é dividido em três pequenos lotes de dezoito tubos, de forma a rentabilizar o uso da estufa e para que esta não necessite de ser desligada.

O processo de secagem inicia-se com a colocação dos primeiros dezoito tubos na estufa, assim que estes ficam prontos na operação anterior, "Prensa". Ou seja, são colocados cinquenta e quatro tubos por lote para secagem. O funcionário tem estipulado que cada lote necessita de cerca de quarenta e cinco minutos para a devida secagem dos tubos, assim sendo, quando são colocados os primeiros dezoito tubos do lote seguinte, os primeiros dezoito já estão devidamente secos e são retirados.

Após este procedimento, ficam dezoito moldes livres para a operação "Prensa". Quando estes estiverem prontos e forem colocados na estufa, o segundo lote de dezoito tubos lá colocado irá ser retirado e assim sucessivamente.

Este processo repete-se quatro vezes ao dia, indicando que a empresa seca cerca de duzentos e dezasseis tubos diariamente.

Por efeito destas características deste posto de trabalho, os tempos registados não foram para um tubo e para trinta tubos, como efetuado nas outras operações, mas sim para dezoito e trinta e seis tubos.

Tabela 15 - Tabela de tempos medidos da operação "Secagem", em segundos.

SECAGEM	SETUP		AMOSTRAS:	SECAR (450 DISCOS) (18 TUBOS)	SECAR (900 DISCOS) (36 TUBOS)
	Preparação da máquina	600,0	1	2345,1	4987,2
	Preparação de sacos	-	2	2876,5	5834,5
	Troca de sacos	-	3	3098,2	5201,3
	Enchimento da banca	-	4	2521,6	5899,4
			5	3150,4	5375,5
			6	2690,7	5555,6
			7	2874,1	5112,7

Outra etapa do processo produtivo com fatores a serem tidos em conta é a etapa de "Acabamento". Esta é composta por duas etapas: lixagem das laterais através duma ponçadeira e lixagem dos topos através duma lixadeira. Assim sendo, foi feita a análise em separado para cada uma das duas etapas e depois feita a soma final, obtendo assim os valores para a operação de "Acabamento".

Visto ser a operação a montante da estufa e para melhor compreensão de resultados, foram medidos os tempos para as quantidades de um, dezoito e trinta e seis tubos.

Resultados e Discussão

Tabela 16 - Tabela de tempos medidos da operação "Acabamento", em segundos, para as laterais.

ACABAMENTO	SETUP		Amostras:	LATERAIS (25 DISCOS) (1 TUBO)	LATERAIS (450 DISCOS) (18 TUBOS)	LATERAIS (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	Preparação da máquina	145,78	1	29,2	622,6	1234,5
	Preparação de sacos	34,8	2	41,5	648,2	1289,3
	Troca de sacos	-	3	32,4	631,4	1256,7
	Enchimento da banca	-	4	38,6	640,0	1290,1
	Deslocações	34,0	5	34,4	629,4	1265,6
			6	36,7	642,3	1275,8
			7	28,3	635,7	1245,2

Tabela 17 - Tabela de tempos medidos da operação "Acabamento", em segundos, para os topos.

ACABAMENTO	SETUP		Amostras:	TOPOS (25 DISCOS) (1 TUBO)	TOPOS (450 DISCOS) (18 TUBOS)	TOPOS (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	Preparação da máquina	145,7	1	26,7	530,6	1080,8
	Preparação de sacos	34,8	2	34,9	556,3	1105,5
	Troca de sacos	-	3	27,5	528,6	1078,9
	Enchimento da banca	-	4	32,4	565,5	1120,2
	Deslocações	34,0	5	30,4	537,6	1097,6
			6	28,9	553,4	1083,6
			7	33,4	546,9	1096,6

Tabela 18 - Tabela de tempos totais medidos da operação "Acabamento", em segundos.

ACABAMENTO	SETUP		Amostras:	TOTAL (25 DISCOS) (1 TUBO)	TOTAL (450 DISCOS (18 TUBOS)	TOTAL (750 DISCOS (30 TUBOS)
	Preparação da máquina	145,7	1	56,0	1153,3	2315,3
	Preparação de sacos	34,8	2	76,5	1204,5	2394,9
	Troca de sacos	-	3	60,0	1160,1	2335,6
	Enchimento da banca	-	4	71,1	1205,5	2410,3
	Deslocações	34,0	5	64,8	1167,1	2363,3
			6	65,7	1195,8	2359,5
			7	61,8	1182,7	2341,8

Após a obtenção de todos os tempos medidos no processo produtivo, será necessário avaliar as tendências centrais e dispersão dos tempos de cada operação produtiva. Na Tabela 19 estão presentes estes valores mencionados para o exemplo da operação laminagem.

Tabela 19 - Tabela da média e desvio padrão para operação "Laminagem", em segundos.

MÉDIA	DESVIO PADRÃO
4,7	1,7
158,9	30,0

Tal como referido anteriormente, a aplicação do Kanban de produção tem como objetivo principal reduzir o *stock* intermédio existente entre a operação de secagem e a de acabamento, transformando o sistema num sistema *pull*.

Para tal, é fundamental verificar se a empresa cumpre com as seguintes condições necessárias:

Tabela 20 - Tabela de condições para implementação do Kanban.

Necessidade de um bom layout dos postos de trabalho
Necessidade de tempos de preparação de máquina curtos
Formação dos colaboradores para conhecimento da metodologia Kanban e seu funcionamento
Operadores capazes de mudar de posto de trabalho e executar afinações quando necessário

A criação de cartões Kanban desempenha um papel fundamental na implementação e operação bem-sucedidas de um sistema Kanban. A Tabela 21 apresenta toda a informação inserida nos cartões Kanban de produção utilizados pela empresa.

Tabela 21 - Informação dos cartões Kanban de produção.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO		QUANTIDADE
LINHA:		
LOCALIZAÇÃO PROCESSO:		
LOCALIZAÇÃO ARMAZÉM:		

A informação da tabela anterior será colocada em três diferentes cartões de cores distintas, de forma que os colaboradores saibam a urgência do produto solicitado. As cores dos cartões terão os seguintes significados:

- Vermelho: Urgência de produção, isto é, já está a ser utilizado o stock de segurança;
- Amarelo: Já foi utilizado grande parte do stock disponível;
- Verde: Continuar com a produção planeada.

Na Tabela 22 encontra-se a informação apresentada nos cartões Kanban de transporte.

Tabela 22 - Informação dos cartões Kanban de transporte.

DESCRIÇÃO DO PRODUTO		QUANTIDADE
LOCALIZAÇÃO:		
DESTINO:		
TRANSPORTE:		

Criados os cartões, é necessário disponibilizar um quadro de nivelamento, visível para todos os colaboradores. Este quadro é uma ferramenta poderosa para visualizar, organizar, gerir e otimizar o fluxo de trabalho.

Conforme referido no capítulo anterior, foram estabelecidos os postos de trabalho para uma aplicação inicial da ferramenta em função da análise dos tempos, do processo produtivo e dos níveis de *stock* encontrados entre estes dois postos.

No quadro de nivelamento estarão incluídos os postos de trabalho onde o Kanban é implementado e será possível colocar os cartões Kanban para cada um deles. Desta forma, os colaboradores da operação a jusante terão sempre o conhecimento da necessidade do posto de trabalho a montante.

4.2. Discussão de resultados

4.2.1. Discussão de resultados da organização do armazém

A implementação desta proposta de melhoria relativa à disposição do armazém, isto é, a projeção da estante e a transformação do armazém num espaço mais organizado e limpo, teve uma significativa influência em diversos fatores, tais como:

- **Diminuição de tempos:** O tempo que cada colaborador demora para se abastecer das placas necessárias é inferior, pois é possível verificar a localização de cada placa quase instantaneamente assim que se entra no armazém;
- **Maior segurança:** Com a nova disposição das placas nas prateleiras, não há necessidade de ter qualquer produto no chão, diminuindo assim a necessidade de agachamento por parte dos funcionários, diminuindo o risco de ocorrência de lesões musculares;
- **Custos:** Apesar de não ser uma prática regular, a empresa ABC já contou com custos inesperados e desnecessários. Devido ao facto das placas se encontrarem dispostas no chão, muitas vezes umas sobre as outras, por vezes não é possível encontrar as placas necessárias no momento certo por estas estarem obstruídas por outras placas, ficando com a percepção de que o *stock* acabou, quando na verdade, não é o caso.



Figura 44 - (A) Simulação de pega das placas do chão; (B) Simulação de pega das placas da estante.

4.2.2. Discussão de resultados da aplicação do sistema de codificação

Tal como mencionado anteriormente, esta organização contava, por vezes, com custos desnecessários e claramente indesejados devido à sua insuficiência de percepção de material em *stock* no armazém.

Juntamente com a organização do espaço e a projeção da estante, a adoção do sistema de codificação para as placas em armazém veio solucionar este problema, que assombrava a empresa há cerca de cinco anos.

O facto de ser uma prática bastante acessível a todos os colaboradores da empresa foi vantajoso, pois, dado que não existe um responsável de armazém, qualquer funcionário pode entrar e sair do armazém com as placas necessárias para o prosseguimento do processo produtivo.

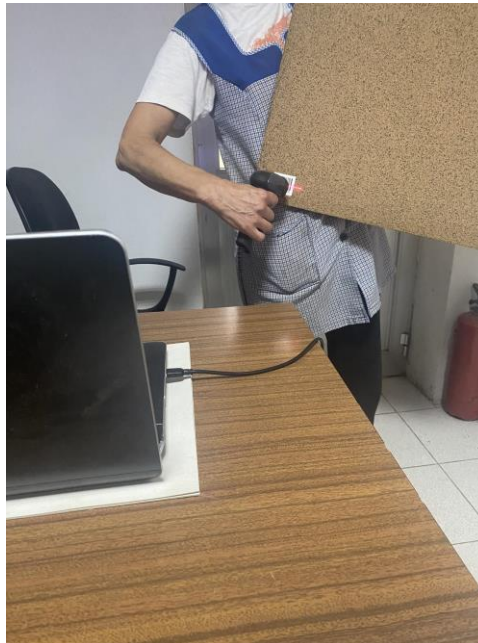


Figura 45 - Operação de scan do código de barras por um colaborador da empresa ABC.

4.2.3. Discussão de resultados da aplicação do software Trello

Devido ao seu potencial na exportação, a empresa ABC enfrenta diariamente a necessidade de comunicação com clientes não entendedores da língua portuguesa, maioritariamente clientes que abordam a empresa utilizando a língua inglesa. Visto que nem todos os funcionários compreendem a língua inglesa nem os sistemas de medidas utilizados por outros países, maioritariamente polegadas, comunicação entre setores de produção torna-se um problema.

A aplicação do *software* Trello nesta organização veio facilitar a gestão visual do processo produtivo por parte de todos os colaboradores da mesma. Desta forma, qualquer colaborador pode verificar qualquer posto de trabalho, quantidades necessárias, especificações necessárias pelos clientes, entre outras informações necessárias para o bom funcionamento da linha de produção.

Adicionalmente, com a aplicação deste sistema é possível, a todos os colaboradores, estar a par do atual estado de cada encomenda. Isto leva a uma maior compreensão do processo produtivo e a um maior envolvimento entre setores e colaboradores.



Figura 46 - Consulta do software Trello.

4.2.4. Discussão de resultados da aplicação da filosofia Kanban

A implementação desta filosofia tem como finalidade a eliminação do *stock* intermédio entre a operação “Secagem” e a operação “Acabamento”. O *stock* intermédio entre estas etapas de produção não apenas ocupa espaço valioso, mas também representa capital imobilizado e risco de produtos obsoletos, principalmente por se tratar duma indústria onde as especificações do cliente podem mudar rapidamente, afetando negativamente a eficiência operacional e a saúde financeira da empresa.

É necessário avaliar também que, com a implementação do Kanban e a eliminação do *stock* intermédio, será permitido uma melhor organização do layout de produção, facilitando a movimentação de materiais e trabalhadores e, por conseguinte, reduzindo tempos de deslocamento e melhorando a segurança no ambiente de trabalho.

Embora não seja uma quantidade exagerada, pois os lotes em espera são apenas de 18 tubos, teve-se em vista o futuro da empresa: no caso de a quantidade por lote aumentar, significa que uma parte do capital da empresa não estará a gerar valor. Esta ferramenta ajustará a produção para que os materiais fluam de forma contínua, libertando capital que pode ser reinvestido noutras áreas críticas do negócio.

Resultados e Discussão

5. Conclusão

No presente estudo, foi explorada a implementação de ferramentas *Lean* num fabrica do setor corticeiro. Este tem como objetivo principal avaliar como essas metodologias podem otimizar processos de produção, eliminar *stocks* intermédios e reduzir desperdícios.

Este capítulo final sintetiza os principais tópicos da pesquisa, destaca os benefícios alcançados e discute as implicações práticas e estratégicas para a empresa. Além disso, oferece uma reflexão sobre as lições aprendidas e sugestões para futuras iniciativas de melhoria contínua, reafirmando o potencial transformador das práticas *Lean* na indústria de cortiça.

5.1. Conclusões finais

A implementação de ferramentas *Lean* numa fábrica do setor corticeiro revela-se, não só como uma estratégia viável, mas também imperativa para enfrentar os desafios complexos e dinâmicos enfrentados pela indústria. A realização deste projeto permitiu observar o aumento da eficiência através da implementação de metodologias *Lean*. Tal, veio sustentar a importância da aplicação deste tipo de processos num contexto de melhoria contínua.

A fábrica do setor corticeiro, ao abraçar estas ferramentas *Lean*, testemunha uma transformação significativa na sua cultura organizacional e práticas de gestão. A eliminação de desperdícios, a simplificação de processos e a promoção de uma cultura de melhoria contínua não otimizam apenas a produção, mas também envolvem e capacitam os colaboradores em todos os níveis da organização.

Além dos benefícios operacionais diretos, como a redução de *stocks* intermédios, aumento da eficiência do trabalho e melhoria da qualidade, a implementação das ferramentas *Lean* na fábrica tem implicações amplas. Esta contribui para uma maior sustentabilidade ambiental, ao reduzir desperdício de recursos, e promove a responsabilidade social, ao criar ambientes de trabalho mais seguros, limpos e colaborativos.

No entanto, o sucesso da implementação das ferramentas *Lean* não é garantido sem desafios. A resistência à mudança, a falta de compreensão dos princípios *Lean* e a necessidade de investimentos em formação e desenvolvimento são apenas alguns dos obstáculos a serem superados. No entanto, com liderança visionária, compromisso organizacional e uma abordagem estratégica, esses desafios podem ser transformados em oportunidades de crescimento e inovação.

Conclusão

A implementação das ferramentas *Lean* não é um destino final, mas sim um processo contínuo de aprendizagem e adaptação. Ao permanecerem ágeis, receptivas às mudanças e dedicadas à excelência, as empresas do setor corticeiro podem prosperar num ambiente competitivo e em constante evolução.

Em última análise, a implementação de ferramentas *Lean* na fábrica do setor corticeiro não é apenas uma questão de eficiência operacional, mas sim um processo em direção à excelência, sustentabilidade e sucesso a longo prazo.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Embora este trabalho tenha fornecido conhecimentos valiosos sobre os benefícios e desafios destas implementações, é importante reconhecer que há certas restrições que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Ao compreender essas limitações, podemos contextualizar melhor a pesquisa e identificar áreas para trabalhos futuros que possam aprimorar o nosso conhecimento e prática no campo da gestão *Lean*.

Os resultados obtidos nesta dissertação são específicos para a fábrica do setor corticeiro estudada. Portanto, é importante reconhecer que esses resultados podem não ser diretamente aplicáveis a outras empresas do mesmo setor ou de setores diferentes.

Os resultados desta dissertação podem refletir apenas um período específico no tempo. Mudanças nas condições de mercado, tecnológicas ou organizacionais podem afetar a relevância e aplicabilidade destes resultados ao longo do tempo.

A escolha específica das ferramentas *Lean* implementadas na fábrica do setor corticeiro pode ter sido influenciada por fatores contextuais e preferências individuais. Outras ferramentas *Lean* não abordadas nesta dissertação podem ser igualmente valiosas ou mais adequadas para outras empresas.

A continuação ou expansão das ferramentas aplicadas para outros produtos e postos de trabalho da empresa ABC, seria benéfico para a organização e um ótimo ponto de partida, uma vez que, para além de alguns colaboradores já estarem familiarizados com os processos adotados, diversas adversidades seriam ultrapassadas sem que fossem necessários investimentos elevados. Exemplos disso seriam a expansão do sistema de codificação para todo o armazém, a aplicação da metodologia 5S noutros espaços de trabalho e a aplicação mais concreta da metodologia Kanban decorrente do estudo inicial já efetuado.

Para além disso, ainda existem muitas áreas a serem exploradas e investigadas. Ao identificar essas oportunidades para trabalhos futuros, podemos estabelecer uma base sólida para avanços adicionais na eficiência operacional, sustentabilidade e competitividade das empresas do setor corticeiro.

Realizar estudos longitudinais para avaliar os efeitos da implementação das ferramentas *Lean* ao longo do tempo poderia ser a primeira abordagem. Tal permitiria uma compreensão mais completa dos benefícios a longo prazo e das estratégias de sustentabilidade da melhoria contínua.

6. Referências

- [1] L. Wilson, "How to Implement Lean Manufacturing," 2010.
- [2] G. Luz Tortorella, R. Miorando, D. Fettermann, and D. Tlapa Mendoza, "An empirical investigation on learning and teaching lean manufacturing," *Education and Training*, vol. 62, no. 3, pp. 339–354, Apr. 2020, doi: 10.1108/ET-11-2018-0232.
- [3] G. L. Tortorella, D. Fettermann, P. A. Cauchick Miguel, and R. Sawhney, "Learning organisation and lean production: an empirical research on their relationship," *Int J Prod Res*, vol. 58, no. 12, pp. 3650–3666, Jun. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1633028.
- [4] G. L. Tortorella, D. Fettermann, F. S. Fogliatto, M. Kumar, and D. Jurburg, "Analysing the influence of organisational culture and leadership styles on the implementation of lean manufacturing," *Production Planning and Control*, vol. 32, no. 15, pp. 1282–1294, 2021, doi: 10.1080/09537287.2020.1799255.
- [5] APCOR, "CORTIÇA," 2019.
- [6] A. M. Portela Lopes Dos Reis, "Revestimentos de Pisos em Aglomerado de Cortiça," 2011.
- [7] L. Gil, *Cortiça : da produção à aplicação*. 2005.
- [8] Corticeira Amorim, "A ARTE DA CORTIÇA," 2014.
- [9] F. Miguel and C. Martins, "Aglomeração de cortiça por compressão a quente," 2015.
- [10] A. Mendes, "A economia do sector da cortiça em Portugal. Evolução das actividades de produção e de transformação ao longo dos séculos XIX e XX (Documento de Trabalho)," 2002. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/299704427>
- [11] M. N. Bugalho, M. C. Caldeira, J. S. Pereira, J. Aronson, and J. G. Pausas, "Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services," *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, no. 5, pp. 278–286, Jun. 2011. doi: 10.1890/100084.
- [12] J. Ritsche, K. Katzensteiner, and V. Acácio, "Tree regeneration patterns in cork oak landscapes of Southern Portugal: The importance of land cover type, stand characteristics and site conditions," *For Ecol Manage*, vol. 486, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.foreco.2021.118970.
- [13] T. Pinto-Correia, "Historical perspective of montados: The Évora case study," 2009. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/255992451>
- [14] M. N. Bugalho and T. Plieninger, "Open woodlands: a diversity of uses (and overuses)," 2009. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/284673851>

Referências

- [15] G. Caudullo, E. Welk, and J. San-Miguel-Ayanz, "Chorological maps for the main European woody species," *Data Brief*, vol. 12, pp. 662–666, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- [16] M. A. Fortes, M. E. Rosa, and H. Pereira, *A Cortiça*. 2004.
- [17] A. F. Oliveira Silva, "Novos Aglomerados De Cortiça Com Outros Materiais," 2015.
- [18] S. T. Lopes *et al.*, "Phellem versus xylem: Genome-wide transcriptomic analysis reveals novel regulators of cork formation in cork oak," *Tree Physiol*, vol. 40, no. 2, pp. 129–141, Feb. 2020, doi: 10.1093/treephys/tpz118.
- [19] M. Demertzi, J. Sierra-Pérez, J. A. Paulo, L. Arroja, and A. C. Dias, "Environmental performance of expanded cork slab and granules through life cycle assessment," *J Clean Prod*, vol. 145, pp. 294–302, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.071.
- [20] V. Inácio *et al.*, "Differential DNA methylation patterns are related to phellogen origin and quality of *Quercus suber* cork," *PLoS One*, vol. 12, no. 1, Jan. 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0169018.
- [21] Correia Cork, "Correia Cork," <https://correiacork.com/produtos/cortica-em-cru/>. Accessed: Dec. 15, 2023. [Online]. Available: <https://correiacork.com/produtos/cortica-em-cru/>
- [22] M. C. Ferreira and A. M. Carvalho Oliveira, "Modelling cork oak production in Portugal," 1991.
- [23] G. Oliveira and A. Costa, "How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps," *Forest Ecology and Management*, vol. 270, pp. 257–272, Apr. 15, 2012. doi: 10.1016/j.foreco.2012.01.025.
- [24] Filcork – Associação Interprofissional da Fileira da Cortiça, "CÓDIGO DE BOAS PRÁTICAS DA CORTIÇA-DO MONTADO À FÁBRICA," 2020.
- [25] I. S. Coelho and M. Pestana, "A Fileira da Cortiça em Portugal – Posicionamento e Competitividade," *Silva Lusit*, vol. 29, no. 1, pp. 73–100, 2021, doi: 10.1051/silu/20212901073.
- [26] G. Louro, "A ECONOMIA DA FLORESTA E O SECTOR FLORESTAL EM PORTUGAL," 2011. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/310732356>
- [27] R. Shah and P. T. Ward, "Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance," *Journal of Operations Management*, vol. 21, no. 2, pp. 129–149, Mar. 2003, doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.
- [28] R. Shah and P. T. Ward, "Defining and developing measures of lean production," *Journal of Operations Management*, vol. 25, no. 4, pp. 785–805, Jun. 2007, doi: 10.1016/j.jom.2007.01.019.
- [29] J. Ben Naylor, M. M. Naim, and D. Berry, "Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain," 1999.
- [30] A. A. King and M. J. Lenox, "Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance," *Prod Oper Manag*, vol. 10, no. 3, pp. 244–256, 2001, doi: 10.1111/j.1937-5956.2001.tb00373.x.
- [31] T. Ohno, "Toyota Production System Beyond Large-Scale Production," 1988.
- [32] R. I. de Oliveira, S. O. Sousa, and F. C. de Campos, "Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007–2018," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 101, no. 1–4, pp. 979–988, Mar. 2019, doi: 10.1007/s00170-018-2965-y.
- [33] R. E. Gonçalves, "ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NUMA EMPRESA DO SECTOR AUTOMÓVEL," 2017.
- [34] D. Romero, P. Gaiardelli, D. Powell, T. Wuest, and M. Thürer, "Rethinking jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing

Referências

- world,” in *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier B.V., Sep. 2019, pp. 899–903. doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.309.
- [35] J. Liker, “The Toyota way: 14 management principles from the world’s greatest manufacturer.,” 2020.
- [36] P. Daniel and A. C. Serapicos, “MELHORIA DO PROCESSO COM RECURSO A METODOLOGIA KAIZEN,” 2009.
- [37] M. Imai, “Praise for Gemba Kaizen,” 2012.
- [38] Beno. Benhabib, *Manufacturing : design, production, automation and integration*. Marcel Dekker, 2003.
- [39] T. Fernandes Da Silva and M. Coelho, “APLICAÇÃO DA ABORDAGEM KAIZEN LEAN NO DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA NO HGSA,” 2013.
- [40] Kaizen Institute, “Melhoria Contínua: Como dominar os Princípios KAIZEN,” <https://pt.kaizen.com/produtos/artigo-dominar-principios-kaizen>. Accessed: Oct. 20, 2023. [Online]. Available: <https://pt.kaizen.com/produtos/artigo-dominar-principios-kaizen>
- [41] B. Citeve, “Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV,” 2012.
- [42] T. Jones, “B ANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION The Machine That Changed the World,” 2003.
- [43] G. Czifra, P. Szabó, M. Ml̄kva, and J. Vaňová, “Lean Principles Application in the Automotive Industry,” 2019.
- [44] A. G M, “A Brief Overview on Toyota Production System (TPS),” *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. 8, no. 5, pp. 2505–2509, May 2020, doi: 10.22214/ijraset.2020.5415.
- [45] S. Rangrej and S. Vallabhbai, “Application of Lean Manufacturing Principles for Process Time Reduction-A Case of Conveyor Pulley Manufacturing,” 2015, doi: 10.13140/RG.2.1.4412.5281.
- [46] E. De and S. Rodrigues, “Lean Management numa linha de blocos de cortiça natural,” 2020.
- [47] M. Shahin, F. F. Chen, H. Bouzary, and A. Hosseinzadeh, “Manufacturing Letters Deploying Convolutional Neural Network to Reduce Waste in Production System-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>) Peer-review under responsibility of the Scientific Committee of the NAMRI/SME,” 2023, [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [48] B. M. Pessoa, “AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN,” 2020.
- [49] R. Z. Radin Umar, J. Y. Tiong, N. Ahmad, and J. Dahalan, “Development of framework integrating ergonomics in Lean’s Muda, Muri, and Mura concepts,” *Production Planning and Control*, 2023, doi: 10.1080/09537287.2023.2189640.
- [50] Lean Institute Brasil, “Muda, Mura, Muri - Tipos Atividades que Geram Desperdícios,” <https://www.lean.org.br/conceitos/78/muda-mura-muri---tipos-atividades-que-geram-desperdicios.aspx>. Accessed: Dec. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.lean.org.br/conceitos/78/muda-mura-muri---tipos-atividades-que-geram-desperdicios.aspx>
- [51] A. Silva, J. C. Sá, G. Santos, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and M. T. Pereira, “Implementation of SMED in a cutting line,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 1355–1362. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.189.
- [52] A. M. Vieira, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, J. C. Sá, and T. Pereira, “SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry,” in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 1416–1422. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.197.

Referências

- [53] A. A. Karam, M. Liviu, V. Cristina, and H. Radu, "The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2018, pp. 886–892. doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.125.
- [54] S. Bhade and S. Hegde, "Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED," 2020. [Online]. Available: www.sciencedirect.com/www.materialstoday.com/proceedings2214-7853
- [55] T. Vieira *et al.*, "Optimization of the cold profiling process through SMED," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 892–899. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.171.
- [56] B. Suresh Kumar and S. Syath Abuthakeer, "Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry," 2012. doi: 10.3923/jas.2012.1032.1037.
- [57] J. Pedro and Q. Ribeiro, "DESENVOLVIMENTO DE UM MANUAL DE SUPORTE À IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE CONCEITOS DO LEAN MANUFACTURING," 2022.
- [58] G. P. White, "5. JUST-IN-TIME MANUFACTURING," 2000.
- [59] Y. Xu and M. Chen, "Improving Just-in-Time Manufacturing Operations by Using Internet of Things Based Solutions," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2016, pp. 326–331. doi: 10.1016/j.procir.2016.10.030.
- [60] V. Batth, "Toyota Motor Corporation: Just in Time (JIT) Management Strategy or Beyond?," 2021.
- [61] R. B. Gonçalves and R. T. Lyra, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SUPPLIER KANBAN SYSTEM IN THE AUTOMOTIVE SECTOR," 2021.
- [62] P. Korytkowski, T. Wisniewski, and S. Rymaszewski, "Multivariate simulation analysis of production leveling (heijunka) - A case study," in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, IFAC Secretariat, 2013, pp. 1554–1559. doi: 10.3182/20130619-3-RU-3018.00285.
- [63] E. Reke, D. Powell, and M. F. Mogos, "Applying the fundamentals of TPS to realize a resilient and responsive manufacturing system," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2022, pp. 1221–1225. doi: 10.1016/j.procir.2022.05.135.
- [64] C. M. Witt, K. Sandoe, and J. C. Dunlap, "5S Your Life: Using an Experiential Approach to Teaching Lean Philosophy," *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, vol. 16, no. 4, pp. 264–280, Oct. 2018, doi: 10.1111/dsji.12167.
- [65] S. S. Gao, C. H. Chu, and F. Y. F. Young, "Integrating 5S methodology into oral hygiene practice for elderly with Alzheimer's disease," *Dent J (Basel)*, vol. 8, no. 2, Jun. 2020, doi: 10.3390/dj8020029.
- [66] C. Veres, L. Marian, S. Moica, and K. Al-Akel, "Case study concerning 5S method impact in an automotive company," in *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2018, pp. 900–905. doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.127.
- [67] C. Costa, L. Pinto Ferreira, J. C. Sa, and F. J. G. Silva, "Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company," 2018, pp. 001–012. doi: 10.2507/daaam.scibook.2018.01.
- [68] N. Moro and F. Ilie, "The Applicability of the First Stage of 5S Methodology to Improve the Quality of Processes in Military Organizations," *International conference KNOWLEDGE-BASED ORGANIZATION*, vol. 25, no. 1, pp. 261–266, Jun. 2019, doi: 10.2478/kbo-2019-0043.
- [69] S. Chee Houa, M. Haslinda, S. Muliati, A. Mariam Miri, and A. F. Rahim, "Implementation of 5S in Manufacturing Industry: A Case of Foreign Workers in Melaka," in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Feb. 2018. doi: 10.1051/mateconf/201815005034.

Referências

- [70] S. Gupta and P. Chandna, "A case study concerning the 5S lean technique in a scientific equipment manufacturing company," *Grey Systems*, vol. 10, no. 3, pp. 339–357, Jun. 2020, doi: 10.1108/GS-01-2020-0004.
- [71] M. O. Ahmad, D. Dennehy, K. Conboy, and M. Oivo, "Kanban in software engineering: A systematic mapping study," *Journal of Systems and Software*, vol. 137, pp. 96–113, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.jss.2017.11.045.
- [72] M. Mojarro-Magaña, J. E. Olguín-Tiznado, J. L. García-Alcaraz, C. Camargo-Wilson, J. A. López-Barreras, and R. J. Pérez-López, "Impact of the planning from the kanban system on the company's operating benefits," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 7, Jul. 2018, doi: 10.3390/su10072506.
- [73] D. J. Powell, "Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments," Elsevier B.V., Jan. 2018, pp. 140–143. doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.248.
- [74] M. Braglia, R. Gabbrielli, and L. Marrazzini, "Rolling Kanban: a new visual tool to schedule family batch manufacturing processes with kanban," *Int J Prod Res*, vol. 58, no. 13, pp. 3998–4014, Jul. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1639224.
- [75] M. Pekarcikova, P. Trebuna, M. Kliment, and M. Dic, "Solution of bottlenecks in the logistics flow by applying the kanban module in the tecnomatix plant simulation software," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 14, Jul. 2021, doi: 10.3390/su13147989.
- [76] J. Belém Da Silva, F. Alexandra, and M. Anastácio, "Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão Kanban Method as a Management Control Tool," 2019. [Online]. Available: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>
- [77] Weigang, "Application Example – Kanban in Practice," <https://www.weigang.de/en/world-topics/methods/kanban/kanban-application-example>. Accessed: Dec. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.weigang.de/en/world-topics/methods/kanban/kanban-application-example>
- [78] N. E. Triana and M. E. Beatrix, "PRODUCTION SYSTEM IMPROVEMENT THROUGH KANBAN APPLICATION IN LABOR INTENSIVE COMPANY," *SINERGI*, vol. 23, no. 1, p. 33, Feb. 2019, doi: 10.22441/sinergi.2019.1.005.
- [79] M. Thürer, N. O. Fernandes, and M. Stevenson, "Production planning and control in multi-stage assembly systems: an assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by simulation," *Int J Prod Res*, vol. 60, no. 3, pp. 1036–1050, 2022, doi: 10.1080/00207543.2020.1849847.
- [80] C. C. Huang and A. Kusiak, "Overview of kanban systems," *Int J Comput Integr Manuf*, vol. 9, no. 3, pp. 169–189, Jan. 1996, doi: 10.1080/095119296131643.
- [81] M. Papalex, D. Bamford, and B. Dehe, "A case study of kanban implementation within the pharmaceutical supply chain," *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 19, no. 4, pp. 239–255, Jul. 2016, doi: 10.1080/13675567.2015.1075478.
- [82] J. Paulo, P. Carvalho, O. Por António, and J. S. T. Duarte, "ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE Logística E Gestão Da Cadeia De Abastecimento."
- [83] F. Siaw-Yeboah, F. A. Adebayo, P. Appiahene, and B. A. Weyori, "GHBS-13 as an enhanced EAN-13 barcode module for monitoring processed consumable products in Ghana," *Engineering Reports*, vol. 5, no. 6, Jun. 2023, doi: 10.1002/eng2.12612.
- [84] T. Minchew, "Who's on first?: License team workflow tracking with trello," *Serials Review*, vol. 41, no. 3, pp. 165–172, 2015, doi: 10.1080/00987913.2015.1065946.
- [85] O. Shchetynina, N. Kravchenko, L. Horbatiuk, H. Alieksieieva, and V. Mezhyuev, "Trello as a Tool for the Development of Lifelong Learning Skills of Senior Students,"

Referências

- Postmodern Openings*, vol. 13, no. 2, pp. 143–167, Jun. 2022, doi: 10.18662/po/13.2/447.
- [86] P. , B. J. , C. I. Ávila, *Planeamento e Controlo da Produção - Uma visão integrada*. Gestbook, 2022.

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: Vitor Diogo Castro Pereira

ISEP, Porto, 14 de junho de 2024

Declaração de Integridade

7. APÊNDICE A

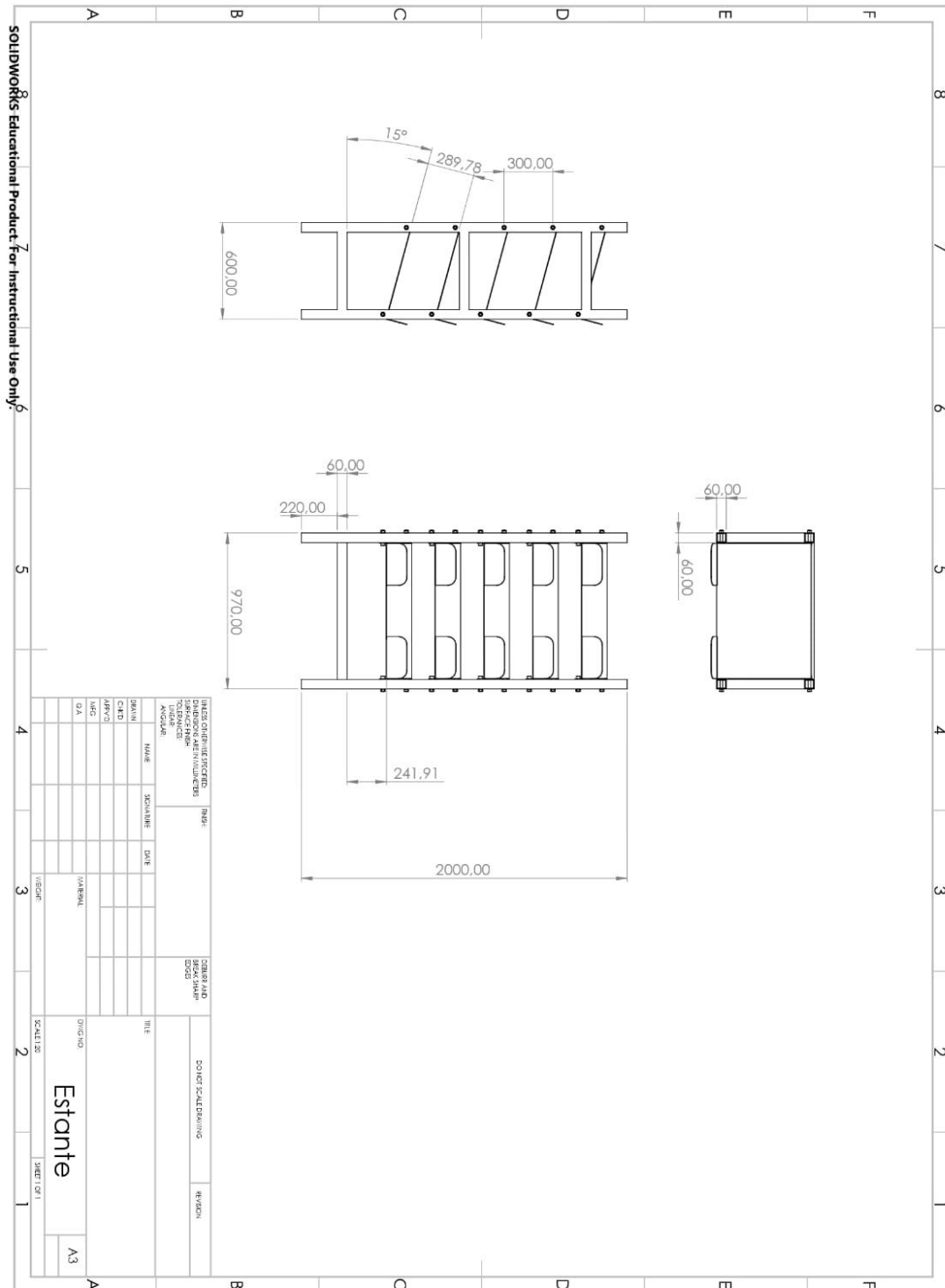


Figura A 1 - Desenho técnico da estante.

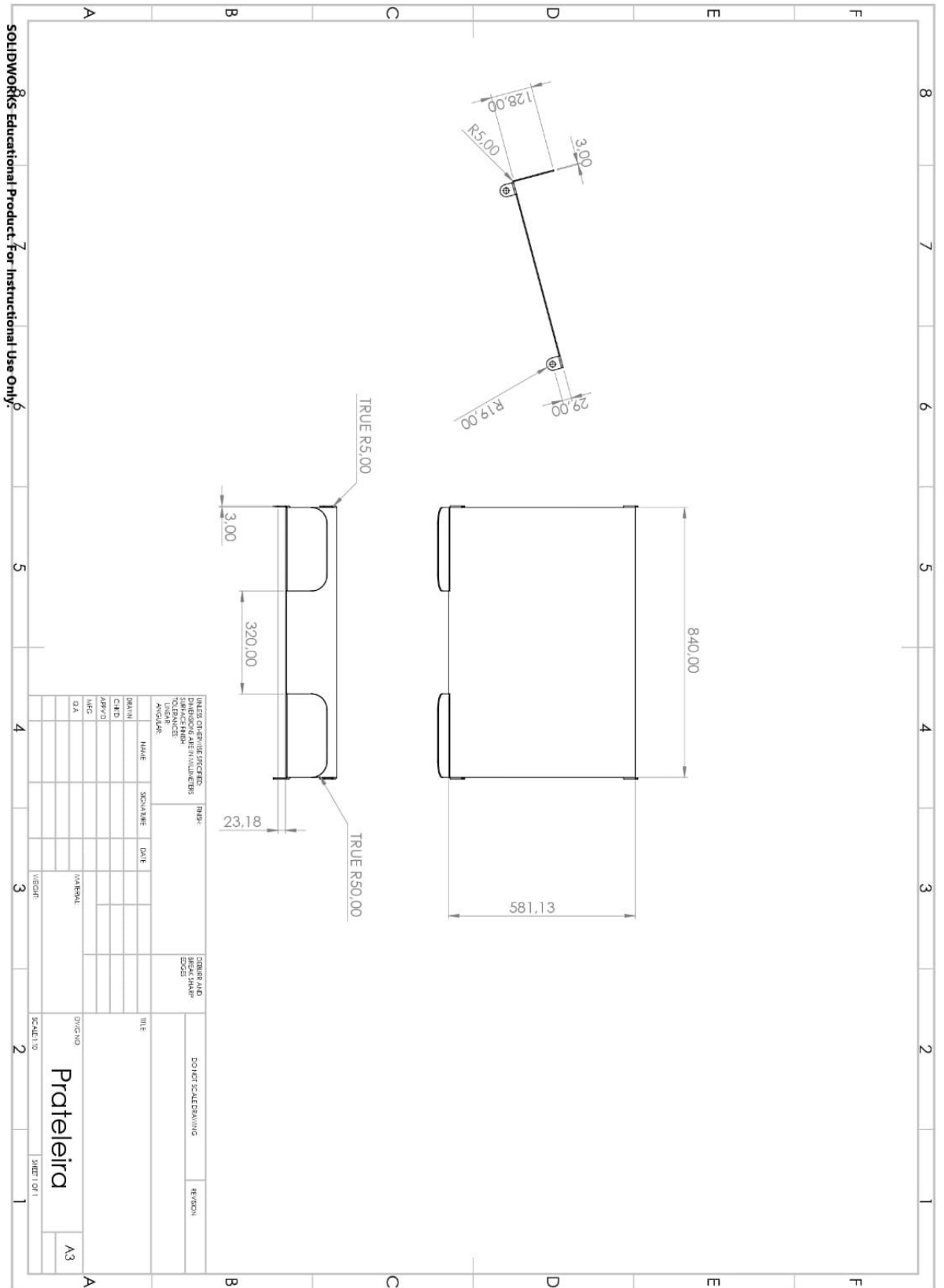


Figura A 2 - Desenho técnico da prateleira.

8. APÊNDICE B

Nome das placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito verificador	Código	Stock
W+B (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		01	5	5603261511015	7
W+B (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	01	8	5603261510018	6
B+W (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		02	2	5603261511022	9
B+W (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	02	5	5603261510025	5
BLUE (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		03	9	5603261511039	18
BLUE (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	03	2	5603261510032	4
RED (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		04	6	5603261511046	11
RED (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	04	9	5603261510049	6
BROWN (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		05	3	5603261511053	9
BROWN (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	05	6	5603261510056	9
PURPLE (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		06	0	5603261511060	13
PURPLE (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	06	3	5603261510063	10
GREEN (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		07	7	5606231511077	11
GREEN (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	07	0	5603261510070	7
BURNT (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		08	4	5603261511084	12
BRUNT (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	08	7	5603261510087	9
BLACKCLOUD (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		09	1	5603261511091	10
BLACKCLOUD (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	09	4	5603261510094	5
NIGHTFALL (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		10	7	5603261511107	10
NIGHTFALL (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	10	0	5603261510100	12
LOLA (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		11	4	5603261511114	15
LOLA (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	11	7	5603261510117	8
LOLA VERTICAL (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		12	1	5603261511121	15
LOLA VERTICAL (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	12	4	5603261510124	6
CACTUS VERTICAL (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		13	8	5603261511138	8
CACTUS VERTICAL (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	13	1	5603261510131	6
DARK CACTUS (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		14	5	5603261511145	6
DARK CACTUS (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	14	8	5603261510148	8
NATURAL (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		15	2	5603261511152	9
NATURAL (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	15	5	5603261510155	5
ORANGE (13mm)	Portugal	32615	Placa de compósito	1		16	9	5603261511169	11
ORANGE (6mm)	Portugal	32615	Placa de compósito		0	16	2	5603261510162	6

Figura B 1 - Folha de Excel de apoio no sistema de codificação.

Apêndice



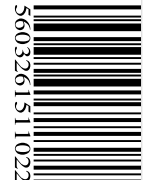


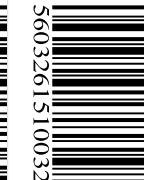
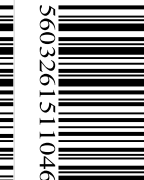

Placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito verificador	Código	Barras FAN-13
W+B	560	32615	1	1		01	5	5603261511015	
W+B	560	32615	1		0	01	8	5603261510018	
B+W	560	32615	1	1		02	2	5603261511022	
B+W	560	32615	1		0	02	5	5603261510025	
BLUE	560	32615	1	1		03	9	5603261511039	
BLUE	560	32615	1		0	03	2	5603261510032	
RED	560	32615	1	1		04	6	5603261511046	
RED	560	32615	1		0	04	9	5603261510049	

Figura B 2 - Primeira folha de Excel para criação de códigos de barras.









Placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito verificador	Código	Barras EAN-13
BROWN	560	32615	1	1		05	3	5603261511053	
BROWN	560	32615	1		0	05	6	5603261510056	
PURPLE	560	32615	1	1		06	0	5603261511060	
PURPLE	560	32615	1		0	06	3	5603261510063	
GREEN	560	32615	1	1		07	7	5606231511077	
GREEN	560	32615	1		0	07	0	5603261510070	
BURNIT	560	32615	1	1		08	4	5603261511084	
BRUNT	560	32615	1		0	08	7	5603261510087	

Figura B 3 - Segunda folha de Excel para criação de códigos de barras.

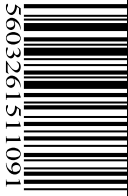



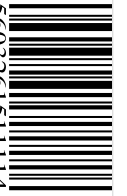

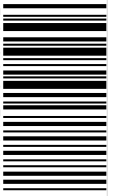

Placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito verificador	Código	Barras EAN-13
BLACKCLOUD	560	32615	1	1		09	1	5603261511091	
BLACKCLOUD	560	32615	1		0	09	4	5603261510094	
NIGHTFALL	560	32615	1	1		10	7	5603261511107	
NIGHTFALL	560	32615	1		0	10	0	5603261510100	
LOLA	560	32615	1	1		11	4	5603261511114	
LOLA	560	32615	1		0	11	7	5603261510117	
LOLA VERTICAL	560	32615	1	1		12	1	5603261511121	
LOLA VERTICAL	560	32615	1		0	12	4	5603261510124	

Figura B 4 - Terceira folha de Excel para criação de códigos de barras.

Apêndice


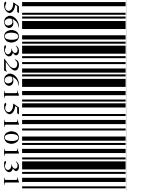



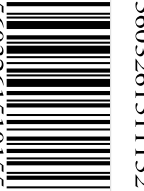


Placas	País de Origem	Fabricante	Tipo de produto	13mm	6mm	Tipo de placa	Dígito verificador	Código	Barras EAN-13
CACTUS VERTICAL	560	32615	1	1		13	8	5603261511138	
CACTUS VERTICAL	560	32615	1		0	13	1	5603261510131	
DARK CACTUS	560	32615	1	1		14	5	5603261511145	
DARK CACTUS	560	32615	1		0	14	8	5603261510148	
NATURAL	560	32615	1	1		15	2	5603261511152	
NATURAL	560	32615	1		0	15	5	5603261510155	
ORANGE	560	32615	1	1		16	9	5603261511169	
ORANGE	560	32615	1		0	16	2	5603261510162	

Figura B 5 - Quarta folha de Excel para criação de códigos de barras.

9. APÊNDICE C

RABANEAR	SETUP		Amostras:	RABANEAR 1 TIRA (25 DISCOS) (1 TUBO)	RABANEAR 30 TIRAS (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	145	1	7,57	162,98
	PREPARAÇÃO DE SACOS	-	2	3,1	150,4
	TROCA DE SACOS	-	3	2,29	145,7
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	2,71	162,1	
		5	3,1	135,3	
		6	4,89	148,5	
		7	1,64	139,0	
		8	2,94	175,45	
		9	4,11	147,9	
		10	3,14	143,4	
		11	2,45	152,3	
		12	2,81	140,5	
		13	1,81	146,8	
		14	2,74	167,47	
		15	4,2	138,7	
		16	1,51	149,6	
		17	1,83	141,1	
		18	2,09	144,4	
		19	3,95	171,9	
		20	4,68	142,2	
		21	3,39	134,56	
		22	2,37	140,9	
		23	4,92	155,3	
		24	3,87	149,2	
		25	3,61	138,1	
		26	2,89	153,7	
		27	2,13	162,47	
		28	3,21	145,0	
		29	1,86	139,5	
		30	4,43	148,4	
		Média	3,208	160,586	
		Desv. Padrão	1,26253012	13,81999508	

Figura C 1 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Rabanear".

		Amostras:	RABANEAR 3 TIRAS (75 DISCOS) (1 TUBO)	RABANEAR 90 TIRAS (2250 DISCOS) (30 TUBOS)
RABANEAR	SETUP	145	18,71	450,5
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	-	9,3	420,3
	PREPARAÇÃO DE SACOS	-	6,87	433,7
	TROCA DE SACOS	-	8,13	410,2
	ENCHIMENTO DA BANCA	-	9,3	435,6
		5	12,67	455
		6	4,92	425,4
		7	8,82	465,2
		8	8,33	430,1
		9	15,42	415,8
		10	7,35	448,3
		11	8,43	412,7
		12	5,43	436,9
		13	8,22	441,5
		14	12,6	419,3
		15	4,53	450,9
		16	5,49	422,6
		17	6,27	434
		18	11,85	457,4
		19	9,04	424,5
		20	7,17	439,1
		21	7,11	414,8
		22	17,76	460,6
		23	9,61	432,1
		24	8,83	417,2
		25	8,67	444,8
		26	6,39	426,3
		27	9,63	458,78
		28	5,58	420,9
		29	19,29	433,2
	30	9,39066667	434,5893333	
	Média	3,88682333	15,48769295	
	Desv. Padrão			

Figura C 2 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Rabanear" para a mesma qualidade.

LAMINAGEM	SETUP		Amostrs:	LAMINAR 1 TIRA (25 DISCOS) (1 TUBO)	LAMINAR 30 TIRAS (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	420	1	8,43	145,2
	PREPARAÇÃO DE SACOS	120	2	2,43	168,4
	TROCA DE SACOS	121	3	5,08	160,7
ENCHIMENTO DA BANCA	127	4	4,59	152,1	
		5	2,35	147,3	
		6	5,58	99,5	
		7	3,4	149	
		8	6,14	170,8	
		9	6,58	252,9	
		10	3,15	153,4	
		11	3,48	162,3	
		12	5,08	150,5	
		13	2,25	156,8	
		14	6,03	158,2	
		15	3,59	98,47	
		16	7,07	159,6	
		17	4,59	161,1	
		18	8,53	151,4	
		19	3,19	167,9	
		20	5,51	154,2	
		21	2,28	157,5	
		22	6,29	255,9	
		23	3,5	165,3	
		24	4,58	159,2	
		25	2,27	148,1	
		26	6,47	163,7	
		27	5,35	153,8	
		28	6,05	137,7	
		29	4,51	149,5	
		30	5,39	158,4	
		Média	4,791333333	158,9623333	
		Desv.Padrão	1,736603454	30,08616423	

Figura C 3 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Laminagem".

LAMINAGEM	SETUP		Amstras:	LAMINAR 3 TIRAS (75 DISCOS) (1 TUBO)	LAMINAR 90 TIRAS (2250 DISCOS) (30 TUBOS)
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	420s	1	50,58	850
	PREPARAÇÃO DE SACOS	360	2	14,58	870,5
	TROCA DE SACOS	363	3	30,48	860,7
	ENCHIMENTO DA BANCA	381	4	27,54	845,2
		5	14,1	855,6	
		6	33,48	880	
		7	20,4	865,4	
		8	36,84	890,2	
		9	39,48	860,1	
		10	18,9	852,8	
		11	20,88	875,3	
		12	30,48	848,7	
		13	13,5	861,9	
		14	36,18	869,5	
		15	21,54	854,3	
		16	42,42	878,9	
		17	27,54	857,6	
		18	51,18	863	
		19	19,14	882,4	
		20	33,06	859,5	
		21	13,68	864,1	
		22	37,74	853,8	
		23	21	888,6	
		24	27,48	862,1	
		25	13,62	847,2	
		26	38,82	872,8	
		27	32,1	856,3	
		28	36,3	866	
		29	27,06	850,9	
		30	32,34	863,2	
		Média	28,748	863,5533333	
		Desv.Padrão	10,41962072	11,7948501	

Figura C 4 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Laminagem" para a mesma qualidade.

FURAÇÃO				
SETUP		Amostras:	FURAR 1 TIRA (25 DISCOS) (1 TUBO)	FURAR 30 TIRAS (750 DISCOS) (30 TUBOS)
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	64	1	28,76	790,12
PREPARAÇÃO DE SACOS	-	2	42,53	870,65
TROCA DE SACOS	-	3	25,98	754,32
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	45,78	910,45
		5	38,21	842,34
		6	30,19	800,98
		7	48,63	920,87
		8	22,45	742,12
		9	49,98	935,67
		10	27,34	783,45
		11	39,84	845,23
		12	26,57	780,12
		13	44,19	905,67
		14	24,73	765,43
		15	41,23	860,98
		16	23,65	750,23
		17	43,58	880,12
		18	35,67	834,56
		19	37,12	846,78
		20	30,45	805,12
		21	40,89	890,45
		22	27,48	780,98
		23	38,67	845,23
		24	24,29	765,87
		25	44,67	910,12
		26	23,87	752,45
		27	41,34	875,67
		28	25,67	770,34
		29	42,89	899,12
		30	34,67	830,56
		Média	35,044	831,533333
		Desv.Padrão	8,427472377	58,39784655

Figura C 5 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Furação".

FURAÇÃO				SETUP		Amostras:		FURAR 3 TIRAS (75 DISCOS) (1 TUBO)	FURAR 90 TIRAS (2250 DISCOS) (30 TUBOS)
				PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	64	1		80,23	2600,12
				PREPARAÇÃO DE SACOS	-	2		108,76	2915,67
				TROCA DE SACOS	-	3		74,12	2501,23
				ENCHIMENTO DA BANCA	-	4		114,56	3050,98
						5		90,67	2750,54
						6		85,23	2650,87
						7		110,45	3100,12
						8		78,34	2480,56
						9		115,78	2300,98
						10		84,56	2585,16
						11		99,12	2800,87
						12		89,87	2700,26
						13		105,23	2995,67
						14		76,54	2520,54
						15		102,78	2880,98
						16		82,45	2550,34
						17		107,12	2950,87
						18		94,56	2758,15
						19		97,23	2850,56
						20		87,34	2630,23
						21		100,56	3000,98
						22		81,23	2545,67
						23		95,67	2800,17
						24		79,45	2590,87
						25		108,23	3055,23
						26		77,34	2505,67
						27		103,67	2980,16
						28		88,12	2610,89
						29		101,45	2945,44
						30		92,34	2725,38
						Média		93,7666667	2744,505333
						Desv. Padrão		12,06688399	205,8973772

Figura C 6 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Furação" para a mesma qualidade.

SETUP	Amostras:	ESCOLHER (25 DISCOS) (1 TUBO)	ESCOLHER (750 DISCOS) (30 TUBOS)
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	1	42,32	1350,2
PREPARAÇÃO DE SACOS	2	36,02	1400,4
TROCA DE SACOS	3	41,9	1375,7
ENCHIMENTO DA BANCA	4	39,46	1392,1
	5	45,17	1365,3
	6	41,73	1388,5
	7	44,73	1349
	8	46,16	1423,8
	9	44,63	1387,9
	10	50,19	1373,4
	11	43,26	1412,3
	12	48,01	1360,5
	13	56,16	1386,8
	14	38,73	1388,2
	15	41,4	1368,7
	16	48,02	1409,6
	17	53,2	1371,1
	18	45,27	1374,4
	19	44,21	1411,9
	20	47,65	1382,2
	21	49,51	1377,5
	22	50,13	1360,9
	23	51,28	1435,3
	24	48,61	1389,2
	25	47,51	1358,1
	26	49,96	1413,7
	27	52,2	1373,8
	28	46,78	1385
	29	40,33	1349,5
	30	44,02	1388,4
	Média	45,95166667	1383,446667
	Desv. Padrão	4,549580994	21,79731992

Figura C 7 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Escolha (Discos)".

ESCOLHA (DISCOS)		Amostras:	ESCOLHER (EXTRA)	ESCOLHER (EXTRA)
SETUP				
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	-	1	59,59	1760
PREPARAÇÃO DE SACOS	62	2	58,82	1780,5
TROCA DE SACOS	-	3	59,24	1770,7
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	59,43	1755,2
		5	59,12	1765,6
		6	58,74	1790
		7	59,32	1775,4
		8	59,02	1800,2
		9	59,41	1760,1
		10	59,26	1752,8
		11	59,06	1785,3
		12	59,58	1758,7
		13	58,97	1771,9
		14	59,31	1779,5
		15	59,11	1764,3
		16	58,65	1788,9
		17	59,49	1767,6
		18	59,05	1773
		19	59,33	1792,4
		20	58,87	1769,5
		21	59,26	1774,1
		22	59,34	1763,8
		23	59,17	1798,6
		24	59,47	1772,1
		25	58,92	1757,2
		26	59,04	1782,8
		27	59,62	1766,3
		28	59,23	1776
		29	58,85	1760,9
		30	59,36	1773,2
		Média	59,1876667	1772,886667
		Desv. Padrão	0,255430138	12,4423399

Figura C 8 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Escolha (Discos)" para a mesma qualidade.

COLAGEM		Amostras:	COLAGEM (25 DISCOS) (1 TUBO)	COLAGEM (750 DISCOS) (30 TUBOS)
SETUP				
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	-	1	40,78	1243,5
PREPARAÇÃO DE SACOS	-	2	56,12	1478,4
TROCA DE SACOS	-	3	41,45	1462,7
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	55,54	1223,4
PRODUÇÃO DE COLA		5	48,87	1455,3
		6	47,98	1482,5
		7	53,1	1449
		8	47,89	1493,8
		9	53,45	1477,9
		10	48,54	1463,4
		11	36,76	1603,5
		12	54,67	1458,5
		13	47,9	1476,8
		14	53,23	1480,2
		15	48,54	1460,7
		16	36,67	1490,6
		17	46,22	1461,1
		18	48,56	1464,4
		19	36,43	1485,9
		20	59,98	1468,2
		21	48,65	1666,2
		22	38,78	1457,9
		23	56,89	1498,3
		24	47,76	1471,2
		25	55,34	1448,1
		26	48,21	1300,1
		27	56,89	1465,8
		28	47,1	1469
		29	57,86	1706,7
		30	48,45	1735,8
		Média	48,95366667	1469,963333
		Desv. Padrão	6,456850875	120,5749545

Figura C 9 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Colagem".

SETUP	Amostras:	PRENSAR (25 DISCOS) (1 TUBO)	PRENSAR (450 DISCOS) (18 TUBOS)	PRENSAR (750 DISCOS) (30 TUBOS)
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	138,3	72,34	850,12	1400,27
PREPARAÇÃO DE SACOS	-	45,87	920,56	1678,54
TROCA DE SACOS	-	93,48	780,23	1389,64
ENCHIMENTO DA BANCA	4	67,23	960,87	1752,25
	5	102,98	890,34	1450,44
	6	53,26	870,98	1568,78
	7	89,12	930,12	1655,74
	8	52,34	810,45	1352,98
	9	71,56	975,67	1758,64
	10	56,78	840,78	1487,45
	11	79,34	905,23	1575,89
	12	43,21	860,56	1689,45
	13	95,67	945,12	1344,74
	14	62,34	805,27	1625,83
	15	78,12	935,78	1375,44
	16	57,89	825,64	1752,24
	17	91,23	955,14	1500,74
	18	41,23	900,67	1530,47
	19	77,34	915,03	1481,76
	20	64,56	865,46	1649,74
	21	83,45	940,32	1450,22
	22	54,32	835,76	1560,12
	23	88,76	915,44	1399,84
	24	60,12	820,67	1712,22
	25	74,56	965,37	1423,78
	26	48,23	795,66	1694,78
	27	86,34	930,67	1446,91
	28	59,87	888,21	1580,23
	29	76,43	978,47	1462,43
	30	68,12	885,91	1756,49
	Média	69,8696667	890,05	1550,268333
	Desv.Padrão	16,5844778	56,52703271	132,6287644

Figura C 10 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Prensa".

SECAGEM	SETUP		Amostras:	SECAR (450 DISCOS) (18 TUBOS)	SECAR (900 DISCOS) (36 TUBOS)
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	600	1	2345,12	4987,23
	PREPARAÇÃO DE SACOS	-	2	2876,56	5834,56
	TROCA DE SACOS	-	3	3098,23	5201,34
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	2521,67	5899,45	
		5	3150,45	5375,56	
		6	2690,78	5555,67	
		7	2874,12	5112,78	
		8	2567,98	5799,89	
		9	2950,54	5060,9	
		10	2534,67	5298,01	
		11	2788,54	5599,12	
		12	2645,45	5475,23	
		13	2997,79	5723,34	
		14	2345,23	5021,46	
		15	2844,12	5501,56	
		16	2396,56	5188,67	
		17	3047,11	5876,78	
		18	2705,89	5423,89	
		19	2637,25	5312,9	
		20	2477,45	5543,74	
		21	2974,84	5665,78	
		22	2400,58	5224,23	
		23	2884,62	5410,35	
		24	2361,04	5087,45	
		25	3107,23	5789,56	
		26	2275,45	4965,67	
		27	2760,12	5532,74	
		28	2543,56	5210,87	
		29	2998,67	5645,97	
		30	2370,17	5064,77	
	Média		2705,76333	5412,649	
	Dev. Padrão		263,6837908	283,6095593	

Figura C 11 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Secagem".

SETUP	Amostras:	LATERAIS	LATERAIS	LATERAIS	TOPOS	TOPOS	TOPOS	TOTAL	TOTAL	TOTAL
		(25 DISCOS) (1 TUBO)	(450 DISCOS) (18 TUBOS)	(750 DISCOS) (30 TUBOS)	(25 DISCOS) (1 TUBO)	(450 DISCOS) (18 TUBOS)	(750 DISCOS) (30 TUBOS)	(25 DISCOS) (1 TUBO)	(450 DISCOS) (18 TUBOS)	(750 DISCOS) (30 TUBOS)
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	1	29,23	622,65	1234,5	26,77	530,65	1080,89	56	1153,3	2315,39
PREPARAÇÃO DE SACOS	2	41,55	648,21	1289,34	34,99	556,31	1105,56	76,54	1204,52	2394,9
TROCA DE SACOS	3	32,48	631,45	1256,78	27,56	528,68	1078,9	60,04	1160,13	2335,68
ENCHIMENTO DA BANCA	4	38,67	640,01	1290,12	32,47	565,54	1120,21	71,14	1205,55	2410,33
DESLOCAÇÕES	5	34,45	629,46	1265,67	30,41	537,64	1097,65	64,86	1167,1	2363,32
	6	36,78	642,33	1275,89	28,96	553,48	1083,64	65,74	1195,81	2359,53
	7	28,34	635,74	1245,23	33,46	546,98	1096,66	61,8	1182,72	2341,89
	8	40,74	630,89	1280,56	25,78	540,9	1102,74	66,52	1171,79	2383,3
	9	30,54	645,21	1250,22	31,64	559,84	1119,21	62,18	1205,05	2369,43
	10	37,67	628,77	1297,34	29,81	532,19	1082,76	67,48	1160,96	2380,1
	11	33,14	639,08	1267,45	30,89	550,89	1100,43	64,03	1189,97	2367,88
	12	39,45	633,94	1239,87	28,67	538,46	1098,98	68,12	1172,4	2338,85
	13	31,78	641,37	1287,12	34,68	561,64	1111,32	66,46	1203,01	2398,44
	14	43,24	634,49	1248,66	26,48	529,84	1081,65	69,72	1164,33	2330,31
	15	35,67	643,99	1292,84	33,49	554,89	1104,87	69,16	1198,88	2397,71
	16	34,89	627,16	1264,56	28,71	541,46	1086,21	63,6	1168,62	2350,77
	17	38,45	638,54	1274,15	35,98	548,68	1108,76	74,43	1187,22	2382,91
	18	32,78	637,86	1246,46	30,47	535,47	1093,32	63,25	1173,33	2339,78
	19	36,23	630,33	1281,65	27,66	557,89	1107,98	63,89	1188,22	2389,62
	20	37,98	684,88	1256,48	29,74	533,09	1089,54	67,72	1217,97	2346,02
	21	33,45	636,31	1294,56	32,98	551,49	1101,87	66,43	1187,8	2396,43
	22	40,16	633,74	1268,38	26,97	539,24	1094,76	67,13	1172,98	2363,14
	23	30,47	638,92	1240,66	29,86	558,76	1110,21	60,33	1197,68	2350,87
	24	40,45	631,44	1286,69	27,34	534,73	1087,65	67,79	1166,17	2374,34
	25	31,23	645,2	1251,78	34,69	560,47	1112,98	65,92	1205,67	2364,76
	26	35,67	629,88	1293,08	26,73	530,68	1079,34	62,4	1160,56	2372,42
	27	29,56	642,27	1263,34	31,64	555,52	1103,54	61,2	1197,79	2366,88
	28	39,78	634,65	1273,55	28,74	537,99	1091,87	68,52	1172,64	2365,42
	29	32,47	639,56	1247,65	34,06	542	1085,98	66,53	1181,56	2333,63
	30	38,4	630,89	1281,44	25,93	552,68	1114,34	64,33	1183,57	2395,78
	Média	35,52333333	637,6406667	1266,200667	30,252	545,6026667	1097,794	65,77533333	1183,243333	2365,994667
	Desv. Padrão	4,037831376	10,62095286	18,6504032	2,981227264	11,09275888	12,11077828	4,139360444	16,91947386	23,71193606

Figura C 12 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Acabamento".

ESCOLHA (TUBOS)	SETUP		Amostras:	ESCOLHER (25 DISCOS) (1 TUBO)	ESCOLHER (750 DISCOS) (30 TUBOS)
	PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	-	1	12,34	350,2
	PREPARAÇÃO DE SACOS	64,3	2	11,23	435,9
	TROCA DE SACOS	-	3	13,12	296,7
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	10,56	360,7	
		5	14,53	453	
		6	12,87	390,3	
		7	12,11	365	
		8	15	400,6	
		9	9,67	375,8	
		10	12,22	365,9	
		11	11,34	385,2	
		12	13,23	450	
		13	10,78	375,7	
		14	14,54	381,8	
		15	12,33	364,6	
		16	12,44	456,9	
		17	15,1	366,3	
		18	9,89	373	
		19	12,55	388,9	
		20	11,45	368,7	
		21	13,34	376,4	
		22	10,9	290,1	
		23	14,65	395,2	
		24	12,66	379,3	
		25	12,75	351,7	
		26	15,23	436,2	
		27	9,013	367,5	
		28	14,76	439,5	
		29	13,56	356,8	
		30	10,35	379,1	
		Média	12,48376667	382,5666667	
		Desv. Padrão	1,69976335	38,94098384	

Figura C 13 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Escolha (Tubos)".

SETUP		Amostras:	EMBALAR (25 DISCOS) (1 TUBO)	EMBALAR (750 DISCOS) (30 TUBOS)
PREPARAÇÃO DA MÁQUINA	-	1	13,67	468,65
PREPARAÇÃO DE SACOS	29	2	14,34	502,56
TROCA DE SACOS	-	3	12,76	478,98
ENCHIMENTO DA BANCA	-	4	14,89	510,98
		5	13,45	490,85
		6	12,32	475,53
		7	14,9	485,32
		8	13,89	493,35
		9	14,56	505,78
		10	12,65	472,89
		11	13,78	492,98
		12	14,34	486,46
		13	13,79	500,89
		14	12,67	474,35
		15	14,45	489,45
		16	13,9	482,57
		17	14,87	498,98
		18	12,56	483,03
		19	14,78	496,79
		20	13,43	478,65
		21	14,23	491,78
		22	12,78	485,24
		23	13,57	502,89
		24	14,1	473,68
		25	12,89	500,02
		26	13,76	471,87
		27	14,55	494,86
		28	12,35	481,87
		29	14,09	474,35
		30	13,74	503,68
		Média	13,73533333	488,30933333
		Desv. Padrão	0,78734022	11,58763161

Figura C 14 - Folha de Excel para tempos medidos da operação "Embalamento".