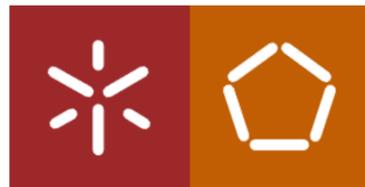




Aplicação de princípios *Lean Thinking* para a melhoria do desempenho numa empresa de artigos de comunicação visual

Costa da Cunha Ferreira

UMinho | 2021



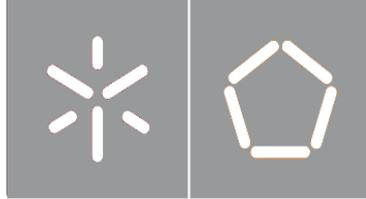
Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Costa da Cunha Ferreira

Aplicação de princípios *Lean Thinking* para a melhoria do desempenho numa empresa de artigos de comunicação visual

Outubro de 2021





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Costa da Cunha Ferreira

**Aplicação de princípios *Lean Thinking* para a  
melhoria do desempenho numa empresa de artigos  
de comunicação visual**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do (s)

Professor Doutor Rui Manuel Lima

Professor Doutor Cristiano de Jesus

Outubro de 2021

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

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

## AGRADECIMENTOS

A vida é feita de ciclos, finalizamos um e começamos outro. Este projeto marca o fim do ciclo de estudo do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Durante este ciclo passei por bons e maus momentos, alguns desses momentos foram vividos ao lado de pessoas que não podia deixar de agradecer.

Primeiramente quero agradecer à minha mãe, pelo amor e por oferecer o seu apoio em todos os momentos em que precisei.

À Vânia e à Dilma, obrigado por me ajudarem a manter o foco nos meus objetivos e por me ajudarem sempre que preciso.

Aos meus orientadores pelo apoio que me deram para concluir com sucesso essa etapa da minha vida.

À Sonangol, agradeço por tudo que me proporcionou durante os anos de formação.

À BI-Silque, agradeço a oportunidade de fazer parte da equipa. Aprendi muito com toda a equipa em que estava inserido.

Para finalizar, queria agradecer a todos os meus amigos e a todos os membros da minha família, por fazerem parte da minha vida e por estarem disponíveis sempre que preciso.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

# Aplicação de princípios *Lean Thinking* para a melhoria do desempenho numa empresa de artigos de comunicação visual

## RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do projeto final do curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Este projeto foi desenvolvido em contexto industrial e teve como foco a implementação de conceitos e ferramentas *Lean* para melhorar o desempenho numa empresa que fabrica artigos de comunicação visual. A outra parte do projeto focou-se na criação de uma proposta de *layout* para uma nova secção da empresa.

Seguindo a metodologia de investigação *Action-Research*, iniciou-se o projeto com uma fase de contextualização, em que se abordaram os principais tópicos da dissertação, nomeadamente o *Lean Thinking* e os métodos para estudar *layouts*. Na fase seguinte, aplicaram-se ferramentas como diagrama de *spaghetti* e o diagrama de causa-efeito, tendo-se detetado diversos problemas de abastecimento de material, falta de organização e pouco envolvimento dos colaboradores.

A terceira etapa do projeto compreendeu a elaboração das propostas de melhoria. Na etapa seguinte foram implementadas algumas propostas tais como: criação de um armazém de produto intermédio, aplicação da ferramenta 5S, implementação de eventos *kaizen*, aplicação da ferramenta SMED e desenvolveu-se uma proposta de *layout* para a nova secção com recurso ao método CORELAP e uma simulação da ocupação do espaço com folhas de cartão.

A implementação dos eventos *kaizen* garantiu maior envolvimento dos operadores, que passaram a trazer problemas e a participar da criação e implementação de melhorias. A criação do armazém de produto intermédio reduziu esperas e eliminou perdas de produção na ordem dos 62.400 euros/ano. A ferramenta SMED permitiu uma redução de 34% no tempo de *setup* de um dos processos. A ferramenta 5S fez com que as caixas ficassem mais acessíveis para todos os operadores que as utilizam. Com estas medidas, verificou-se um aumento de 7% no desempenho da zona de montagem e embalagem. Por fim, com a implementação da proposta de *layout*, estima-se uma redução de cerca de 70% nas principais movimentações realizadas pelos operadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lean Thinking*, *Layouts*, SMED, CORELAP, 5S, Eventos *Kaizen*

# **Application of Lean Thinking principles to improve performance in a visual communication articles company**

## **ABSTRACT**

This dissertation was developed as part of the final project of the Integrated Master course in Industrial Engineering and Management. This project was developed in an industrial context and focused on the implementation of Lean concepts and tools to improve the performance in a company that manufactures visual communication articles. The other part of the project focused on creating a layout proposal for a new section of the company.

Following the Action-Research research methodology, the project started with a contextualization phase, where the main topics of the dissertation were addressed, namely Lean Thinking and the methods to study layouts. In the next phase, tools such as spaghetti diagram and cause-effect diagram were applied, having detected several supply problems, lack of organization, little involvement of employees and high setup times.

The third stage of the project involved the elaboration of improvement proposals. Subsequently, some proposals were implemented, such as: creation of an intermediate product warehouse, application of the 5S tool, implementation of kaizen events, application of the SMED tool and a layout proposal for the new section was developed using the CORELAP method and a simulation of space occupation with cardboard sheets. The last stage of the project was to collect and evaluate the results obtained with the creation of these solutions.

The implementation of the kaizen events ensured greater involvement of the operators, who started to bring problems and to participate in the creation and implementation of improvements. The creation of the intermediate product warehouse reduced waiting times and eliminated production losses of around 62.400 euros/year. The SMED tool allowed a 34% reduction in the setup time for one of the processes. The 5S tool made the boxes more accessible to all operators who use them. With these measures, there was a 7% increase in the performance of the assembly and packaging area. Finally, with the implementation of the layout proposal, it is estimated a reduction of around 70% in the main movements carried out by operators.

**KEYWORDS** Lean Thinking, Layouts, SMED, CORELAP, 5S, Kaizen Events

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia de Investigação.....	3
1.4. Estrutura da Dissertação.....	4
2. Revisão da Literatura.....	6
2.1. <i>Lean Production</i> .....	6
2.1.1. Desperdícios.....	8
2.1.2. Princípios <i>Lean</i> .....	10
2.2. Ferramentas <i>Lean</i> .....	11
2.2.1. <i>Kaizen</i> .....	12
2.2.2. SMED - <i>Single Minute Exchange of Die</i> .....	13
2.2.3. 5S e Gestão Visual.....	14
2.2.4. <i>Standard Work</i> .....	16
2.3. Barreiras e Benefícios na Implementação do <i>Lean Thinking</i> .....	16
2.4. Estudo de <i>Layouts</i> .....	17
2.4.1. <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP).....	18
2.4.2. <i>COmputerized RElationship LAYout Planning</i> (CORELAP).....	20
3. Apresentação da Empresa.....	21
3.1. História e Descrição.....	21

3.2.	Missão e Valores .....	22
3.3.	Produtos e Matérias-Primas.....	22
3.4.	Processo Produtivo.....	23
4.	Análise Crítica e Descrição da Situação Inicial .....	25
4.1.	Caracterização das Áreas de Estudo.....	25
4.2.	Aplicação da Metodologia <i>Action-Research</i> .....	26
4.3.	Descrição do Processo Produtivo.....	26
4.4.	Identificação de Problemas na Zona de Montagem e Embalagem.....	27
4.4.1.	Abastecimento de Perfis .....	28
4.4.2.	<i>Setup</i> da Máquina de Filmagem.....	30
4.4.3.	Desorganização e Falta de Identificação das Caixas.....	31
4.4.4.	Falta de Aproveitamento do Potencial Humano .....	34
4.4.5.	Baixo Desempenho.....	34
4.5.	A Nova Secção.....	35
4.6.	Síntese dos Problemas Identificados.....	38
5.	Apresentação das Propostas de Melhoria .....	39
5.1.	Melhorias na Zona de Montagem e Embalagem.....	39
5.1.1.	Implementação de Eventos <i>Kaizen</i> .....	39
5.1.2.	Criação de um Armazém de Perfis .....	41
5.1.3.	Redução do Tempo de <i>Setup</i> do Processo de Filmagem.....	43
5.1.4.	Organização das Caixas e Implementação da Ferramenta 5S .....	44
5.2.	Proposta de <i>Layout</i> para a nova Secção.....	46
5.2.1.	Planeamento do <i>Layout</i> .....	47
5.2.2.	Aplicação do Método CORELAP.....	48
5.2.3.	Simulação de Ocupação do Espaço em Escala Real .....	50
6.	Análise e Discussão de Resultados.....	52
6.1.	Maior Envolvimento dos Colaboradores.....	52
6.2.	Melhoria no Abastecimento de Perfis .....	52
6.3.	Redução do Tempo de <i>Setup</i> do Processo de Filmagem .....	53

6.4.	Melhor Organização das Caixas .....	54
6.5.	Aumento do Desempenho .....	55
6.6.	Resultados da Proposta de <i>Layout</i> .....	55
7.	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	57
7.1.	Conclusões .....	57
7.2.	Trabalhos Futuros .....	58
	Referências Bibliográficas .....	59
	Anexo I – VSM Simplificado da BI-Silque .....	64
	Apêndice I – Estudo de Tempos.....	66
	Apêndice II – Matriz de Distâncias do <i>Layout</i> Atual.....	68
	Apêndice III – Matriz de Distâncias da Proposta de <i>Layout</i> .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da metodologia <i>Action-Research</i> (Saunders et al., 2009) .....	4
Figura 2 - A casa do TPS (Liker, 2003).....	7
Figura 3 - Evolução da produção (Juran & Feo, 2010) .....	8
Figura 4 - Princípios <i>Lean</i> (Adaptado de Womack & Jones, 2003).....	10
Figura 5 - Atividades do <i>Kaizen</i> (Imai, 1986) .....	12
Figura 6 - O ciclo PDCA na melhoria contínua (Adaptado de Suzaki, 2012).....	13
Figura 7 - Exemplo de gestão visual (semáforo) .....	15
Figura 8 - Fases do SLP (Muther & Hales, 2015).....	19
Figura 9 - Sede da empresa e o respetivo <i>layout</i> .....	21
Figura 10 - Organigrama da empresa.....	22
Figura 11 - Principais produtos da empresa .....	23
Figura 12 - Principais processos da empresa .....	24
Figura 13 - Disposição das linhas na zona de montagem e embalagem .....	25
Figura 14 - Sequência de processos realizados na zona de montagem e embalagem.....	27
Figura 15 - A constituição de um quadro.....	27
Figura 16 - Etapas do processo de montagem.....	28
Figura 17 - Saída do quadro.....	28
Figura 18 - Armazém de perfis inicial .....	29
Figura 19 - Fluxo realizado pelos perfis .....	29
Figura 20 - Exemplos de acessórios .....	30
Figura 21 - Máquina de filmagem .....	31
Figura 22 - Passagem do quadro pela estufa.....	32
Figura 23 - Desorganização das caixas.....	32
Figura 24 - Distribuição incorreta das caixas pela zona produtiva.....	33
Figura 25 - Movimentações do operador que distribui as caixas (situação inicial) .....	33
Figura 26 - Diagrama de causa-efeito para a baixa produtividade da zona de montagem e embalagem .....	35
Figura 27 - A nova secção da empresa.....	36
Figura 28 - Diagrama de <i>spaghetti</i> da secção atual .....	37
Figura 29 - Quadro <i>Lean</i> .....	40

Figura 30 - Novo móvel para ajudar a sequenciar as ordens de produção .....	41
Figura 31 - O novo armazém de perfis .....	42
Figura 32 - O novo fluxo dos perfis .....	43
Figura 33 - Espaço reservado para o rolo de filme substituto .....	44
Figura 34 - Organização das caixas depois da implementação dos 5S .....	45
Figura 35 - Nova distribuição das caixas.....	45
Figura 36 - Palete de caixas junto às linhas.....	46
Figura 37 - Movimentações do operador que distribui as caixas depois da aplicação dos 5S .....	46
Figura 38 - Estruturas existentes na nova secção .....	47
Figura 39 - Proposta de <i>layout</i> (inicial) .....	50
Figura 40 - Proposta de <i>layout</i> (final).....	50
Figura 41 - Simulação da ocupação do espaço com folhas de cartão.....	51
Figura 42 - Diagrama de <i>spaghetti</i> do novo <i>layout</i> .....	51
Figura 43 - Melhoria do fluxo dos perfis.....	53
Figura 44 - Antes e depois da implementação dos 5S .....	54
Figura 45 - Antes e depois do diagrama de <i>spaghetti</i> do operador que manuseia as caixas.....	54
Figura 46 - Melhoria do desempenho da zona de montagem e embalagem .....	55
Figura 47 - Diagrama de <i>spaghetti</i> do <i>layout</i> atual e do <i>layout</i> proposto .....	56
Figura 48 - VSM simplificado do processo produtivo .....	64

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fases dos 5S (Hirano, 1995).....	15
Tabela 2 - Alguns benefícios e barreiras do <i>Lean</i> (Ciarniene & Vienazindiene, 2015).....	17
Tabela 3 - Grau de relacionamento (GR) e o respetivo peso .....	20
Tabela 4 - Gestão do projeto .....	26
Tabela 5 - Operações de <i>setup</i> do processo de filmagem .....	31
Tabela 6 - Resumo dos problemas identificados .....	38
Tabela 7 - Cálculo do espaço necessário para o armazém de perfis.....	42
Tabela 8 - Classificação das operações do <i>setup</i> do processo de filmagem.....	43
Tabela 9 - Cálculo da área necessária para o novo <i>layout</i> .....	48
Tabela 10 – Matriz de relacionamento para o cálculo do TCR.....	49
Tabela 11 - Ganhos relativos à redução do tempo de <i>setup</i> do processo de filmagem.....	53
Tabela 12 - Tempos observados para os processos de montagem e operação de <i>setup</i> .....	67
Tabela 13 - Matriz de distâncias das movimentações mais frequentes no <i>layout</i> atual.....	68
Tabela 14 - Matriz de distância das movimentações mais frequentes no <i>layout</i> proposto .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

**3M** – Muda, Mura e Muri

**5S** – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

**CORELAP** – Computerized Relationship Layout Planning

**EMS** – Environmental Management Systems

**ISO** – International Organization for Standardization

**JIT** – Just-In-Time

**MMA** – Máquinas de Montagem Automática

**PDCA** – Plan, Do, Check, Act

**SFI** – Sustainable Forestry Initiative

**SLP** – Systematic Layout Planning

**SMED** – Single Minute Exchange of Die

**TCR** – Total Closeness Rating

**TPS** – Toyota Production System

**VGR** – Valores do Grau de Relacionamento

**VSM** – Value Stream Map

**WIP** – Work-In-Process

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introduz-se o projeto de dissertação com um breve enquadramento. Seguidamente apresentam-se os principais objetivos da dissertação bem como a metodologia de investigação utilizada. Na última parte do capítulo é apresentada a estrutura da dissertação.

### 1.1. Enquadramento

O surgimento da produção em massa suscitou um aumento da oferta e diminuição do preço de alguns artigos. Isso causou uma grande preocupação para as empresas, que competem entre si, de criarem formas de manterem os preços baixos. Segundo Ford (1926) uma das formas de manter o preço baixo dos artigos é diminuir gradualmente o ciclo de produção dos mesmos, porque quanto mais tempo um artigo fica no processo produtivo e é movido, maior é o seu custo de produção e conseqüentemente o preço.

Existem filosofias que ajudam a diminuir gradualmente o ciclo de produção dos artigos, permitindo que as empresas consigam melhorias de grande impacto para o processo produtivo, de forma a garantir estabilidade no preço dos artigos (Herrala, Pekuri, & Aapaoja, 2012). Uma dessas filosofias que tem sido implementada em empresas é o *Toyota Production System* (TPS), que foi criada pela Toyota durante o período pós Segunda Guerra Mundial (Ohno, 1988).

O TPS é uma filosofia de produção que visa reduzir os custos de produção por meio da eliminação de desperdícios (Ohno, 1988). Designam-se por desperdícios, todas as etapas do processo produtivo que não influenciam diretamente na transformação das matérias-primas em produto final (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Os desperdícios que podem existir no sistema produtivo são: sobreprodução, transportes, movimentos, esperas, *stocks*, sobreprocessamento e defeitos/falhas (Ohno, 1988). A identificação e eliminação de desperdícios deve ser um processo contínuo (Sugimori et al., 1977).

O TPS além da redução dos custos, garante um sistema produtivo com um grau elevado de habilidades e um ambiente de trabalho favorável, isso significa que todas as capacidades dos trabalhadores são utilizadas e que eles são tratados com consideração e como seres humanos. Os trabalhadores envolvidos no processo devem fazer parte do processo contínuo de identificação e eliminação de desperdícios (Sugimori et al., 1977).

A obra *"The Machine That Changed The World"* (Womack, Jones, & Roos, 1990) populariza o termo *Lean Production* associado ao TPS. O *Lean* é uma filosofia de trabalho que enfatiza a redução do

desperdício e que procura perceber aquilo que é valorizado pelo cliente para melhorar as atividades que acrescentam valor no produto ou serviço prestado (Womack et al., 1990; Herrala, Pekuri, & Aapaoja, 2012). Para implementar o *Lean* e atingir os seus objetivos é necessário utilizar algumas ferramentas, como por exemplo, *Kanban* (Metcalfe, 2018), 5S (Hirano, 1995), *Single Minute Exchange of Die* (SMED) (Shingo & Dillon, 1985) e muitas outras que podem ser encontradas em Abdulmalek & Rajgopal (2007). Após o lançamento dessa obra "*The Machine That Changed The World*" o *Lean* ficou conhecido mundialmente e várias empresas adotaram o *Lean* como filosofia de trabalho porque a obra mostra os vários benefícios adquiridos com a sua aplicação, alguns deles podem ser: aumento do desempenho do sistema produtivo, aumento da taxa de produção, redução dos tempos não produtivos e muitos outros. Outras empresas limitaram-se a aplicação de algumas ferramentas para atingir alguns objetivos específicos.

Com o passar do tempo mais obras foram publicadas sobre o *Lean*, as suas ferramentas e os seus benefícios. Isso atraiu mais empresas, desde pequenas a grandes empresas, como é o caso da BI-Silque, uma empresa que se dedica à produção e comercialização de material de comunicação visual, onde será realizada esta dissertação. O objetivo principal do projeto é implementar o *Lean* na zona de montagem e embalagem da BI-Silque para melhorar o desempenho desta zona. Algumas das causas para o baixo desempenho desta zona produtiva eram falhas no abastecimento de produtos intermédios, desorganização do espaço fabril, falta de envolvimento dos operadores e desorganização do espaço fabril. A existência destes problemas levou a que uma intervenção fosse necessária para que, por meio da implementação de técnicas e ferramentas de *Lean Production*, estas limitações fossem ultrapassadas. O outro objetivo do projeto a desenvolver consiste na criação de uma proposta de *layout* para uma nova secção da empresa. Esta segunda parte do projeto surge devido ao grande crescimento da empresa nos últimos anos, e por isso surgiu a necessidade de melhorar o processo produtivo para cumprir com as exigências do mercado. A BI-Silque investiu no processo e adquiriu uma nova linha de montagem que promete aumentar o ritmo de trabalho, face a isso, a empresa pretende que esta linha opere numa nova secção. O principal foco da proposta de *layout* serão as melhorias em termos de fluxo de materiais e as movimentações realizadas pelos operadores.

## 1.2. Objetivos

Esta dissertação teve como objetivos aumentar o desempenho das linhas de produção, aplicando princípios *Lean Thinking* na zona de montagem e embalagem de quadros de madeira da empresa Bi-Silque e desenvolver uma proposta de *layout* para a nova secção da empresa. De forma a cumprir os objetivos, foi necessário:

- Realizar observações e recolher dados para identificar os principais problemas;
- Realizar reuniões com os operadores, com o intuito de os manter envolvidos nos projetos de melhoria contínua;
- Identificar os métodos mais adequados para desenvolver a proposta de *layout*;
- Identificar as ferramentas *Lean* mais adequadas para solucionar alguns dos problemas identificados;
- Medir e avaliar os resultados obtidos com a implementação das propostas de melhoria.

Com a concretização destes objetivos, pretendeu-se melhorar as seguintes medidas de desempenho:

- Reduzir custos;
- Reduzir o número de movimentações;
- Aumentar o desempenho das linhas de produção;
- Reduzir espaço ocupado;
- Reduzir desperdícios.

### 1.3. Metodologia de Investigação

Durante o desenvolvimento da presente dissertação foi aplicada a metodologia de Investigação *Action-Research*, que consiste no uso de métodos científicos para resolução de problemas sociais ou organizacionais com todas as pessoas envolvidas nos problemas, ou seja, nesta estratégia, o investigador desenvolve melhorias com o conhecimento previamente adquirido (Coughlan & Coghlan, 2002; Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Tendo em conta que este projeto decorreu numa empresa e focou-se na resolução de alguns problemas encontrados na empresa, esta é a metodologia que mais se adequa para esse contexto. Sem contar que durante grande parte do projeto tanto o investigador como os colaboradores da empresa estiveram diretamente envolvidos e participaram no processo de aplicação da metodologia *Action-Research*.

Para O'Brien (1998) a *Action-Research* significa aprender fazendo. Essa aprendizagem é feita por etapas. A etapa inicial consiste em perceber o propósito da investigação e contextualizar os temas que serão abordados durante todo o processo investigativo. Depois desse primeiro passo, para atingir o objetivo é necessário passar por mais 4 etapas (Figura 1): Diagnosticar, Planear Ações, Implementar Ações e Avaliar (Saunders et al., 2009).

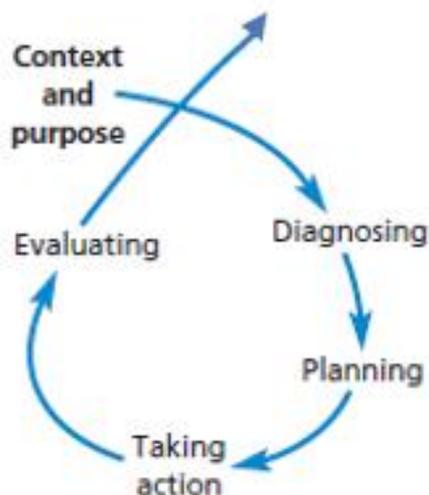


Figura 1 - Fases da metodologia *Action-Research* (Saunders et al., 2009)

No contexto desta metodologia, o projeto encontra-se dividido em 5 etapas. A primeira etapa serviu para contextualizar os temas da investigação e perceber o propósito do projeto, foram observadas as primeiras oportunidades de melhorias e serviu para conhecer as atividades desenvolvidas no local em estudo. A primeira etapa terminou com uma revisão de literatura, em que foram recolhidas as primeiras informações e conheceu-se os métodos científicos utilizados por outros autores para resolver problemas semelhantes.

Na segunda etapa fez-se o diagnóstico do sistema com base nos métodos científicos identificados na fase anterior e a partir das informações que foram dadas pelos colaboradores. Nesta fase foram recolhidos dados quantitativos e qualitativos a partir de observações, entrevistas e outras ferramentas utilizadas em contexto *Lean* para esse efeito. Com base no diagnóstico, na etapa seguinte desenvolveu-se um plano de ações para eliminar as causas dos problemas mais relevantes, uma vez feito o plano, a etapa seguinte serviu para implementar as propostas de melhoria desenvolvidas.

Para Finalizar, fez-se uma avaliação do sistema com as ações implementadas para analisar o impacto das mesmas. O envolvimento dos colaboradores foi importante durante todas as etapas.

#### 1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em sete capítulos. Inicia-se com o capítulo 1, onde se enquadra a dissertação, apresentam-se os objetivos do projeto e aborda-se sobre a metodologia de investigação aplicada. De seguida, no capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica que contempla os conceitos teóricos fundamentais para a realização do projeto, como o *Lean* e os métodos para estudar e desenvolver *layouts*.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa onde se desenvolveu a dissertação, apresenta-se o organigrama da empresa, os principais produtos e o processo produtivo. Seguidamente, no capítulo 4 faz-se a análise crítica da situação inicial de um dos processos da empresa, nomeadamente o processo de montagem e embalagem, bem como os problemas identificados. No capítulo 5 são apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas, pelo que no capítulo 6 se procede à análise dos resultados obtidos com a implementação das mesmas. Por último, o sétimo capítulo apresenta as conclusões da dissertação e algumas oportunidades de melhorias que podem ser analisadas futuramente.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura apresenta uma visão geral sobre a filosofia *Lean*. Esta seção começa com uma breve história do *Lean* e a casa do *Toyota Production System* (TPS). Em seguida, apresentam-se os sete tipos de desperdícios, os princípios *Lean* e apresentam-se algumas ferramentas que auxiliam na implementação do *Lean* e na melhoria de sistemas de produção. Para finalizar, são introduzidos modelos utilizados no estudo de *layouts* e debruça-se sobre a importância dos *layouts*.

### 2.1. *Lean Production*

No início do século XX, Henry Ford revolucionou a indústria global, criando a produção em massa. Esse conceito funciona da seguinte forma: as várias partes que constituem o produto final são produzidas em locais diferentes e são reunidas em uma linha de produção. Cada trabalhador tem uma tarefa ao longo da linha de produção e, à medida que avança, o produto ganha forma. Nesse caso, o produto final foi um carro (Womack et al., 1990). Devido a esses avanços industriais, até o final de 1913, a Ford produzia metade dos carros vendidos anualmente nos Estados Unidos da América (EUA). Outra característica importante da produção em massa é que são produzidas grandes quantidades a baixo custo. A título de exemplo, o preço dos carros produzidos pela Ford reduziu de cerca de 1000€ em 1909 para aproximadamente 240€ em 1928. Na época, a Ford produzia um carro por minuto. A preocupação com a procura do mercado era apenas quando os carros estavam acabados e fora da linha de produção. Esse era o preço a pagar pela produção em grandes quantidades (Hindle, 2008).

A *Toyota Motor Corporation* foi criada em 1935. Nos primeiros anos, a empresa produzia veículos de baixa qualidade com tecnologia primitiva e teve pouco sucesso. Após a Segunda Guerra Mundial, a maior parte da indústria do Japão havia sido destruída e os consumidores tinham pouco poder financeiro. Taiichi Ohno, a pessoa que mais tarde definiu o *Toyota Production System* (TPS), ficou encarregado de melhorar o processo de fabricação da Toyota e decidiu estudar o sistema de produção desenvolvido por Henry Ford. Ele ficou surpreso com as grandes quantidades de inventário e percebeu que apenas uma pequena fração do tempo total de processamento e esforço para fabricar um produto agregava valor para o cliente final (Melton, 2005; Ohno, 2012)

Taiichi Ohno procurou reduzir as ineficiências da produção em massa com eliminação de desperdícios, redução de inventários, melhoria do rendimento e incentivando os funcionários a chamar a atenção para os problemas e a sugerir melhorias para corrigi-los (Womack et al., 1990). Assim nasceu o TPS em 1949.

Para alcançar os objetivos do TPS é preciso seguir um conjunto de conceitos que são representados na casa do TPS (Figura 2). Esta representação dos conceitos foi criada por Fujio Cho para mostrar que todos os conceitos devem funcionar em conjunto para implementar o TPS, isto é, assim como uma casa só está segura se a base e os pilares estão firmes e seguros (Liker & Morgan, 2006).

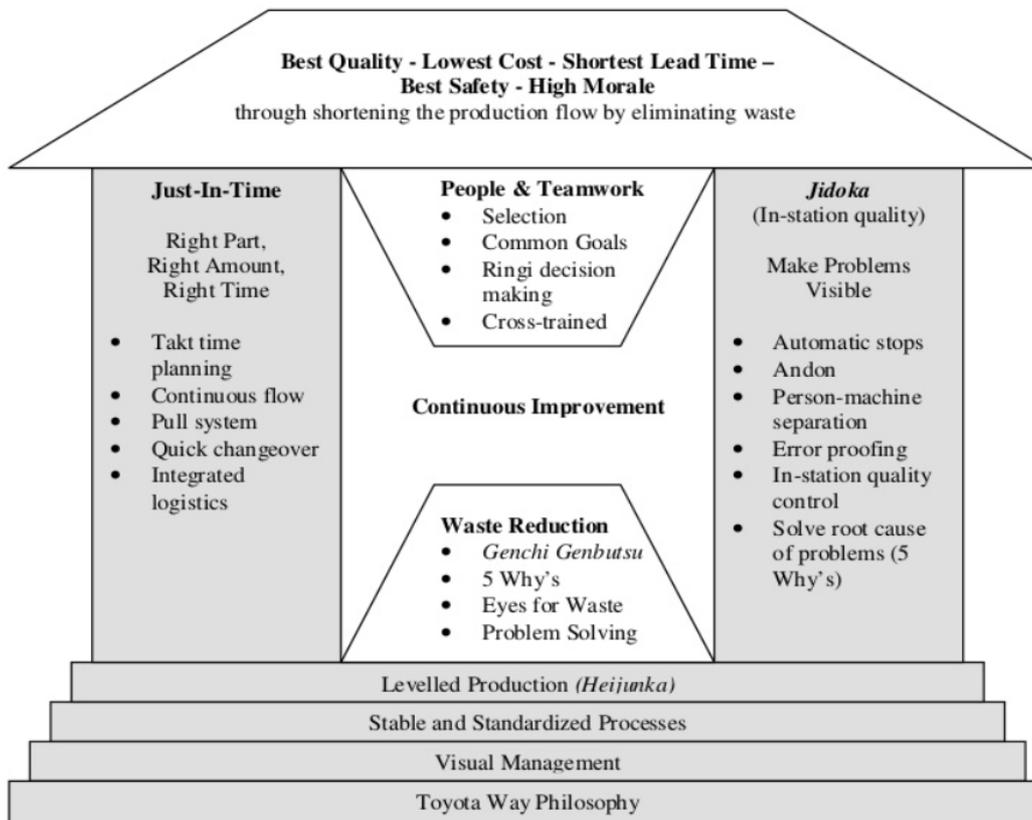


Figura 2 - A casa do TPS (Liker, 2003)

No topo da casa estão os objetivos: melhor qualidade, baixo custo, prazos de entrega reduzidos, mais segurança e mais motivação. Os pilares são o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*. O JIT é produzir o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária. O *Jidoka* é a capacidade de detetar e corrigir desvios no processo produtivo (Liker & Morgan, 2006). O *Jidoka* permite interromper o processo produtivo assim que surge um erro, de formas a evitar a acumulação de erros e produtos defeituosos. O operador e a máquina devem estar capacitados para intervir no processo quando um erro é detetado (Liker & Morgan, 2006).

No centro da casa encontra-se representada a melhoria contínua, as pessoas e a redução de desperdícios. A melhoria contínua deve envolver todos os colaboradores e desafia-los a identificar e eliminar desperdícios (Liker & Morgan, 2006).

A base da casa enaltece a produção nivelada, a implementação de sistemas de gestão visual adequados, a criação de processos e operações padronizadas e estáveis (Liker & Morgan, 2006).

Fora da Toyota, o TPS é conhecido como “*Lean Production*”, “*Lean Thinking*” ou “*Lean*”, pois esses foram os termos popularizados em dois livros muito vendidos, “*The Machine That Changed the World*” (Womack et al., 1990) e “*Lean Thinking*” (Womack & Jones, 2003).

A evolução da indústria e o surgimento do *Lean* estão representados na Figura 3.

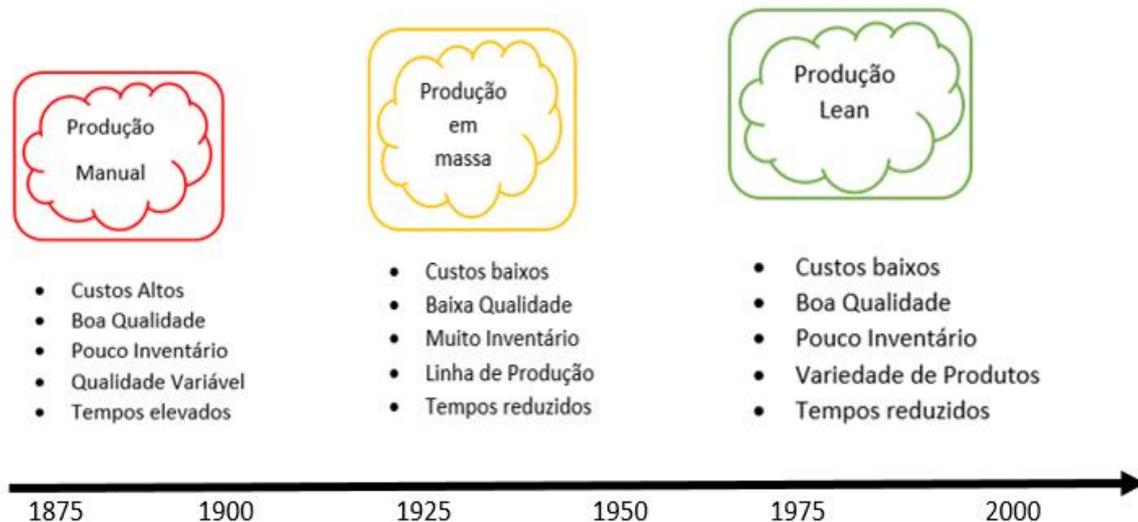


Figura 3 - Evolução da produção (Juran & Feo, 2010)

### 2.1.1. Desperdícios

As atividades realizadas para produzir um artigo podem ser divididas nas seguintes categorias (Womack & Jones, 2003):

- Atividades que acrescentam valor – são aquelas que causam transformações no produto e na perspectiva do cliente são indispensáveis, isto é, ele está disposto a pagar por estas atividades;
- Atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias – são aquelas que o cliente não está disposto a pagar, mas são necessárias para satisfazê-lo;
- Atividades que não acrescentam valor – são aquelas que não contribuem de forma alguma para a satisfação do cliente.

Os desperdícios são todas as atividades que não acrescentam valor (Womack & Jones, 2003). Ohno (1988) identificou sete desperdícios:

1. **Sobreprodução** – consiste em produzir quantidades superiores às necessárias ou produzir antes do período em que o cliente necessita. A sobreprodução provoca o aumento dos níveis de *stock*, aumento dos custos e desgaste dos equipamentos.
2. **Esperas** – Representam os períodos de inatividade tanto de pessoas, como informação ou equipamentos. Podem ocorrer devido à falta de material ou informações necessárias para a realização da próxima tarefa, atrasos nas entregas dos fornecedores, avarias, entre outros fatores.
3. **Transporte** – movimentações de materiais, produtos intermédios ou acabados de/para armazéns, entre secções ou processos. Essas transferências de materiais aumentam o *lead time* e os custos de produção.
4. **Inventário** – excesso de matérias-primas, trabalho em curso de fabrico (WIP) e produtos acabados. Este desperdício pode ser causado por elevados tempos de mudança de ferramenta e estrangulamentos do processo.
5. **Sobreprocessamento** – este desperdício está relacionado com a realização de operações e processos que não são necessários à fabricação de um produto. A realização de operações como reparar e refazer também constituem formas de sobreprocessamento.
6. **Movimentações** – Deslocações executadas pelos colaboradores durante a produção de um artigo ou lote, normalmente associadas à procura de equipamentos, má organização dos recursos de produção e falta de materiais.
7. **Defeitos** – corresponde a produção de artigos defeituosos. A ocorrência de defeitos causa insatisfação nos clientes, ao qual de associam custos e tempo despendido em reparações, repetição da produção e inspeção.

Para além desses desperdícios citados acima, na literatura ainda existem outros desperdícios: não aproveitamento do potencial humano – quando as ideias dos colaboradores não são ouvidas ou tidas

em consideração; desperdícios de energia e desperdícios de materiais (Liker, 2003; Moreira, Alves, & Sousa, 2010).

Todos esses desperdícios estão incluídos num conceito amplo: os 3 M – *Muda*, *Mura* e *Muri*. *Muda* é desperdício puro, isso engloba os sete desperdícios acima citados; *Mura* é a variabilidade do processo, isto é, variação de capacidade de um processo em relação ao outro; *Muri* significa dificuldade, está relacionado com o excesso de carga, ou seja, situações em que as máquinas ou operadores trabalham acima dos seus limites (Liker, 2003; Yorkstone, 2019).

### 2.1.2. Princípios *Lean*

O *Lean* é uma filosofia de trabalho que enfatiza a redução do desperdício e que procura perceber aquilo que é valorizado pelo cliente para melhorar as atividades que acrescentam valor no produto ou serviço prestado (Womack et al., 1990; Herrala, Pekuri, & Aapaoja, 2012). A filosofia *Lean* baseia-se em cinco princípios (Figura 4) e são explicados em seguida (Womack & Jones, 2003).



Figura 4 - Princípios *Lean* (Adaptado de Womack & Jones, 2003)

1. **Valor:** perceber e definir as características do produto ou serviço mais valorizadas pelo consumidor final. As funcionalidades do produto e todas as etapas de produção devem focar-se nos requisitos e nas necessidades dos clientes.

2. **Cadeia de Valor:** analisar todo o processo para concepção do produto ou serviço e identificar os desperdícios e as atividades que acrescentam valor. Analisar a cadeia de valor, significa compreender todas as atividades necessárias à produção de um artigo, desde os fornecedores até ao consumidor final.
3. **Fluxo Contínuo:** gerar um fluxo sem interrupções das atividades que acrescentam valor, desde o momento em que o cliente faz o pedido até receber o produto ou serviço. Deste modo, o objetivo passa por evitar filas de espera, tempos de inatividade dos recursos de produção ou desperdícios entre processos.
4. **Produção Puxada:** produzir aquilo que o cliente quer e quando ele quer, ou seja, só se inicia a produção quando o cliente faz um pedido. A produção deve ser “puxada” pelo cliente. Essa abordagem reduz os custos de *stock* e diminui a quantidade de materiais obsoletos.
5. **Busca Pela Perfeição:** O último princípio do *Lean Thinking* exige que as empresas busquem a perfeição e isso exige que as empresas aprimorem continuamente suas práticas e, muitas vezes, requer uma mudança na cultura organizacional. Embora a busca pela perfeição possa parecer simples, muitas vezes é um dos princípios mais difíceis de ser aplicado com sucesso nas organizações.

A análise dos sistemas produtivos à luz dos 5 princípios anteriormente enunciados, permite a visualização clara de quais as etapas produtivas que acrescentam valor e quais as que são desperdício, desse modo, é possível oferecer ao cliente exatamente o que ele deseja com o menor esforço humano possível, utilizando menos equipamentos e menos tempo (Womack & Jones, 2003).

## 2.2. Ferramentas *Lean*

Neste subcapítulo são apresentadas algumas ferramentas associadas ao *Lean: Kaizen*, Indicadores de Desempenho, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), 5S e Gestão Visual, *Standard Work*. Estas

ferramentas são utilizadas para analisar e melhorar o sistema produtivo de uma organização, com o intuito de reduzir os desperdícios, os custos operacionais e o prazo de entrega.

### 2.2.1. *Kaizen*

O termo "*Kaizen*" é uma combinação de duas palavras japoneses traduzidas separadamente como "*Kai*", que significa mudança e "*Zen*", que significa bom (Dailey, 2005; Imai, 1986). O significado mais popular é melhoria contínua (Imai, 1986). A melhoria contínua dos processos é um dos princípios que encapsula a essência da produção *Lean* (Shingo, 1987). A melhoria começa com a admissão de que toda organização tem problemas, que fornecem oportunidades de mudança (Shingo, 1987).

Segundo Imai (1997), a essência do *Kaizen* é que as pessoas que realizam uma determinada tarefa são as que mais dominam essa tarefa; conseqüentemente, o envolvimento dessas pessoas e a demonstração de confiança nas suas capacidades, garante maior proveito das capacidades produtivas. Além disso, o esforço da equipa incentiva a inovação e a mudança e, envolvendo todas as camadas de funcionários, as paredes organizacionais imaginárias desaparecem para abrir espaço para melhorias produtivas. Dessa perspectiva, o *Kaizen* não é apenas uma abordagem para a produção competitiva, mas também um negócio de todos, porque sua premissa é baseada no conceito que cada pessoa tem interesse em melhorar.

As informações da melhoria contínua devem ser do conhecimento todos na organização e, portanto, todos colaboram nos projetos de melhoria. Então, quando *Kaizen* para cada trabalhador pode ser uma atitude de melhoria contínua, para a empresa também pode ser uma atitude corporativa para a melhoria contínua. Como apresentado por Imai (1997), o *Kaizen* é um conceito em forma guarda-chuva que engloba diferentes atividades da melhoria contínua em uma organização, conforme mostrado na Figura 5.

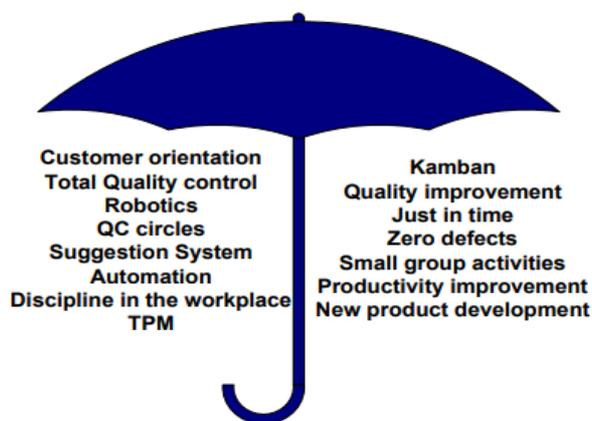


Figura 5 - Atividades do *Kaizen* (Imai, 1986)

O envolvimento da gestão de topo e dos operários é fundamental para a implementação desta metodologia (Imai, 1997). Segundo Suzaki (2012) este conceito motiva os colaboradores a pensarem sobre os problemas e cada passo marcado leva à melhoria do sistema produtivo, reduzindo custos, reduzindo os desperdícios, melhorando a qualidade dos produtos e ainda aumentando a satisfação dos clientes.

A melhoria contínua normalmente é feita por etapas e para isso, utiliza-se o ciclo PDCA (Figura 6) que é uma técnica estruturada para implementação de melhorias e resolução de problemas (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). Este ciclo é constituído por quatro etapas, nomeadamente *Plan* (planear), *Do* (fazer), *Check* (verificar) e *Act* (atuar).

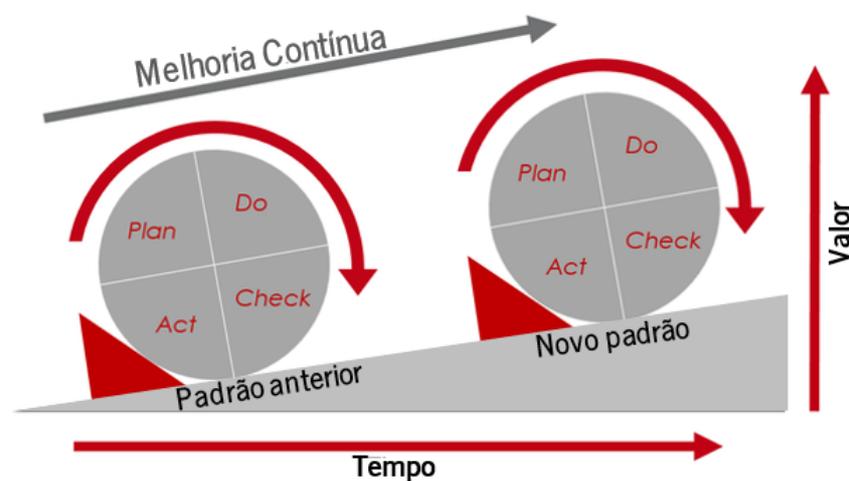


Figura 6 - O ciclo PDCA na melhoria contínua (Adaptado de Suzaki, 2012)

Na primeira fase, *Plan*, define-se o problema e as ações para resolvê-lo; na fase *Do*, segunda fase, implementam-se as ações; na fase *Check*, analisam-se os resultados das ações implementadas e na última fase, *Act*, estabelece-se um padrão para o processo e reinicia-se o ciclo (Sokovic et al., 2010).

Uma maneira de adotar o *Kaizen* em organizações é por meio do uso de “Eventos *Kaizen*” como um mecanismo de melhoria (Melnik, Calantone, Montabon, & Smith, 1998). Um Evento *Kaizen* é uma reunião em que se analisa um processo ou conjunto de atividades e se criam projetos de curto prazo para a melhoria deste processo ou conjunto de atividades (Melnik et al., 1998). O foco desses eventos está no uso do conhecimento e criatividade humana com a aplicação de uma metodologia sistemática (PDCA) para a resolução de problemas (Bicheno, 2001).

### 2.2.2. SMED - *Single Minute Exchange of Die*

As empresas enfrentam o grande desafio de apresentar várias opções de escolha para os clientes. Isso requer um sistema produtivo que facilite a produção de artigos variados (Sousa, Lima, Carvalho, & Alves,

2009). Esse tipo de produção aumenta a frequência dos *setups*. O *setup* é o processo todo para mudar da produção de um artigo para outro diferente (E. Costa, Bragança, Sousa, & Alves, 2013). O SMED é uma ferramenta para reduzir o tempo associado a esse processo.

Segundo Shingo (1985) a implementação dessa ferramenta é feita em 4 etapas:

- Etapa preliminar: identificar as operações feitas durante o *setup*. Para quantificar os ganhos, é importante cronometrá-las.
- Separação das operações: separar as operações em internas, que só podem ser feitas quando a máquina está parada e externas, que podem ser feitas quando com a máquina em funcionamento.
- Conversão das operações: depois de distinguir as operações, deve proceder-se, sempre que possível, à conversão das operações internas em operações externas, reduzindo-se assim o tempo de inatividade das máquinas.
- Simplificação das operações: melhorar alguns aspetos das operações como usar fixadores mais rápidos, implementar operações paralelas, entre outras medidas.

Para além da redução do tempo de *setup*, a aplicação do SMED trás outros benefícios para o sistema produtivo como redução de stocks, diminuição dos movimentos para realizar o *setup*, maior flexibilidade de produção e muitos outros ganhos (E. Costa et al., 2013).

### 2.2.3. 5S e Gestão Visual

As operações de organização e limpeza foram sequenciadas e padronizadas por empresas japonesas com o nome de 5S (Hirano, 1995). A ferramenta 5S é um programa de trabalho que é executado por toda a equipa de trabalho.

O nome “5S” surge da inicial de cinco palavras japonesas que correspondem as fases dessa ferramenta. Na Tabela 1 é possível ver as fases e a respetiva descrição.

Tabela 1 - Fases dos 5S (Hirano, 1995)

	Fase	Descrição
1	<i>Seiri</i> (Separar)	Identificar e separar os materiais necessários e desnecessários presentes no ambiente produtivo.
2	<i>Seiton</i> (Organizar)	Arrumar os materiais necessários de forma que sejam facilmente localizados.
3	<i>Seiso</i> (Limpar)	Remover o material desnecessário, limpar os equipamentos e o local de trabalho.
4	<i>Seiketsu</i> (Padronizar)	Criar normas de limpeza e organização para garantir que tudo fique sempre no seu devido lugar e em bom estado.
5	<i>Shitsuke</i> (Disciplina)	Garantir que esse todo processo vire rotina por meio das inspeções periódicas e listas de verificação.

Vários autores adicionam e falam da aplicação de um sexto “S” que se refere a **Segurança** e está relacionado com a utilização, conservação e manutenção de equipamentos ou mecanismos de segurança de forma a garantir a proteção dos trabalhadores e conseguir dar respostas em casos de emergência (Dhouchak, 2017; Jiménez, Romero, Fernández, Espinosa, & Domínguez, 2019).

A implementação dos 5s normalmente é associada à gestão visual. A gestão visual consiste no uso de elementos visuais que permitem reconhecer facilmente as normas (Galsworth, 2005). Esses elementos podem ser: quadros informativos, instruções de trabalho, etiquetas, etc.

Segundo Grief (1991), é importante ter em conta os seguintes aspetos na implementação da gestão visual: a comunicação deve ser simples e depender pouco ou nada de informações verbais ou textuais, as informações exibidas devem estar relacionadas com os elementos do processo e as informações devem ser disponibilizadas com antecedência para prevenir erros (Figura 7).



Figura 7 - Exemplo de gestão visual (semáforo)

A Gestão Visual aliada aos 5S cria transparência e disciplina, ajuda na implementação da melhoria contínua, facilita o trabalho e o treinamento dos colaboradores, unifica e simplifica alguns processos (Tezel, Aziz, Koskela, & Tzortzopoulos, 2016).

#### 2.2.4. *Standard Work*

O *standard work* ou trabalho padronizado tornou-se popular com o conceito de produção em massa, mas também é uma parte importante do *Lean*. O trabalho padronizado consiste em definir uma sequência para a realização de um processo, isto é, o processo é feito sempre da mesma forma independentemente da pessoa ou do grupo de trabalho (The Productivity Press Development Team, 2002). Esta ferramenta cria um processo estável e permite comparar os resultados obtidos sempre que uma sugestão de melhoria é testada (Pereira et al., 2016).

Para obter a melhor sequência e criar o trabalho padronizado é importante fazer observações e recolher informações com os operadores mais experientes e com mais habilidade. Tendo em conta a complexidade de alguns processos, em muitos casos é necessário documentar a sequência a implementar e formar os colaboradores (Ungan, 2006).

#### 2.3. Barreiras e Benefícios na Implementação do *Lean Thinking*

O conceito de lean desempenha um papel importante no sucesso da organização porque envolve uma vasta compreensão, forte compromisso e análise minuciosa dos problemas. Além disso, as organizações têm implementado o *Lean* a longo prazo para melhorar a qualidade, reduzir custos, reduzir o tempo de entrega e aumentar a flexibilidade de produção. O *Lean* é um programa contínuo que dura muito tempo e não pode ser implementado do dia para a noite (Pettersen, 2009).

Apesar dos benefícios significativos da implementação do conceito *Lean*, podem surgir algumas barreiras que tornam o processo desafiador. A Tabela 2 sumariza alguns benefícios e barreiras que podem surgir com a implementação do *Lean*.

Tabela 2 - Alguns benefícios e barreiras do *Lean* (Ciarniene & Vienazindiene, 2015)

Benefícios	Barreiras
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da satisfação dos clientes e colaboradores;</li> <li>• Redução dos custos operacionais;</li> <li>• Aumento da produtividade;</li> <li>• Melhor ocupação e organização do espaço produtivo;</li> <li>• Redução de <i>stock</i>;</li> <li>• Diminuição do tempo de entrega;</li> </ul>	<p>Organizacionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de alinhamento entre as estratégias da empresa e os objetivos operacionais;</li> <li>• Falta de recursos de trabalho;</li> <li>• Dificuldades na obtenção de dados e medição de desempenho;</li> <li>• Hierarquia e questões relacionadas com a cultura organizacional.</li> </ul> <p>Relacionadas com os colaboradores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conhecimento;</li> <li>• Falta de incentivo por parte da gestão de topo;</li> <li>• Problemas de comunicação;</li> <li>• Atitudes negativas dos elementos da equipa de trabalho.</li> </ul>

A classificação apresentada de benefícios e barreiras é bastante geral. Pode-se dizer que todo caso de implementação da filosofia *Lean* na prática, é um percurso longo e mais ou menos única. O sucesso e as barreiras podem ser diferentes dependendo do país, setor económico e empresa específica (Jedynak, 2015).

#### 2.4. Estudo de *Layouts*

O estudo e implementação de *layouts* tem como objetivos, a melhoria da organização dos recursos de produção e garantir uma melhor interação entre esses recursos e o ambiente em que estão instalados, de forma a garantir um bom fluxo entre os elementos que constituem o sistema produtivo (Drira, Pierreval, & Hajri-Gabouj, 2007). Com a competitividade global e a evolução dos sistemas produtivos, torna-se necessário utilizar de forma mais eficiente o espaço produtivo e assim surge a necessidade de realizar o estudo de *layouts* (Ritter, Barkokebas, & Al-Hussein, 2018).

Estudar *layouts* é muito importante, uma avaliação adequada de *layouts* pode trazer vários benefícios para o sistema produtivo, tais como (Drira et al., 2007):

- Melhoria no fluxo de materiais;
- Melhor aproveitamento do espaço fabril;
- Redução nos custos de transporte;
- Maior flexibilidade de produção;
- Aumento da produtividade;
- Menor ocorrência de desperdícios *Lean* como esperas, movimentações e transporte.

Algumas soluções dos estudos de *layouts* não têm resultados imediatos e a sua aplicação requer investimento, tais como: movimentação de máquinas, aquisição de novos espaços ou aquisição de novos equipamentos. Isso constitui uma barreira em muitos estudos de *layouts* e na implementação das soluções produzidas por esses estudos.

A literatura apresenta inúmeros métodos para estudar e implementar *layouts*, métodos ótimos, heurísticas, simulações e vários outros métodos computacionais. Um dos métodos pioneiros e mais conhecidos é *Systematic Layout Planning* (SLP). Além do SLP existem outros métodos como o *COmputerized RELationship LAYout Planning* (CORELAP) que será apresentado de seguida.

#### 2.4.1. *Systematic Layout Planning* (SLP)

O planejamento sistemático de *layout* (SLP) é uma ferramenta utilizada para organizar sistemas produtivos, localizando da melhor maneira, áreas com alta frequência e relacionamentos lógicos entre si (Muther & Hales, 2015). O SLP foi proposto por Muther em 1972 e visa otimizar *layouts* de sistemas produtivos por meio de fases estruturadas que se devem ter em conta no projeto e implantação de *layouts*. O SLP incorpora quatro fases (Muther & Hales, 2015):

- Fase I: Localização – fase de definição da área de implementação do *layout* a ser projetado. A localização nem sempre é nova, o novo *layout* pode ser instalado na mesma área ou em uma outra secção.

- Fase II: Arranjo físico geral – nessa fase representa-se a organização geral entre as diversas áreas tendo em conta os fluxos e as inter-relações entre as áreas, resultando no que se chama de arranjo de blocos.
- Fase I: Arranjo físico detalhado – no planeamento detalhado é estabelecida a localização relativa das máquinas e equipamentos, assim como toda a infraestrutura física necessária para a produção.
- Fase I: Implantação – Esta é a fase na qual se executa o que foi definido anteriormente. De maneira concreta, faz-se a movimentação das máquinas, equipamentos e recursos para a instalação do processo produtivo.

Essas quatro fases vêm em sequência, mas para melhores resultados, devem se sobrepor entre si (Figura 8). De um modo geral, pode-se afirmar que a estruturação das fases do SLP demonstra a abrangência desta metodologia, que pode ser destinado ao projeto completo de concepção do *layout* de um sistema produtivo.

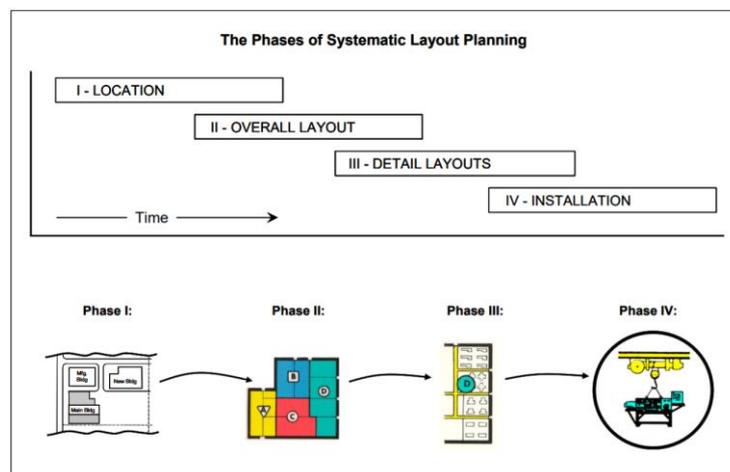


Figura 8 - Fases do SLP (Muther & Hales, 2015)

Além das fases, o SLP pressupõe que os projetos de *layouts* devem estar apoiados em três conceitos (Muther & Hales, 2015):

1. Relacionamento: o grau relativo de proximidade desejada ou necessária entre os elementos que constituem o *layout*;
2. Espaço: quantidade, tipo e forma ou configuração dos elementos a serem posicionados;

3. Ajuste: arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível para facilitar os fluxos.

Com a criação do planejamento sistemático (SLP) surgiram vários métodos que visam melhorar os *layouts* e a organização dos recursos de produção. Um desses métodos é o CORELAP e será abordado logo em seguida.

#### 2.4.2. *COmputerized RELationship LAYOUT Planning (CORELAP)*

O algoritmo foi introduzido por Robert C. Lee e Moore em 1967 com a fundação do SLP. Este algoritmo gera *layouts* a partir do grau de relacionamento dos elementos que constituem o layout (Lee & Moore, 1967). Os dados de entrada do algoritmo incluem (Lee & Moore, 1967; Sembiring et al., 2018):

- Gráfico de relacionamento ou matriz de relacionamento;
- A área de cada departamento;
- O número de departamentos;
- A classificação de proximidade.

O passo inicial do CORELAP é para calcular a classificação de proximidade total (TCR – *Total Closeness Rate*) de cada departamento. O TCR é obtido com a soma dos valores numéricos que indicam o grau de relacionamento (VGR) entre as instalações. Esses valores são obtidos a partir do diagrama de relacionamento. A Tabela 3 apresenta os valores (VGR) associados à cada grau de relacionamento (Muther & Hales, 2015).

Tabela 3 - Grau de relacionamento (GR) e o respectivo peso

GR	Relação de Proximidade	VGR
A	Absolutamente necessária	6
E	Muito importante	5
I	Importante	4
O	Desejável	3
U	Não Importante	2
X	Não desejável	1

Uma vez calculado o TCR para todas as instalações: 1) seleciona-se uma sala com o TCR máximo e aloca-se no centro do *layout*; 2) para o segundo espaço a ser alocado, seleciona-se a sala que tem relação “A” com o primeiro espaço selecionado; 3) para alocar o terceiro espaço, seleciona-se a sala que tem um relacionamento “A” com o primeiro espaço selecionado e caso não exista, seleciona-se um espaço com relacionamento “E” e assim por diante (Lee & Moore, 1967).

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo tem como objetivo apresentar de um modo geral e abrangente a empresa onde foi realizada a presente dissertação, a BI-Silque – Produtos de Comunicação Visual S.A. O capítulo inicia-se com uma apresentação da empresa, seguida da sua missão e valores. Posteriormente, apresentam-se os seus artigos e matérias primas. Por último, faz-se uma descrição dos processos produtivos.

#### 3.1. História e Descrição

A BI-Silque – Produtos de Comunicação Visual S.A. foi fundada em 1979 e iniciou as suas atividades com a produção e comercialização de artigos de cortiça para casa e escritório. Por meio da inovação dos produtos e da comercialização de produtos relacionados com as necessidades dos clientes, a BI-Silque cresceu muito com o passar dos anos e atualmente se dedica à produção e comercialização de artigos de comunicação visual. A empresa está sediada em Esmoriz (Figura 9), local onde foi fundada, e possui filiais nos EUA, Alemanha, Canadá e Inglaterra.

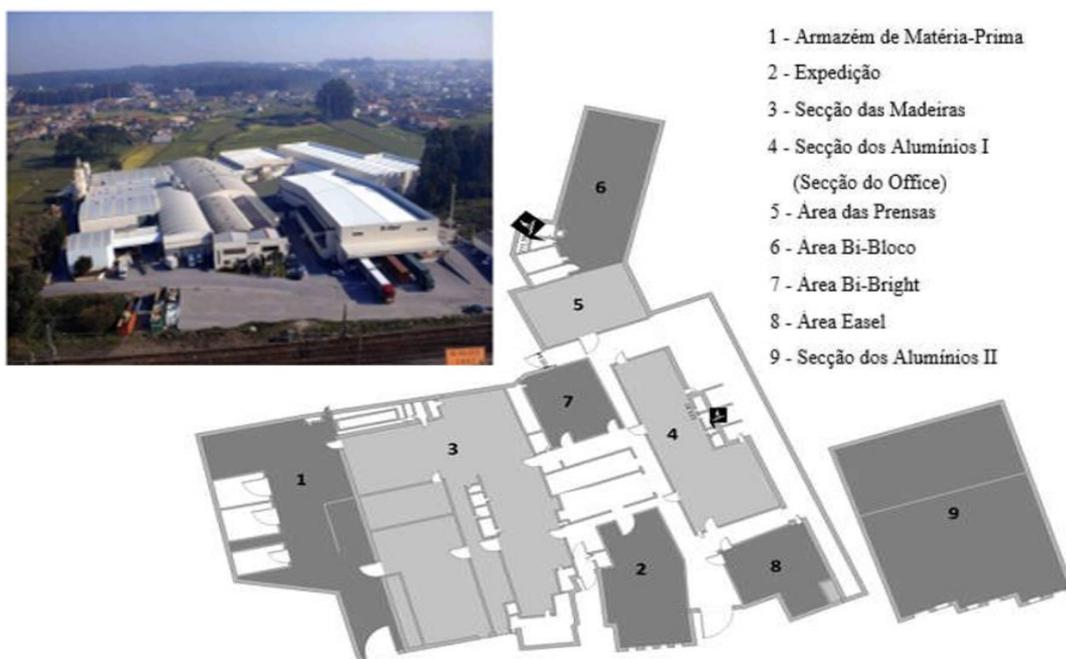


Figura 9 - Sede da empresa e o respetivo *layout*

A empresa conta com cerca de 500 trabalhadores distribuídos em cinco grandes departamentos: investigação e desenvolvimento, comercial, logística, marketing e produção. A Figura 10 mostra o organigrama da empresa.

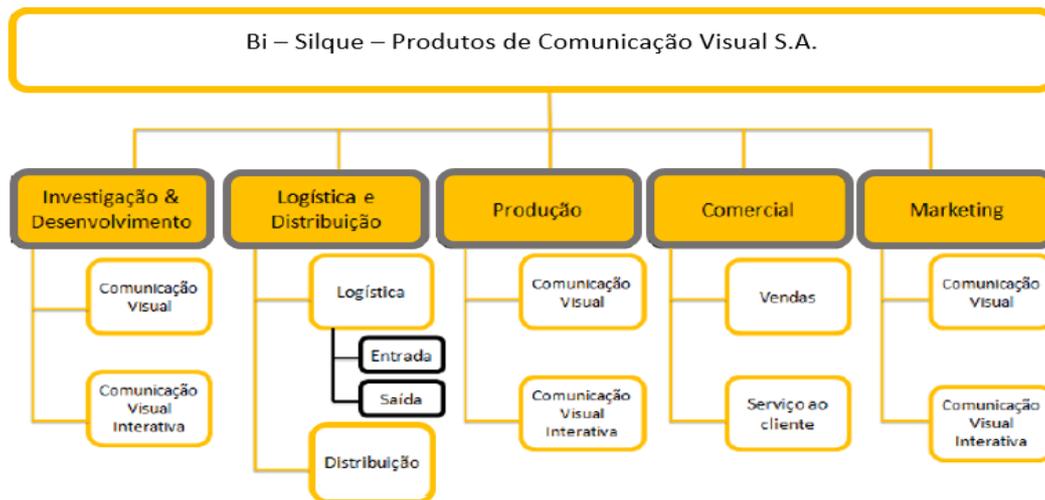


Figura 10 - Organograma da empresa

### 3.2. Missão e Valores

A missão da BI – Silque é manter as pessoas conectadas. Essa missão vai além do chão de fábrica e das soluções de comunicação visual criadas. A empresa procura manter os fornecedores ligados, transformar comunidades e fazer a diferença na vida dos seus clientes e colaboradores.

Essa missão foi herdada dos seus fundadores que criaram uma cultura organizacional baseada nos seguintes valores:

- Sustentabilidade e transparência em todos os níveis;
- Persistência na criatividade e inovação;
- Paixão por facilitar a comunicação;
- Busca contínua por qualidade e produtividade.

### 3.3. Produtos e Matérias-Primas

A BI – Silque produz e comercializa quadros e os seus acessórios. Os quadros produzidos são de vários tipos: brancos, pretos, verdes, de cortiça, interativos, etc. Isso permite aos clientes aplicações variadas como em escolas, hospitais, lojas, restaurantes, indústrias, entre outros lugares. A Figura 11 apresenta os principais artigos produzidos e comercializados.



Figura 11 - Principais produtos da empresa

Todos os produtos são concebidos pensando na sustentabilidade, como fruto desse pensamento a empresa possui várias certificações no âmbito da sustentabilidade como SFI (*Sustainable Forestry Initiative*), ISO 14001 EMS (*Environmental Management Systems*), entre outras.

A BI – Silque utiliza uma grande variedade de matérias-primas devido à vasta gama de produtos que vende, entre elas podemos destacar as seguintes: Madeira, Chapa metálica, Papel, Tecido, Alcatifa, Fórmica, Aglomerado, entre outras.

### 3.4. Processo Produtivo

Em toda unidade produtiva um quadro é designado por “memo” e a sua produção é dividida em duas grades secções: a secção das madeiras e a secção dos alumínio. A secção das madeiras produz quadros com acabamentos de madeira e a dos alumínio produz quadros com acabamentos de alumínio. A empresa só produz por encomenda.

Os processos para produzir um memo variam de acordo com a encomenda do cliente, mas os principais são os seguintes:

- Corte – fase inicial em que a madeira para fazer o plano (parte interna ou núcleo) é cortada a medida desejada, normalmente 90x60, 60x40 ou 40x30 (dimensões em cm). O aro do quadro e o revestimento do núcleo também são cortados de acordo com a espessura da madeira e requisitos do cliente;

- Colagem – nesta operação o revestimento é colado ao núcleo. Este revestimento pode ser de cortiça, chapa de alumínio ou outro material requisitado pelo cliente;
- Montagem – uma vez preparado o aro e o núcleo, esta operação é serve para fixá-los. Pode ser manual ou automática dependendo do tamanho do quadro;
- Embalagem – é a última operação, o quadro é revestido com um película e colocado na caixa.

A Figura 12 apresenta a seqüência dos processos e o *Value Stream Map* (VSM) simplificado do processo produtivo da BI-Silque pode ser visto no Anexo I – VSM Simplificado da BI-Silque.

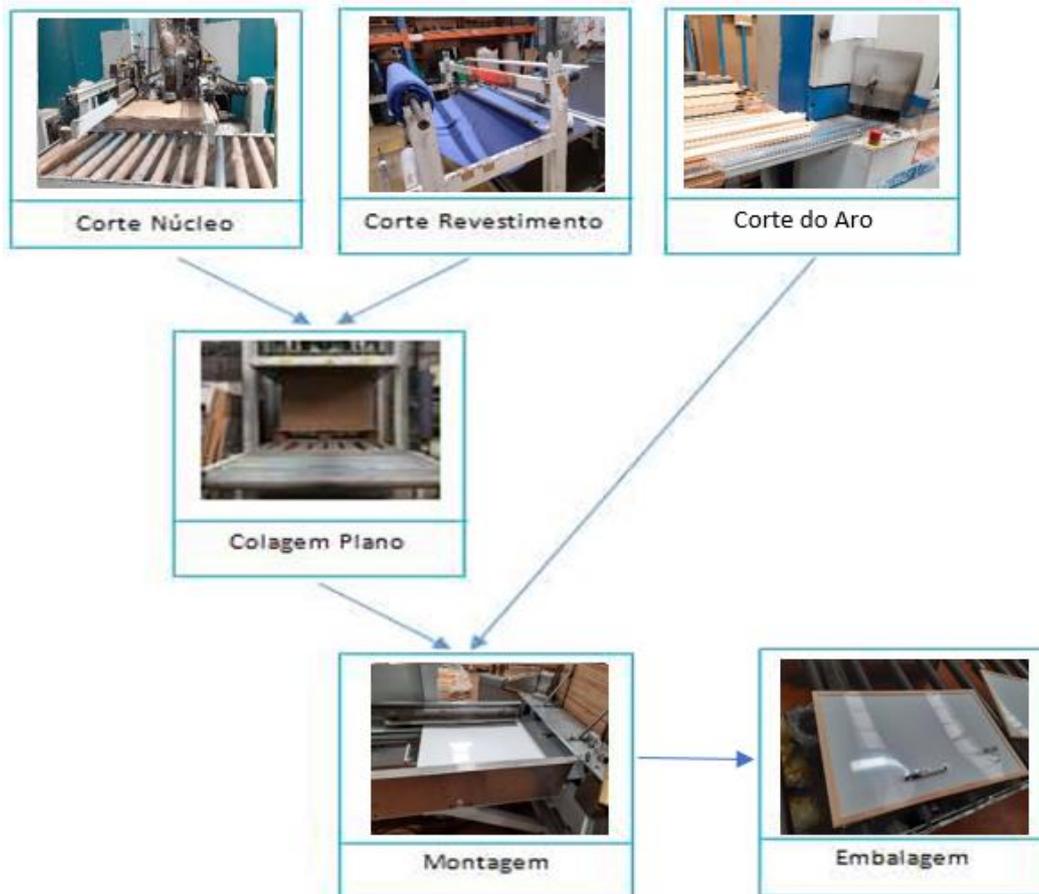


Figura 12 - Principais processos da empresa

#### 4. ANÁLISE CRÍTICA E DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO INICIAL

No presente capítulo, é apresentada uma análise da zona de montagem e embalagem e da nova secção da empresa onde a nova linha está a ser instalada. Inicialmente é feita uma breve descrição da zona de montagem, seguindo-se uma descrição do processo produtivo. Posteriormente, faz-se uma análise crítica da situação inicial, identificando-se vários desperdícios como esperas, movimentações, transporte e não aproveitamento do capital humano. A análise crítica também está focada em alguns elementos da casa do TPS, nomeadamente a gestão visual, o *just-in-time*, a melhoria contínua e o envolvimento das pessoas. Por último, apresenta-se o projeto da nova secção e sintetizam-se os problemas identificados.

##### 4.1. Caracterização das Áreas de Estudo

A presente dissertação desenvolveu-se numa nova secção da empresa, onde futuramente operará um processo de montagem e embalagem. A outra parte do projeto decorreu na zona de montagem e embalagem do setor das madeiras. Esta zona é composta por quatro linhas de produção que bifurcam em duas saídas. A Figura 13 mostra o *layout* do setor das madeiras e a organização das linhas na zona de montagem e embalagem.

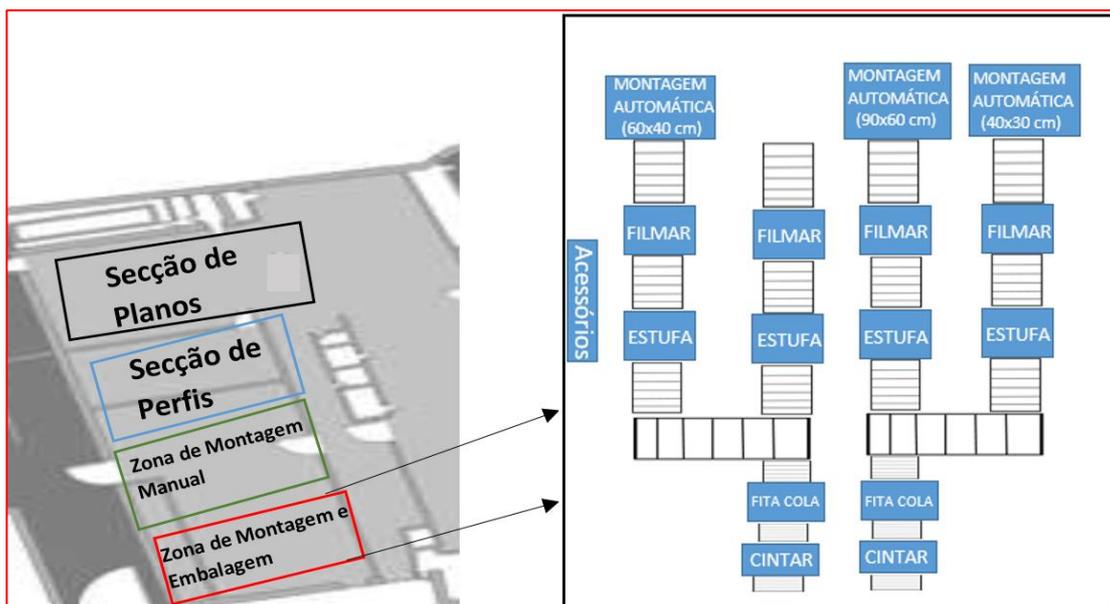


Figura 13 - Disposição das linhas na zona de montagem e embalagem

Na primeira linha (da esquerda para a direita) montam-se e embalam-se quadros de 60x40 cm, a segunda linha serve apenas para embalar. Nesta linha embalam-se quadros feitos na zona de montagem manual. A terceira linha dedica-se a montagem e embalagem de quadros de 90x60 cm e na última linha montam-se e embalam-se quadros de 40x30 cm. Esta zona da empresa opera 16h por dia, em dois

turnos, e tem um responsável no primeiro turno que controla a produção e reporta os problemas no encarregado do setor.

A BI-Silque investiu recentemente numa nova linha de montagem e em máquinas de montagem para a zona de montagem e embalagem. Por esta razão, o projeto decorreu na zona de montagem e embalagem e na secção em que está a ser instalada a nova linha. Uma vez que, os projetos de instalação das novas máquinas de montagem e da nova linha acarretam muitas oportunidades de melhoria.

#### 4.2. Aplicação da Metodologia *Action-Research*

Uma vez definidas as áreas de atuação dentro da empresa, dividiu-se o projeto em 5 etapas, seguindo a metodologia *Action-Research*. A etapa inicial serviu para conhecer as áreas produtivas da empresa, as restantes etapas estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Gestão do projeto

Nº	Etapa	Descrição
1	Diagnóstico	Esta etapa compreendeu a aplicação de ferramentas diagnóstico e identificaram-se alguns problemas que serão descritos ao longo do presente capítulo.
2	Planeamento	Uma vez conhecido os problemas, definiu-se os pontos de atuação os problemas mais relevantes, conforme descrito no presente capítulo.
3	Ação	Para os problemas mais relevantes, foram definidas ações de melhoria, algumas delas foram implementas e outras não, como descrito no capítulo 5.
4	Avaliação	Nesta última etapa do projeto fez-se uma avaliação dos resultados, comparando-se a situação inicial e a situação final (capítulo 6). Para finalizar, tirou-se as conclusões do estudo e apresentou-se propostas de projetos futuros para garantir que esse processo seja contínuo (capítulo 7).

#### 4.3. Descrição do Processo Produtivo

Na zona de montagem e embalagem são realizados os seguintes processos: (1) no primeiro processo montam-se os quadros, este processo é realizado por uma máquina e dura 8 segundos; (2) um operador coloca os acessórios em cerca de 4 segundos; (3) o quadro passa por uma máquina de filmar durante 9 segundos; (4) o quadro passa por uma estufa e é recebido por um operador que o coloca na caixa,

esta operação dura 11 segundos (os tempos das operações foram obtidos com o estudo de tempos presente no Apêndice I – Estudo de Tempos). A Figura 14 ilustra os processos realizados nesta zona.

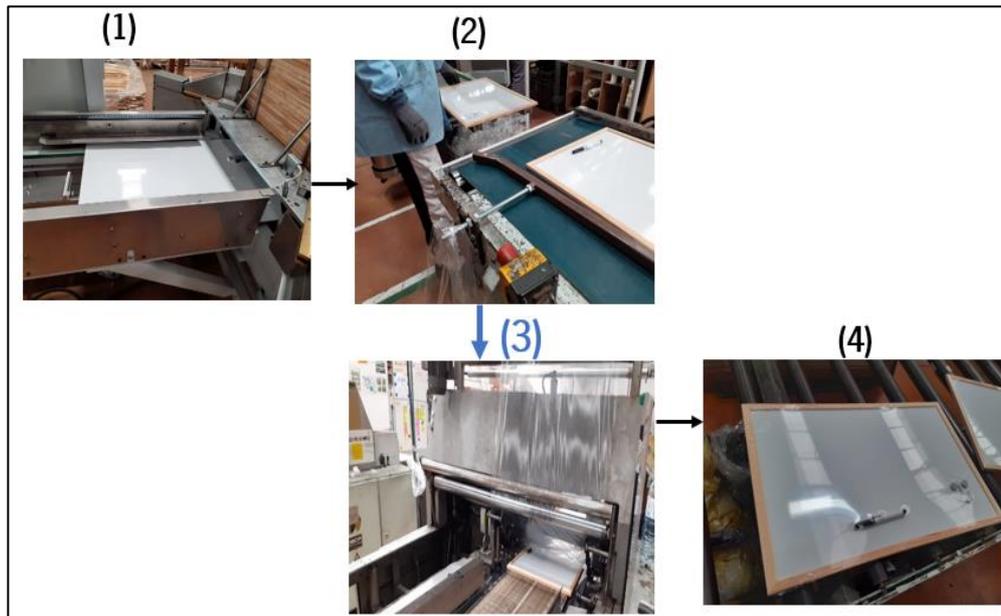


Figura 14 - Sequência de processos realizados na zona de montagem e embalagem

As máquinas de montagem automática estão a ser substituídas, a empresa adquiriu novas máquina de montagem e por esta razão realiza-se esse projeto para analisar esta zona com esse novo processo, que será descrito a seguir.

#### 4.4. Identificação de Problemas na Zona de Montagem e Embalagem

Os quadros são constituídos por duas estruturas principais, os planos e os perfis (Figura 15). Os perfis formam o aro do quadro e o plano é a parte interna ou núcleo.

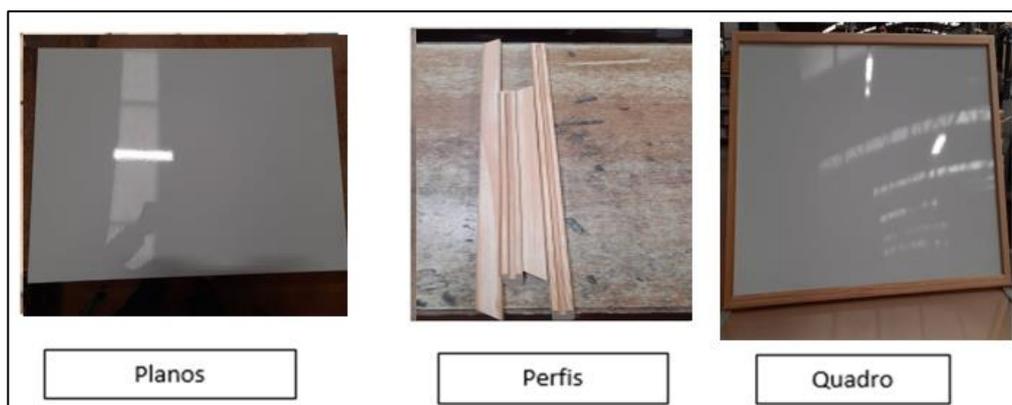


Figura 15 - A constituição de um quadro

O processo de montagem de quadros é realizado com a execução de quatro etapas, sintetizadas no esquema da Figura 16. Inicialmente preparam-se os materiais, que envolve tarefas como as seguintes:

colocar os planos numa posição correta na palete, antes de serem inseridos na máquina; verificar se existem resíduos na superfície dos planos; verificar se estes não curvaram durante o transporte e verificar se os perfis não estão tortos.

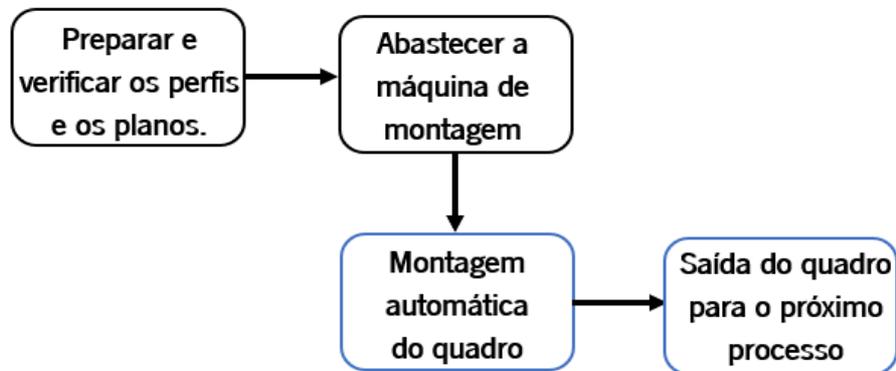


Figura 16 - Etapas do processo de montagem

Após a fase de preparação dos materiais, a máquina é abastecida com os planos e os perfis, conforme as indicações presentes na respetiva ordem de produção. A montagem é executada de forma automática, através da colagem dos quatro perfis ao plano, dando origem ao quadro. Na última etapa, o quadro sai da máquina de montagem e segue até o próximo processo (Figura 17).



Figura 17 - Saída do quadro

A forma como são abastecidos os perfis constitui o maior problema desse processo e será abordado logo abaixo.

#### 4.4.1. Abastecimento de Perfis

Para a produção de quadros, são usados perfis feitos de madeira de carvalho e pinho. Os perfis de madeira de carvalho são produzidos dentro da empresa, de acordo com as necessidades. Já os perfis

de pinho, estes são comprados e entregues em paletes, consoante a medida (na zona de montagem e embalagem usam-se perfis de 90, 60, 40 e 30 cm). As paletes de perfis são armazenadas na parte de fora da fábrica num pequeno armazém, como se pode ver na Figura 18.



Figura 18 - Armazém de perfis inicial

O grande problema está na forma como se pede para abastecer o material às linhas: um operador comunica ao responsável da zona de montagem e embalagem sobre a falta de material, este liga para um outro operador para avisar sobre a necessidade de perfis e este outro operador avisa para um quarto operador que conduz o empilhador e vai buscar as paletes de perfil no local onde ficam armazenadas. Estes perfis também são utilizados na montagem manual e são pedidos da mesma forma. A Figura 19 ilustra o fluxo feito pelo material, do local de armazenamento até a zonas em que é utilizado e vice-versa.

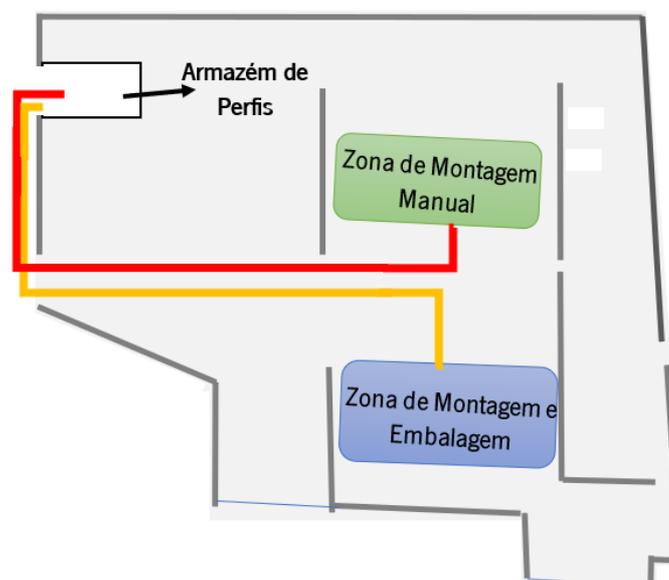


Figura 19 - Fluxo realizado pelos perfis

O material percorre uma distância de 170 m até a zona de montagem e embalagem e de 160 m até a zona de montagem manual.

Esse abastecimento muitas vezes cria esperas porque o responsável da zona de montagem e embalagem nem sempre está por perto para saber que faltam perfis, o outro operador nem sempre atende o telefone porque estava distante a realizar outra tarefa e o operador responsável pelo empilhador nem sempre está disponível para transportar o material. Em alguns casos, devido ao elevado tempo de espera, faz-se uma alteração na programação da produção e produz-se outro artigo, cujo material está disponível.

De salientar que também ocorrem problemas na comunicação, ou seja, em alguns casos o operador que vai buscar os perfis não traz a medida certa porque recebe a informação de terceiros.

Quando o abastecimento desse material falha numa linha, a linha fica paralisada. De acordo com os dados recolhidos pelos chefes de linha, estas esperas por material somam em média 30 minutos por semana, o que resulta em 26 horas ao fim de um ano, considerando 52 semanas por ano. Tendo em conta que a empresa espera um ritmo de produção para cada linha de 300 quadros por hora, essas esperas correspondem à uma perda de produção de 7.800 quadros/ano, considerando um preço médio do quadro de 8 euros, é possível estimar que as perdas são cerca de 62.400 euros/ano.

#### 4.4.2. *Setup* da Máquina de Filmagem

Os acessórios podem ser vários, canetas, marcadores, rótulos e muitos outros. Depois da montagem, um operador coloca os acessórios de acordo com a ordem de produção (Figura 20).



Figura 20 - Exemplos de acessórios

Após receber os acessórios, o quadro é enviado para a máquina de filmar, onde é envolvido em uma película de filme. Esta máquina tem dois rolos de filme (um em cima e outro em baixo) que são substituídos uma vez por dia, um de cada vez em horários diferentes (Figura 21).



Figura 21 - Máquina de filmagem

Dentro desse processo, verificou-se que é possível melhorar algumas operações realizadas na troca dos rolos.

O *setup* da máquina de filmagem é feito por dois operadores. Tudo começa quando os operadores na linha verificam que um dos rolos de filme acabou. De seguida, a linha pára e os dois operadores vão à busca do novo rolo, tiram-no da caixa e levam-no para junto da máquina. Para finalizar, os operadores colocam o rolo na máquina e ajustam-no. A Tabela 5 mostra as operações de *setup* cronometradas e obtidas com o estudo de tempos presente no Apêndice I – Estudo de Tempos.

Tabela 5 - Operações de *setup* do processo de filmagem

Operação	Descrição	Tempo (s)
1	Transportar o rolo	30
2	Abrir o rolo	20
3	Colocar o rolo na máquina	45
4	Ajustar o rolo na máquina	185

De acordo com a tabela acima, este *setup* dura 4,7 minutos. A máquina tem dois rolos e cada um deles é substituído uma vez por dia em horários diferentes, o que faz um total de 9,4 minutos gastos por dia em cada máquina. Lembrando que a zona de montagem e embalagem tem 4 linhas e cada linha tem uma máquina de filmagem, num dia de trabalho resulta em 37,6 minutos gastos em *setups*.

#### 4.4.3. Desorganização e Falta de Identificação das Caixas

Por meio de tapetes, o quadro vai da máquina de filmar para a estufa e a película de filme fica esticada e com o formato do quadro (Figura 22).



Figura 22 - Passagem do quadro pela estufa

No fim da estufa fica um operador que cola as etiquetas, verifica os quadros e coloca-os na caixa. Este operador verifica se a película de filme não rasgou ao passar na estufa, os acessórios e o material do quadro. Quando a caixa fica completa, ela é enviada para um último operador que coloca fita adesiva, cinta a caixa e coloca-a na palete. Nessa última fase ocorrem alguns desperdícios devido à forma como são organizadas as caixas.

No fim da linha fica um operador que entrega as caixas no operador que está atrás da estufa, para realizar o encaixotamento dos quadros. Este operador também é responsável por controlar o stock de caixas, controlar as ordens de fabrico, colocar as caixas nas paletes e retirar o produto acabado (já em paletes) da zona de montagem e embalagem.

As caixas encontram-se armazenadas no fim das linhas (Figura 23) sem qualquer identificação ou regra de organização. Apenas o operador que está no fim da linha conhece as posições das caixas. Isso constitui um grande problema quando esse operador está ausente.



Figura 23 - Desorganização das caixas

Além da falta de identificação, verifica-se um mau aproveitamento do espaço disponível para armazenar as caixas, ou seja, as quatro linhas da zona de embalagem bifurcam-se em duas saídas (duas linhas em cada saída), mas a maior parte das caixas estão armazenadas numa das saídas, deixando assim, muito espaço não aproveitado junto à outra saída (Figura 24).

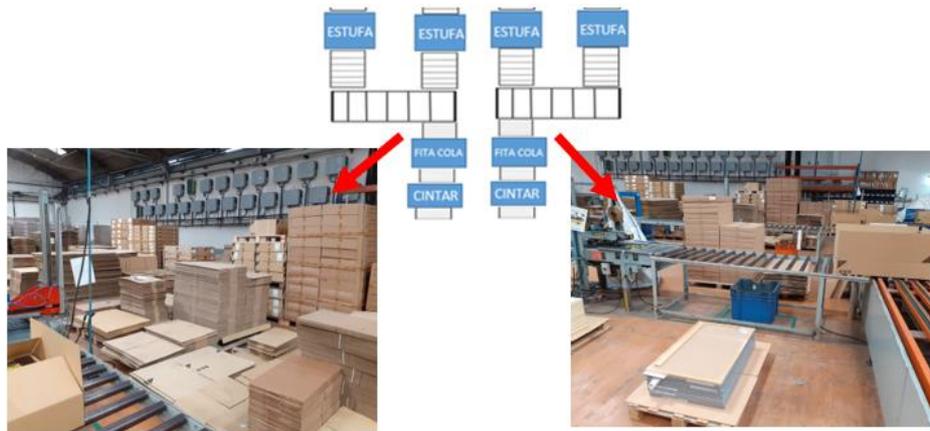


Figura 24 - Distribuição incorreta das caixas pela zona produtiva

Assim sendo, a desorganização das caixas à saída das linhas gera movimentações desnecessárias por parte do operador que manuseia esse material. O operador tem de tirar caixas de uma saída para a outra porque grande parte das caixas estão armazenadas de um lado. Sempre que uma ordem produção está em execução, o operador no final da linha tem de controlar se o operador no final da estufa tem caixas porque não consegue entregar todas as caixas de uma vez devido o peso das caixas e porque tem mais outros três operadores para atender. Isso faz com que esse operador se movimente com mais frequência (Figura 25).

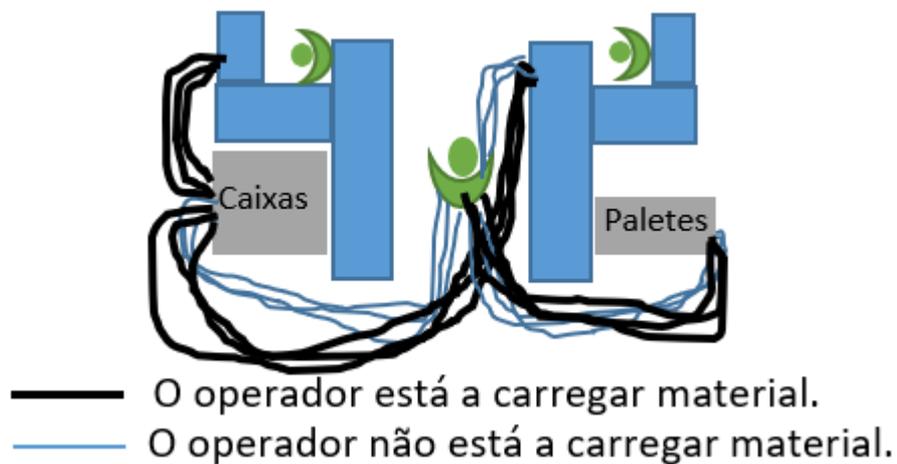


Figura 25 - Movimentações do operador que distribui as caixas (situação inicial)

Com o auxílio de uma aplicação de telemóvel especializada em contar passos e calcular distâncias percorridas, monitorizou-se as movimentações do operador por uma semana e verificou-se que em média, este operador movimenta-se cerca de 6 km/dia. A aplicação era posta em funcionamento no início do turno e era desligada no período do almoço e no fim do turno, momento em que se recolhiam os dados diários. Também não foram contabilizadas atividades relacionadas com pausas intermédias

#### 4.4.4. Falta de Aproveitamento do Potencial Humano

De acordo com a literatura (Liker & Morgan, 2006), o não aproveitamento do capital humano constitui um desperdício. É muito importante envolver os colaboradores na resolução e identificação de problemas.

Verifica-se pouco aproveitamento das ideias dos colaboradores na zona de montagem e embalagem. Os operadores não expressam as suas ideias, não olham para os problemas e a informação só é transmitida em caso de necessidade e em alguns casos, os operadores recebem informações importantes de outros operadores. Essa fraca comunicação entre as chefias e os operadores faz com que alguns procedimentos não sejam realizados de forma padronizada. A título de exemplo, não existe um horário definido para a realização das limpezas, alguns operadores fazem-na a 15 minutos e outros a 10 minutos do fim do turno.

Este problema é causado pela falta de reuniões, ações formativas e pequenos projetos para incentivar todos os colaboradores dessa secção a participarem na melhoria contínua do local de trabalho, no aumento da produtividade e na melhoria do ambiente de trabalho.

#### 4.4.5. Baixo Desempenho

O desempenho da zona de montagem e embalagem é medido, diariamente, pela empresa e é contabilizado em quadros embalados por hora. Esta medição permite à gestão de topo e os chefes de linha observarem a variabilidade na produção, e também, verificarem se os objetivos de produção estão a ser atingidos.

Durante os meses de novembro e dezembro do ano de 2019 (semanas 45-52) registou-se uma média de 930 quadros embalados/hora, o valor máximo registado foi de 1020 e o valor mínimo foi de 700 quadros embalados/hora. O objetivo de produção definido pela empresa é de cerca de 1200 quadros/hora, espera-se que cada linha embale 300 quadros/hora. Com base na observação da produção diária das linhas constatou-se que os valores relativos à produtividade são bastante baixos e que, normalmente, não é atingido o objetivo de produção.

Para analisar as principais causas que estiveram na base do baixo desempenho, fez-se um *brainstorming* com a gestão de topo, chefes de linha e os operadores que estiveram à frente dos equipamentos e resultou num diagrama de causa-efeito que pode ser visto na Figura 26.

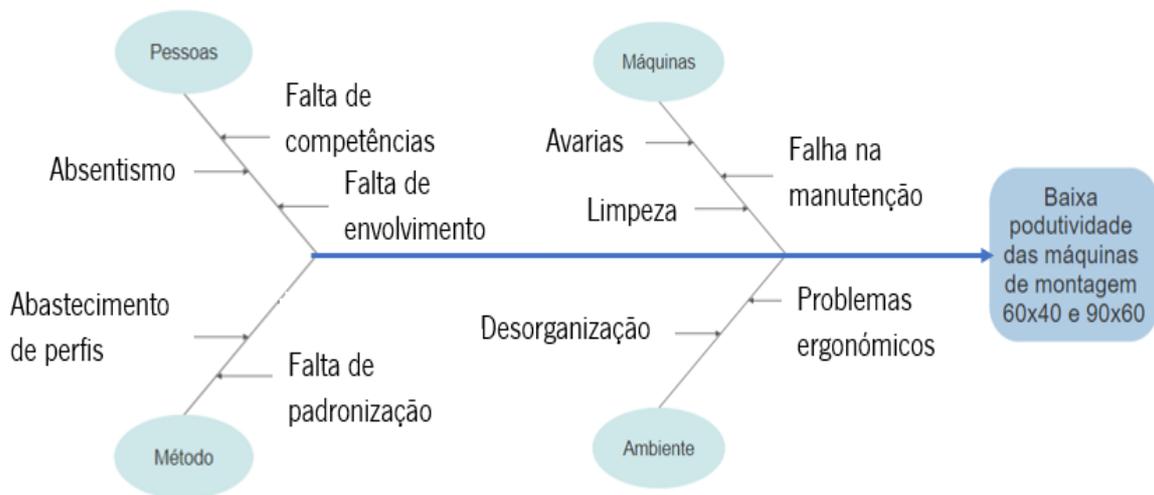


Figura 26 - Diagrama de causa-efeito para a baixa produtividade da zona de montagem e embalagem

Com base no *brainstorming* realizado foi possível apontar o abastecimento de perfis, a falta de envolvimento dos colaboradores na resolução dos problemas e a falta de competências como as principais causas para a baixa produtividade. O pouco envolvimento dos colaboradores e os problemas causados pelo abastecimento de perfis já foram abordados nas secções 4.4.4 e 4.4.1 respetivamente. A falta de competências muitas vezes não permite que haja rotatividade, porque os operadores só têm domínio sobre alguns processos. Quando são alocados a outros processos, nota-se uma grande diferença no ritmo de produção.

Não existe um programa de manutenção preventiva para os equipamentos da zona de montagem e embalagem, as intervenções só são feitas quando há avarias. O departamento de manutenção aponta que algumas avarias são causadas por falta de limpeza de alguns equipamentos, ou até mesmo por falta de conhecimento dos operadores sobre alguns processos de afinação dos equipamentos.

Para finalizar, devido à falta de reuniões entre a gestão de topo e os operadores, verifica-se que os operadores não cumprem com algumas rotinas de limpeza, falta de atualização de algumas informações que estão no local de trabalho e nota-se também, a falta de ferramentas para execução de algumas tarefas.

#### 4.5. A Nova Secção

A empresa investiu recentemente em uma nova linha de montagem que já está a ser montada em uma das secções da empresa. Nesta secção estava instalado um outro processo, foi transferido para outra secção e a empresa pretende colocar todo processo de montagem e embalagem junto da nova linha de montagem. Na Figura 27 é possível ver o formato da nova secção e a nova linha que está a ser instalada.

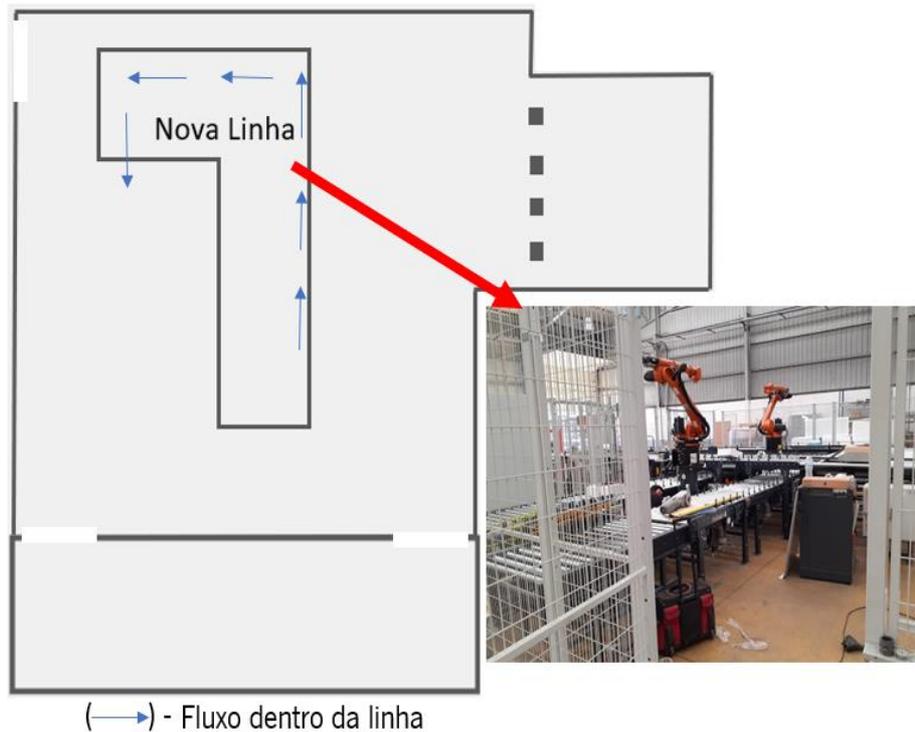


Figura 27 - A nova secção da empresa

Em termos de benefícios, a nova linha vai fazer o encaixotamento automaticamente, vai colocar as caixas nas paletes e vai melhorar o ritmo de trabalho. Ainda não se pode apontar dados sobre o ritmo de trabalho da nova linha em relação às linhas antigas, porque ainda não está totalmente programada. Para esse projeto, a empresa quer que se crie uma proposta de *layout* para a nova secção, tendo em conta que a nova linha já está a ser montada no centro do espaço.

De modo a poder comparar os ganhos da proposta de *layout*, fez-se um estudo no *layout* atual. Para representar e compreender o fluxo de materiais e as movimentações feitas pelos colaboradores recorreu-se ao diagrama de *spaghetti*. Na Figura 28 estão representadas as movimentações realizadas com maior frequência num dia de trabalho.

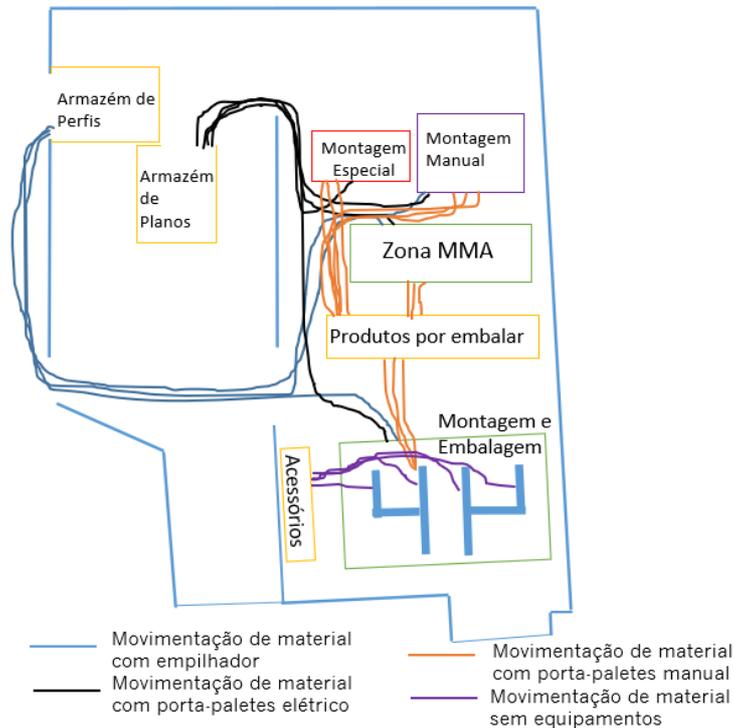


Figura 28 - Diagrama de *spaghetti* da seção atual

Resumidamente, podemos apontar os seguintes motivos para a realização dessas movimentações:

- Entrega de perfis e planos na zona de montagem manual, zona de máquinas de montagem automáticas (MMA) e na zona de montagem e embalagem;
- Movimentação de produto já montado na zona de montagem especial, na zona de montagem manual e na zona MMA para a zona de armazenamento de produtos por embalar;
- Deslocações dos operadores à busca de acessórios;
- Movimentação dos produtos por embalar para a zona de montagem e embalagem.

No Apêndice II – Matriz de Distâncias do *Layout* Atual encontram-se as distâncias percorridas entre os diversos pontos, considerando apenas as movimentações realizadas com grande frequência num dia de trabalho. Nesta matriz de distâncias constam as deslocações mencionadas anteriormente e foram tiradas tendo em conta a posição central de cada uma das áreas representadas.

Por meio da matriz elaborada é possível verificar que essas deslocações dão um total de 721 m. Este valor é fortemente influenciado pela distância entre os perfis e as zonas de montagem.

Existem cerca de 10 colaboradores envolvidos nas movimentações representadas, devido a isso não foi possível estudar a frequência com que elas são realizadas. Também não foi possível estudar o tempo gasto pelos operadores na realização dessas deslocações pela mesma razão e pelo fato de que, algumas vezes eles utilizam o porta-paletes elétrico e em outros casos o porta-paletes manual e o tempo gasto

varia muito porque não carregam sempre o mesmo peso. Esses indicadores ajudariam a calcular custos, mas são indicadores difíceis de medir e fáceis de errar na precisão com que se mede.

#### 4.6. Síntese dos Problemas Identificados

Ao longo deste capítulo, foi realizada uma análise crítica ao estado inicial das áreas em estudo, a qual permitiu identificar problemas gerais e problemas associados aos processos realizados na zona de montagem e embalagem. Os problemas detetados têm um grande impacto no desempenho dos processos estudados. Os problemas estão listados na Tabela 6, juntamente com as suas principais consequências.

Tabela 6 - Resumo dos problemas identificados

<b>Problemas</b>	<b>Consequências</b>
<b>Falhas no Abastecimento de Perfis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Paragem da linha</li> <li>● Baixa produtividade da linha</li> <li>● Tempo improdutivo à espera de material</li> </ul>
<b><i>Setup</i> da máquina de filmagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Elevado tempo de inatividade do equipamento</li> </ul>
<b>Desorganização e falta de identificação das caixas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tempo improdutivo à procura de material</li> <li>● Movimentações desnecessárias</li> </ul>
<b>Falta de aproveitamento do potencial humano</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Baixa motivação dos colaboradores</li> <li>● Absentismo</li> <li>● Pouca sinergia entre os colaboradores</li> </ul>
<b><i>Layout</i> da nova secção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Atraso no projeto da nova linha</li> <li>● Perda de oportunidade de aumentar a produtividade</li> </ul>

## 5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria relativas aos problemas mencionados no capítulo anterior. Para a elaboração destas propostas, recorreu-se aos princípios *Lean* e estudos de *layout*. Todas as propostas visam um melhor desempenho do sistema, redução do desperdício e melhoria do ambiente de trabalho.

### 5.1. Melhorias na Zona de Montagem e Embalagem

Na presente secção são apresentadas as melhorias implementadas para colmatar os problemas da zona de montagem e embalagem enunciados no capítulo 4. Primeiramente apresenta-se a implementação de eventos *kaizen*, sendo de seguida apresentado o novo armazém de perfis. Termina-se esta secção com a aplicação das ferramentas SMED e 5S.

#### 5.1.1. Implementação de Eventos *Kaizen*

Para envolver todos os colaboradores na resolução dos problemas identificados, foram implementados eventos *kaizen*. Apoiando-se na dinâmica do ciclo PDCA, os eventos ocorriam todas as sextas-feiras durante 20 minutos, iniciando-se o ciclo com a fase *Plan*, definiam-se ações de melhoria e os operadores falavam de pontos positivos e negativos verificados ao longo da semana. Depois de definidas as ações, ao longo da semana ocorriam as fases *Do* e *Check*, onde os operadores tentavam cumprir com o plano definido para a semana e procuravam por novas oportunidades de melhoria. A última fase, *Act*, era da responsabilidade da gestão de topo, que passava a semana toda a avaliar o comportamento dos operadores e os indicadores de desempenho.

De modo a gerir bem o tempo dos eventos e organizar melhor as sugestões de todas as pessoas que participavam, foi feito um quadro onde ficavam apontadas todas as ações definidas, ações que devem ser realizadas durante a semana e ações já realizadas. Além disso, a gestão de topo colocava no quadro os gráficos de desempenho de cada linha de produção e era feita uma avaliação sobre isso. É possível ver o quadro utilizado nos eventos na Figura 29.

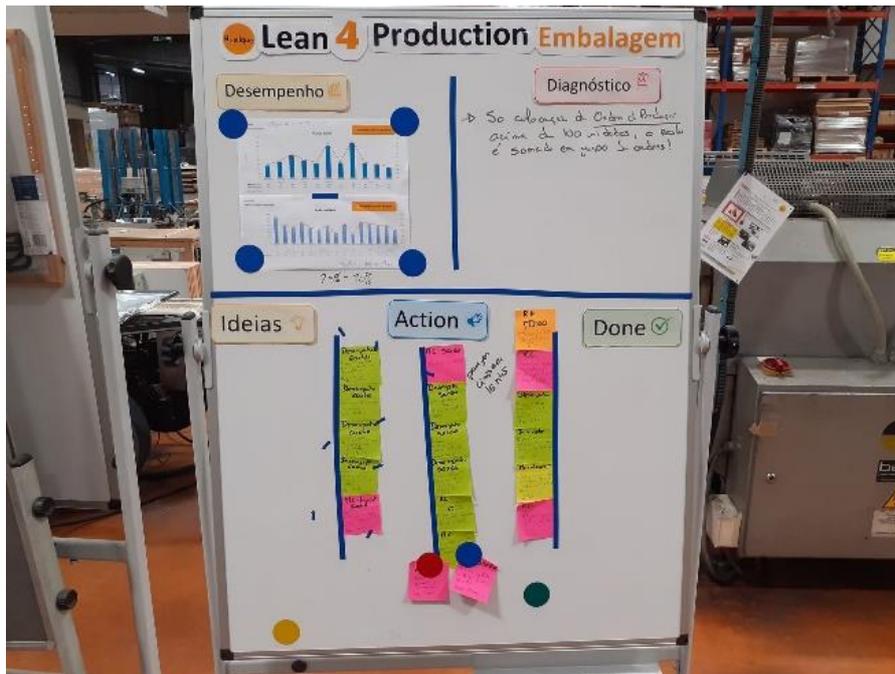


Figura 29 - Quadro *Lean*

Estes eventos trouxeram uma nova dinâmica na zona de montagem e embalagem. Os operadores passavam a semana a tirar apontamentos sobre todas as situações difíceis que enfrentavam, eles passaram a trazer sugestões e notou-se uma maior organização do espaço, porque a limpeza era um assunto abordado todas as semanas.

Existiam vários problemas que foram trazidos pelos operadores que já os afetava há algum tempo, mas não eram do conhecimento da gestão de topo. Para exemplificar, a forma como eram sequenciadas as ordens de produção constituía um problema, enquanto a linha estivesse a trabalhar numa ordem de produção, o chefe de linha pousava as próximas ordens num móvel que fica junto à linha e explicava a sequência a um dos operadores. Sendo que, na maior parte das vezes o chefe de linha pousava várias ordens, o operador acabava por esquecer a sequência e tinha de voltar a perguntar a sequência ao chefe de linha. Adicionalmente, o chefe de linha nem sempre estava por perto para voltar a explicar a sequência.

No entanto, com o envolvimento de toda equipa, solucionou-se este problema e é possível ver o antes e o depois de como sequenciavam as ordens de produção na Figura 30.

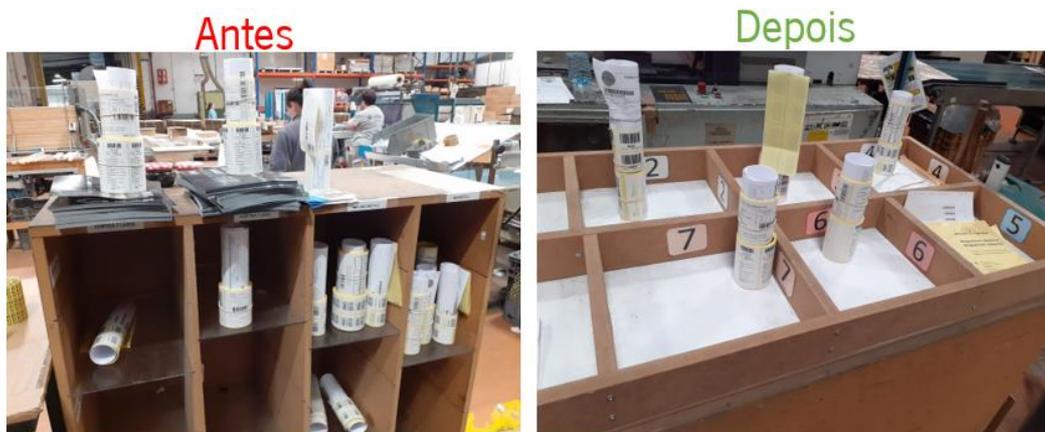


Figura 30 - Novo móvel para ajudar a sequenciar as ordens de produção

Os eventos também serviam para os operadores colocarem as suas dúvidas sobre algumas tarefas ou processos. Isso gerou maior sinergia entre os operadores e alguns procedimentos foram normalizados, como é o caso da limpeza, esta passou a ser feita, por todos os operadores, 15 minutos antes do final do turno.

O envolvimento dos operadores na identificação e resolução dos problemas é muito importante porque qualquer mudança nos postos de trabalho afeta-os diretamente. Tendo em conta isso, é muito provável haver resistência à mudança quando não há envolvimento dos operadores no desenvolvimento de soluções porque os operadores não têm conhecimento do problema e não sabem o impacto da melhoria que se quer implementar.

#### 5.1.2. Criação de um Armazém de Perfis

Apoiando-se num dos pilares do *Lean*, o *just-in-time*, que consiste em garantir que o material é entregue de acordo com a necessidade, no tempo em que é necessário e na quantidade certa (Liker, 2003), avançou-se para a criação de um armazém de perfis, com o objetivo de reduzir as esperas.

Tal como foi explicado na secção 4.4.1, o problema de abastecimento está relacionado com os perfis de pinho e as medidas utilizadas são: 90, 60, 40 e 30 cm. Uma análise feita aos dados históricos de produção revelou que eram consumidas por dia, em média, 2 paletes para cada medida. A necessidade de espaço para cada medida de perfil será obtida pela seguinte expressão:

$$\text{Espaço necessário (m}^2\text{)} = \text{consumo (paletes)} * \text{Área (m}^2\text{)} \quad (1)$$

Com base na equação acima, foram feitos os cálculos e são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Cálculo do espaço necessário para o armazém de perfis

Tipo de Perfil	Medidas das Paletes (m)		Área ( $m^2$ )	Consumo (paletes)	Espaço necessário ( $m^2$ )
	Comprimento	Largura			
Perfil de 90	1,7	1,4	2,4	2	4,8
Perfil de 60	1,7	1,3	2,2	2	4,4
Perfil de 40	1,5	1,4	2,1	2	4,2
Perfil de 30	1,6	1,4	2,2	2	4,4
<b>Total</b>					<b>17,8</b>

Consoante os dados apresentados, a necessidade de espaço perfaz um total de  $17,8 m^2$  para a criação do armazém. Considerando que se pretende um armazenamento em dois níveis, o espaço necessário será a metade do valor obtido ( $8,9 m^2$ ).

Depois de calcular a necessidade de espaço, verificou-se que era possível montar o armazém junto da zona de montagem manual (Figura 31). Os perfis passaram a ficar mais acessíveis para os operadores e chefes de linha, sendo que, agora eles próprios podem manuseá-los.



Figura 31 - O novo armazém de perfis

Os chefes de linha não voltaram a reportar paragens nas linhas por esperas de materiais e em termos de distâncias, o material passou a percorrer 40 m até a zona de montagem e embalagem e 6 m até a zona de montagem manual (Figura 32).

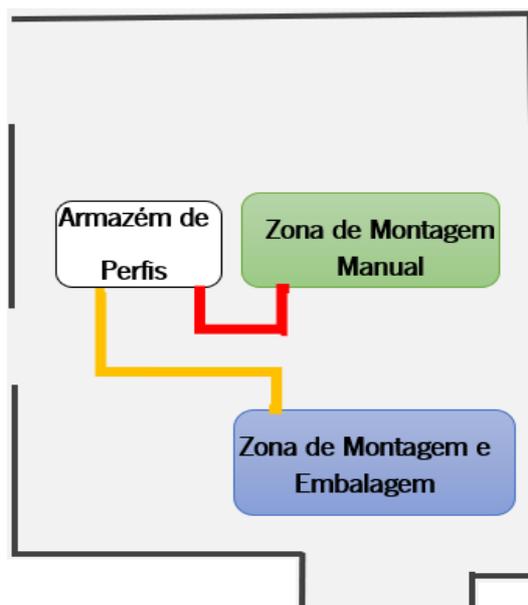


Figura 32 - O novo fluxo dos perfis

### 5.1.3. Redução do Tempo de *Setup* do Processo de Filmagem

A ferramenta SMED foi implementada em 4 etapas:

- Etapa preliminar: identificaram-se e cronometraram-se as operações necessárias para mudar os rolos, nesta etapa constatou-se que a troca de um rolo dura 4,7 minutos;
- Separação das operações: todas as operações eram realizadas de forma sequencial e com a máquina parada, ou seja, eram todas internas;
- Conversão das operações: verificou-se que algumas operações podiam ser feitas com a máquina em funcionamento ou em paralelo com outras, posto isto, definiu-se as operações internas e as operações externas (Tabela 8);
- Simplificação das operações: como forma de padronizar o processo e incentivar o envolvimento das pessoas, os operadores receberam formações sobre essa mudança de procedimento.

Tabela 8 - Classificação das operações do *setup* do processo de filmagem

Operação	Descrição	Tipo de Operação	Tempo (s)
1	Transportar o rolo	Externa	30
2	Abrir o rolo	Externa	20
3	Colocar o rolo na máquina	Externa	45
4	Ajustar o rolo na máquina	Interna	185

Todas as máquinas de filmagem passaram a ter um rolo de filme, já fora da caixa, que é colocado num lugar marcado, junto à máquina (Figura 33). Assim, enquanto um operador ajustava o rolo na máquina, os outros dois operadores da linha preparavam o rolo para o próximo *setup*. Com essa solução, o *setup* passou a ser feito em 3,1 minutos. Assim, assumindo o mesmo número de *setups* atual, 8 ao longo do dia (4 máquinas, 2 *setups* em cada uma delas), obtém-se o total de 24,8 minutos de *setups* num dia de trabalho.



Figura 33 - Espaço reservado para o rolo de filme substituto

#### 5.1.4. Organização das Caixas e Implementação da Ferramenta 5S

Na análise do estado atual, verificou-se que a desorganização das caixas acarretava problemas indesejáveis, tornando-se então fundamental implementar a ferramenta 5S para diminuir a ocorrência de erros, tempos improdutivos e movimentações desnecessárias.

Os operadores da zona de montagem e embalagem já tinham conhecimento da ferramenta 5S, uma vez que esta ferramenta já foi aplicada na empresa pelos estagiários. No entanto, não se verifica um controle diário das atividades propostas pelo programa 5S.

A implementação dos 5S teve início com a identificação de todas as caixas que são usadas nas linhas de montagem e embalagem. Depois, fez-se a separação das mais usadas e as menos usadas. Com a ajuda de todos os operadores, procedeu-se à organização e limpeza das caixas e da área em que estão armazenadas. Para finalizar, identificou-se as caixas e ficou acordado que se falaria sobre a limpeza e a organização das caixas em todos os eventos *kaizen*, como forma de garantir que a sustentabilidade da ferramenta 5S. A Figura 34 mostra a organização das caixas, depois da implementação da ferramenta 5S.



Figura 34 - Organização das caixas depois da implementação dos 5S

Tendo em conta que as 4 linhas bifurcam em duas saídas, verificou-se que havia espaço para organizar as caixas junto das duas saídas e, por isso, as caixas foram distribuídas pelas duas saídas tendo em conta a utilização das mesmas (Figura 35).



Figura 35 - Nova distribuição das caixas

O tipo de caixas mais usado passou a ser colocado junto às linhas (Figura 36). O operador que entrega as caixas, passou a entregar caixas com menor frequência às linhas, uma vez que, o operador que faz o encaixotamento passou a ter as caixas junto ao seu posto de trabalho e os outros tipos de caixas só eram usados em encomendas especiais que ocorriam com menos frequência.



Figura 36 - Palete de caixas junto às linhas

Com a implementação dessa ferramenta e as alterações referidas acima, verificou-se que o operador que entrega as caixas passou a movimentar-se menos durante o seu turno de trabalho. Uma monitorização de uma semana, com o auxílio de um dispositivo eletrónico, mostrou que o operador percorre, em média, uma distância de 3 km/dia (Figura 37).



Figura 37 - Movimentações do operador que distribui as caixas depois da aplicação dos 5S

## 5.2. Proposta de *Layout* para a nova Secção

Neste capítulo é apresentada a proposta de *layout* da nova secção, onde operarão às zonas de montagem manual, zona MMA e a zona de montagem e embalagem.

Na nova secção, já estavam montadas algumas estruturas que podiam ser aproveitadas para o novo *layout*, nomeadamente estruturas para armazenar material (Figura 38). Essas estruturas encontram-se montadas porque nesse espaço operava outro processo.

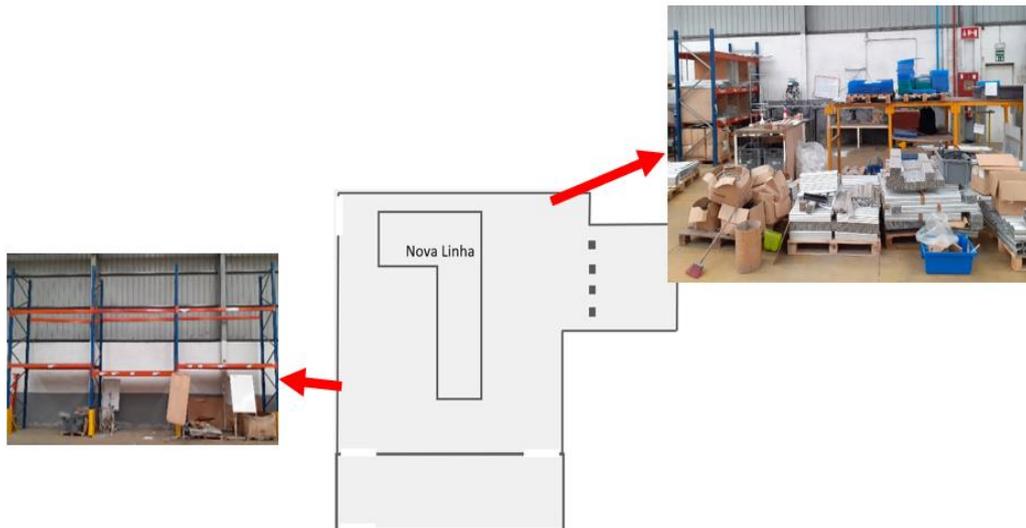


Figura 38 - Estruturas existentes na nova secção

A literatura apresenta poucas alternativas de modelos para definir *layouts* para casos em que o espaço disponível não tem formato retangular, casos em que na implantação já existem estruturas e já estão a contruir uma nova linha de montagem, como este caso. De forma a construir um *layout* que aproveitasse bem o espaço disponível e as estruturas já existentes no local, utilizou-se uma combinação de métodos que pode ser descrita ao realizar-se os seguintes passos:

- 1º Planeamento do *layout* – cálculo do espaço disponível e medição da área ocupada por cada zona de trabalho para calcular o espaço necessário.
- 2º Aplicação do método CORELAP – alocação dos recursos no espaço disponível.
- 3º Simulação com folhas de cartão – análise e validação da proposta obtida no passo anterior.

#### 5.2.1. Planeamento do *Layout*

Para calcular o espaço necessário, começou-se por definir o funcionamento da nova linha automática. A nova linha vai embalar os quadros produzidos pelas máquinas de montagem da zona de montagem e embalagem (máquinas de montagem de quadros 60X40, 90X60 e 40X30), ou seja, as três máquinas de montagem estarão ligadas à mesma linha, o que reduz a necessidade de ter uma linha para cada máquina.

De seguida, verificou-se os seguintes requisitos da empresa para a nova secção:

- Duas linhas de embalagem dedicadas à embalagem de quadros que são produzidos na montagem manual e montagem especial;
- Um espaço para armazenar produtos por embalar;
- Um espaço para armazenar perfis e planos para as zonas de montagem manual e a nova linha;

- Um local para colocar a estante dos acessórios, que serão usados nas duas linhas de embalagem e na nova linha.

Posto isto, calculou-se o espaço necessário, tendo como referência o espaço ocupado no *layout* atual. Os cálculos apresentam-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Cálculo da área necessária para o novo *layout*

Nº	Designação	Comprimento (m)	Largura (m)	Área ( $m^2$ )
1	Embalagem (2 linhas)	24	8	192
2	Zona MMA	17,5	10	175
3	Montagem Manual	11	5,3	58
4	Acessórios	6,8	1,2	8
5	Armazém de Perfis	9,2	3,4	31
6	Armazém de Planos	9,2	3,4	31
7	Produtos por Embalar	6	3	18
8	Montagem Especial	8	4	32
9	Máquina de montagem 60x40	4	1,2	5
10	Máquina de montagem 90x40	5	1,8	9
11	Máquina de montagem 40x30	2,28	1,14	3
			<b>Área necessária</b>	<b>546,02</b>

Em termos de espaço disponível na nova secção, a sua área total é de  $1749 m^2$  e a área ocupada pela nova linha é de  $421 m^2$ . Assim sendo, o espaço disponível é de  $1328 m^2$ .

### 5.2.2. Aplicação do Método CORELAP

Após o cálculo da área ocupada por todas as zonas de trabalho, iniciou-se a construção da proposta de *layout* com o auxílio do método CORELAP. Para a aplicação do método, estudou-se o grau de relacionamento entre as zonas de trabalho, tendo em conta o fluxo de materiais e a partilha de equipamentos, e atribuiu-se os graus conforme a Tabela 3 da secção 2.4.2. Lembrando que A=6, E=5, I=4, O=3, U=2 e X=1, calculou-se o TCR, como mostra a Tabela 10. Apesar da nova linha já ter um lugar definido para a sua implantação, esta também foi considerada no estudo dos relacionamentos e cálculo do TCR, a fim de conhecer os recursos que devem ser alocados próximo dela. Tendo em conta que a

nova linha estará ligada às máquinas de montagem, como definido pela empresa, considerou-se a linha como um todo, isto é, as máquinas já estão ligadas à linha.

Tabela 10 – Matriz de relacionamento para o cálculo do TCR

Nº	Designação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TCR	Ordem
1	Embalagem (2 linhas)		2	4	6	1	1	6	2	2	24	6
2	Zona MMA	2		4	1	6	6	6	2	2	29	5
3	Montagem manual	4	4		1	6	6	6	2	2	31	1
4	Acessórios	6	1	1		1	1	2	4	6	22	9
5	Armazém de perfis	1	6	6	1		4	1	1	6	26	3
6	Armazém de planos	1	6	6	1	4		1	1	6	26	4
7	Produtos por embalar	6	6	6	2	1	1		6	2	30	2
8	Montagem especial	2	2	2	4	1	1	6		2	20	7
9	Nova linha	2	2	2	6	6	6	2	2		28	8

Uma vez calculado todos os dados de entrada do algoritmo CORELAP (matriz de relacionamento, TCR, área dos departamentos e número de departamentos), prosseguiu-se para sua aplicação que foi feita por passos:

- 1º A partir da tabela, constata-se que a zona de montagem manual tem maior TCR, por isso, deve estar instalada no centro da implantação, isso não é possível, porque a nova linha já está alocada a esse espaço e por isso ficou alocada numa zona próxima da posição central.
- 2º As áreas para armazenar perfis, planos e produtos por embalar são as próximas a ser alocadas porque possuem um relacionamento tipo “A” com a primeira zona alocada, a montagem manual. A ordem de alocação teve em conta o maior TCR e todas essas áreas produtivas foram alocadas próximo da montagem manual, conforme o espaço disponível. Tendo em conta que já não havia nenhum com relacionamento “A”, na linha da montagem manual, passou-se para o segundo alocado, produtos por embalar, e verificou-se que havia três elementos por alocar com relacionamento “A” e foram alocados tendo em conta o TCR.
- 3º A mesma lógica foi aplicada para a alocação dos restantes elementos e desenvolveu-se a proposta de *layout* apresentada na Figura 39.

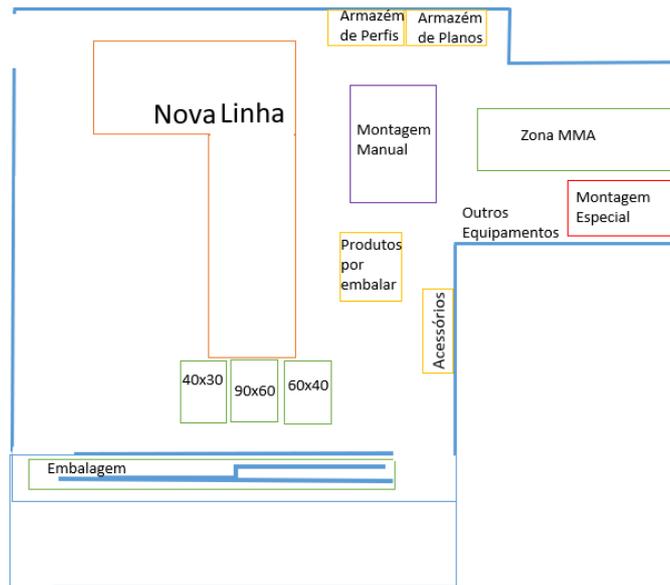


Figura 39 - Proposta de *layout* (inicial)

Com essa solução, verificou-se que existiam racks do lado esquerdo da implantação que já estavam montadas e que podiam ser aproveitadas. Desta feita, sugeriu-se que alguns planos e perfis fossem armazenados nessas racks para deixá-los mais próximo das máquinas de montagem e aproveitar essa estrutura que já estava montada. Com essa alteração, obteve-se a proposta final do *layout* da nova secção (Figura 40).

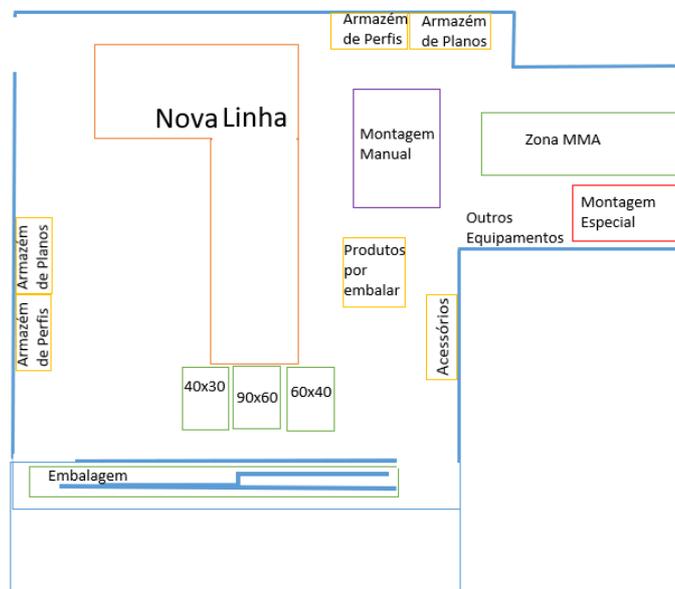


Figura 40 - Proposta de *layout* (final)

### 5.2.3. Simulação de Ocupação do Espaço em Escala Real

A simulação do *layout* proposto foi feita com folhas de cartão, as folhas foram colocadas no local onde cada zona de trabalho estaria alocada, ocupando a área que a zona representada ocuparia (Figura 41).



Figura 41 - Simulação da ocupação do espaço com folhas de cartão

Depois de todas as zonas de trabalho estarem representadas com as folhas de cartão, um operador circulou pelo espaço reservado para os corredores, com um empilhador, e verificou-se que o espaço reservado é suficiente e que não haveria constrangimentos durante a movimentação do material.

Para finalizar, apresentou-se a simulação aos chefes de linha e com ajuda deles, analisou-se como ficariam as movimentações de materiais dentro do novo *layout* e verificou-se que as movimentações mais frequentes totalizariam 226 m (as distâncias podem ser vistas no Apêndice III – Matriz de Distâncias da Proposta de *Layout*). Essas movimentações estão representadas no diagrama de spaghetti da Figura 42.

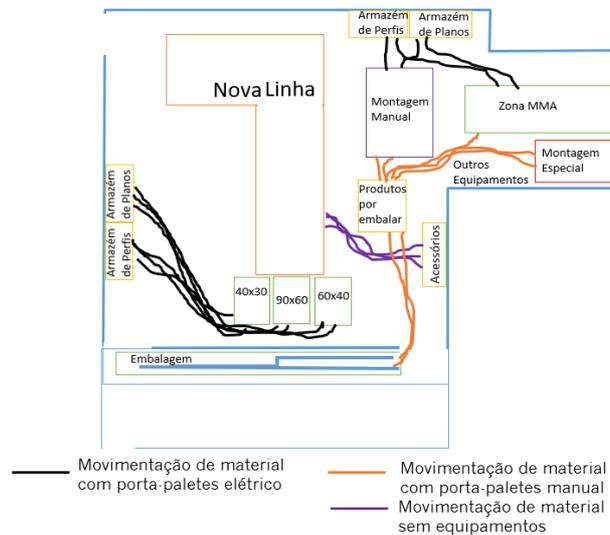


Figura 42 - Diagrama de *spaghetti* do novo *layout*

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Ao longo deste capítulo é realizada uma análise dos resultados obtidos, assim como dos resultados esperados com a implementação das propostas de melhoria descritas no capítulo anterior. De salientar que, a proposta de *layout* não foi implementada.

### 6.1. Maior Envolvimento dos Colaboradores

Com a implementação dos eventos *kaizen*, a gestão de topo passou a trabalhar com os operadores nos projetos de melhoria da zona de montagem e embalagem. Os operadores começaram a olhar para os problemas que os afetam diariamente e passaram a reportá-los à gestão de topo com maior frequência. A criação do quadro informativo para apoiar os eventos *kaizen*, ajudou no cumprimento das tarefas delineadas. Tendo em conta que ficavam apontadas no quadro, sempre que algum operador esquecesse a sua tarefa, podia consultá-la no quadro. Os operadores e chefes de linha trabalharam juntos em muitas tarefas e isso permitiu aumentar a sinergia dentro da equipa de trabalho.

Durante os eventos *kaizen*, falava-se muito sobre os fatores que afetavam o desempenho, vários operadores falaram sobre as dificuldades que tinham para realizar alguns procedimentos ou estar à frente de alguns equipamentos. A gestão de topo promoveu várias ações formativas para solucionar esse problema. Assim, tornou-se possível alocar os operadores em diferentes postos de trabalho sem comprometer o desempenho.

O envolvimento de todos os colaboradores permite que o sistema seja avaliado constantemente, porque todos ficam à procura de oportunidades de melhoria. Isso evita a ocorrência de alguns erros e faz com que alguns problemas sejam logo resolvidos antes que causem danos maiores.

### 6.2. Melhoria no Abastecimento de Perfis

A forma como os perfis eram abastecidos causava esperas. Para resolver esse problema, analisou-se os consumos de perfis e verificou-se que a criação de um armazém de perfis traria melhorias no abastecimento desse material aos locais de trabalho em que são utilizados, nomeadamente as zonas montagem manual e montagem e embalagem.

Os perfis ficaram mais acessíveis para os operadores e chefes de linha. Essa maior acessibilidade fez com que já não se verificassem situações em que os operadores estivessem à espera desse material. Antes da criação do armazém, verificavam-se esperas de 30 minutos/semana, o que resultava numa perda de produção de 62.400 euros ano.

Com a criação do armazém, a distância que os perfis tinham de percorrer até a zona de montagem manual, passou de 160 m para 6 m e a distância que tinham de percorrer até a zona de montagem e embalagem, passou de 170 m para 40 m. A Figura 43 ilustra a melhoria em termos de fluxo.

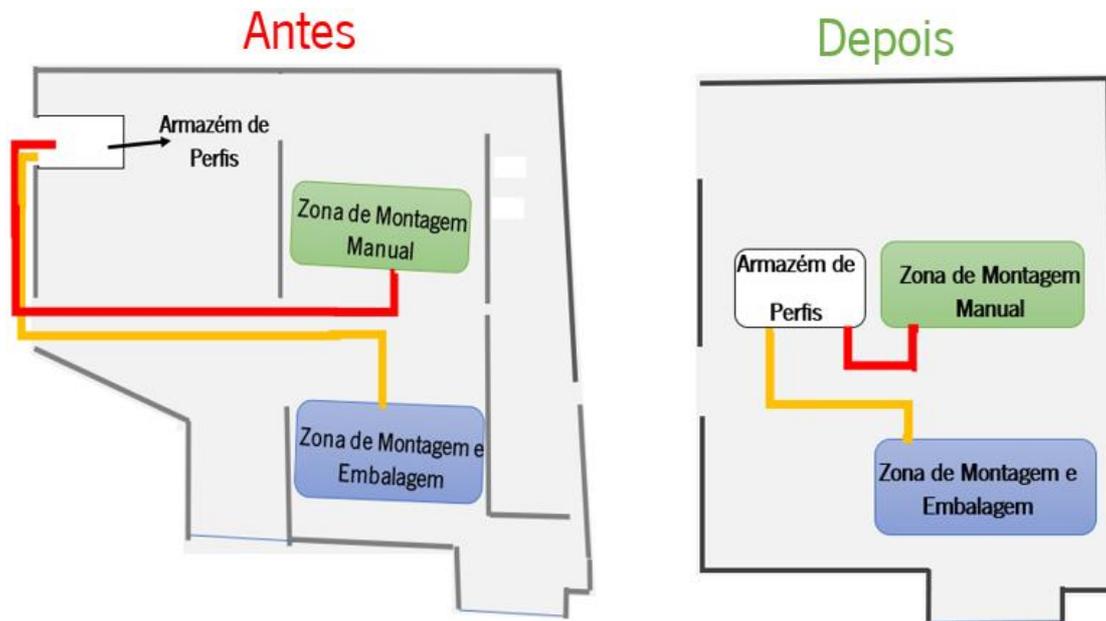


Figura 43 - Melhoria do fluxo dos perfis

### 6.3. Redução do Tempo de *Setup* do Processo de Filmagem

Através da aplicação do método SMED, utilizado para redução do tempo do *setup* através da separação de atividades internas e externas, foi possível efetuar uma redução significativa de um *setup* nas máquinas de filmagem.

A zona de montagem e embalagem tem quatro máquinas de filmagem e cada uma tem dois rolos de filme que precisam ser trocados uma vez por dia. Os rolos são trocados um de cada vez, totalizando 8 *setups*/turno. Os ganhos obtidos com a redução do tempo de *setup* podem ser vistos na Tabela 11.

Tabela 11 - Ganhos relativos à redução do tempo de *setup* do processo de filmagem

Antes	Depois	
Tempo de <i>Setup</i>	Tempo de <i>Setup</i>	Ganho (%)
4,7 min	3,1 min	34
Tempo de <i>Setup</i> /Turno (8 <i>setups</i> )	Tempo de <i>Setup</i> /Turno (8 <i>setups</i> )	
37,6 min	24,8 min	

## 6.4. Melhor Organização das Caixas

A implementação da ferramenta 5S permitiu aumentar a organização e arrumação das caixas e, conseqüentemente, diminuir o tempo gasto à procura de caixas. A definição de locais apropriados para a colocação das caixas permitiu melhorar a organização o espaço produtivo, reduzir desperdícios e evitar perdas de material.

Cada modelo de caixas passou a ser colocado em lugares fixos, que foram identificados para permitir que todos os operadores pudessem manuseá-las. A Figura 44 mostra alguns ganhos obtidos com a implementação da ferramenta 5S.



Figura 44 - Antes e depois da implementação dos 5S

As caixas ficaram mais próximas dos locais em que são usadas e com isso foi possível evitar deslocações desnecessárias para entregar caixas, tempos improdutivo à espera de material e erros na seleção do material. Na Figura 45 estão representadas as movimentações do operador que manuseia as caixas, com a implementação dos 5S estas movimentações reduziram 50%, passando de 6 para 3 km/dia.



Figura 45 - Antes e depois do diagrama de *spaghetti* do operador que manuseia as caixas

## 6.5. Aumento do Desempenho

Após implementação do novo armazém de perfis, da aplicação das ferramentas SMED e 5S e da implementação dos eventos *kaizen* verificaram-se os valores do desempenho dos meses de maio e junho de 2020 (semanas 19-26), que consistem nos meses seguintes à da conclusão da implementação das propostas de melhoria. Constatou-se que neste período, o valor máximo de quadros embalados/hora foi de 1100, o valor médio 1000 e o valor mínimo 790.

Em suma, para efeitos de avaliação de resultados, e tendo por base o número de quadros embalados/hora, obteve-se o gráfico da Figura 46.

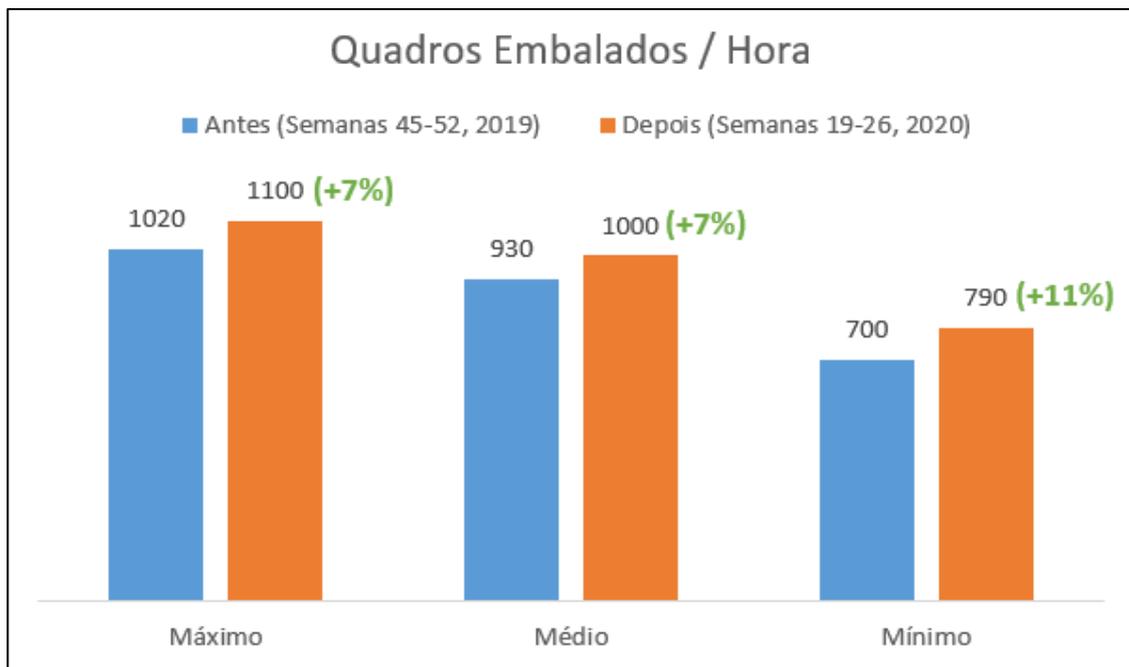


Figura 46 - Melhoria do desempenho da zona de montagem e embalagem

Como se pode constatar, o valor médio antes da implementação das propostas de melhoria era de 930 quadros embalados/hora. Depois da implementação das mesmas, o valor médio subiu para 1000 quadros embalados/hora, o que permite concluir que se registou um aumento do desempenho de 7%.

## 6.6. Resultados da Proposta de *Layout*

A empresa investiu numa nova linha e está a instalá-la numa nova secção, como abordado no capítulo 4.5. A proposta *layout* da nova secção foi desenvolvida com a aplicação do método CORELP e validado com uma simulação, utilizando folhas de cartão.

As movimentações mais frequentes realizadas pelos operadores no *layout* atual totalizaram 721 m e na nova proposta de *layout*, as mesmas movimentações totalizaram 226 m. Com o auxílio do diagrama de *spaghetti*, é possível ver essas movimentações na Figura 47.

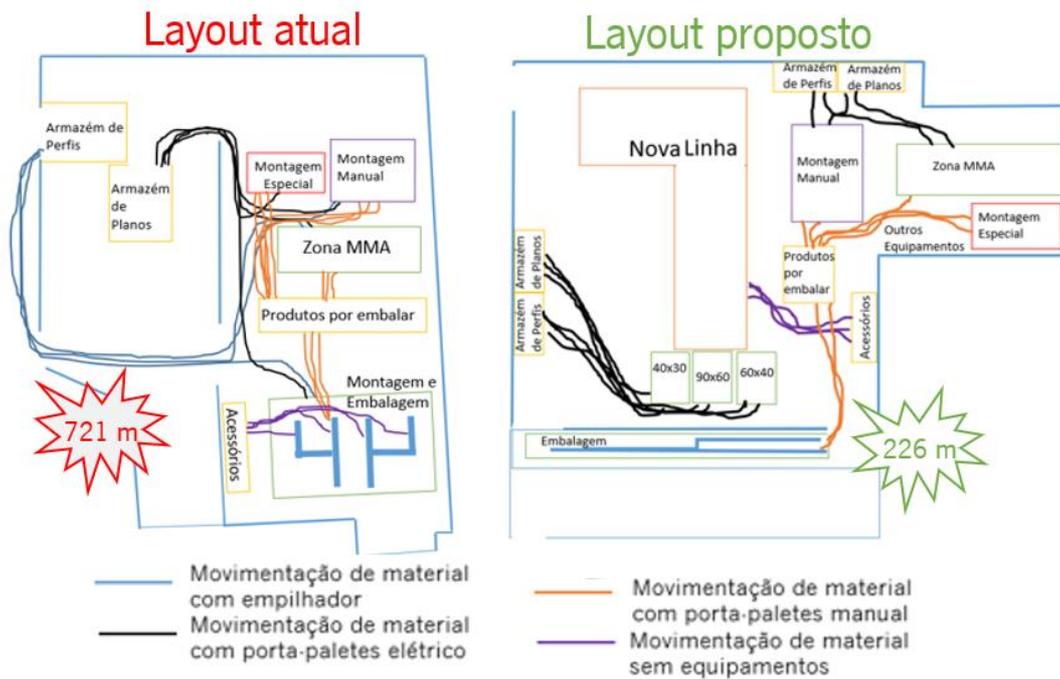


Figura 47 - Diagrama de *spaghetti* do *layout* atual e do *layout* proposto

As principais melhorias que se poderão obter com a implementação da proposta apresentada são as seguintes:

- Melhor aproveitamento do espaço fabril;
- Maior proximidade dos recursos de produção;
- Redução no tempo despendido pelos colaboradores em deslocações e em transporte de material;
- Eliminação dos transportes realizados com empilhador, dos locais de armazenamento às zonas de trabalho.

Apesar de reduzir as movimentações e trazer outros benefícios, o *layout* proposto não foi implementado porque a empresa ainda estava a trabalhar no projeto da nova linha. Ainda assim, a proposta de *layout* foi bem recebida pela gestão de topo e pelos responsáveis pela instalação da nova secção.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais resultantes do projeto da presente dissertação. São também apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros, que poderão vir a ser desenvolvidas nos projetos de melhoria da empresa.

### 7.1. Conclusões

Este projeto foi desenvolvido com recurso à vários conceitos da engenharia e gestão industrial. A combinação desses conhecimentos gerou bons resultados para a zona de montagem e embalagem da BI-Silque. O valor criado com este projeto, teve grande impacto nos processos produtivos e nos colaboradores que trabalham nesta zona produtiva.

A metodologia de investigação utilizada foi a *Action-Research*, isso facilitou o processo investigativo e permitiu desenvolver várias competências como: aplicar ferramentas diagnóstico em contexto industrial, gerir projetos e avaliar os resultados das soluções implementadas.

O projeto teve início com uma etapa de conhecimento da zona produtiva, por meio da observação direta, análise do planeamento e outros documentos de produção. De seguida, realizou-se uma análise diagnóstico de todos os processos, em que se aplicou a técnica de estudo de tempos por cronometragem, diagrama de causa-efeito, diagrama de *spaghetti*, etc. Com esta análise, foram identificados diversos problemas que afetavam o processo produtivo e causavam desperdícios de tempo, movimentações desnecessárias de material e falta de organização dos materiais.

A aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* gerou valor acrescentado e permitiu mitigar os problemas identificados. Um dos principais problemas era a desorganização das caixas, este foi resolvido com a aplicação da ferramenta 5S. Desta forma, foi possível organizar o local onde são armazenadas as caixas, definir e identificar um lugar fixo para armazenar cada tipo de caixa e distribuir melhor as caixas pelo espaço disponível para armazená-las. A implementação destas medidas permitiu reduzir desperdícios de tempo e reduzir a ocorrência de erros na seleção do material.

Além da ferramenta 5S, recorreu-se à ferramenta SMED que permitiu uma redução de 34% no tempo de troca dos rolos de filme. Paralelamente, construiu-se um armazém de produto intermédio, que permitiu eliminar perdas de produtividade de cerca de 62.400 euros/ano. Todas as melhorias contaram com o envolvimento da gestão de topo e dos operadores, que discutiam sobre os problemas da zona de montagem e embalagem em eventos *kaizen* que ocorriam todas as semanas.

A criação do armazém de produto intermédio e a implementação de ferramentas *Lean* na zona de montagem e embalagem gerou um aumento de desempenho médio de cerca de 7%, de acordo com o

período analisado. Gerou maior envolvimento dos colaboradores, que passaram a ser ouvidos pela gestão de topo e passaram a fazer parte dos projetos de melhoria, desde a fase de identificação de oportunidades de melhoria até a fase de implementação das soluções.

Por fim, elaborou-se uma proposta de *layout* para a nova secção fabril da empresa. Esta proposta foi elaborada com a aplicação do método CORELAP, tendo em conta restrições de espaço e requisitos definidos pela empresa. Para finalizar e validar a proposta, simulou-se a ocupação das diversas áreas de produção com folhas de cartão. Esta simulação permitiu calcular as distâncias entre os recursos de produção, o que permitiu prever que a proposta de *layout* reduziria as movimentações de 721 m para 226 m.

As melhorias podem ser alcançadas com recurso à diversas áreas de conhecimento, de forma isolada ou integrada. A filosofia *Lean* oferece um conjunto de técnicas e ferramentas, das mais complexas às mais simples, mas um dos grandes focos dessa filosofia é o envolvimento das pessoas. Muitas empresas despendem grandes quantias em consultorias externas quando têm, dentro da organização, pessoas capazes de olhar para o processo e identificar oportunidades de melhoria. Assim, conclui-se que os projetos de melhoria devem envolver sempre as pessoas, de forma a incentivá-las a quererem melhorar continuamente.

## 7.2. Trabalhos Futuros

Como proposta de projeto futuro sugere-se uma maior aposta na formação dos operadores, visto que existem poucos planos de formação e os operadores têm problemas para manusear alguns equipamentos e fazer a interpretação de alguns documentos de produção. Outro projeto futuro, visto que não foi possível durante a realização deste projeto, consiste na implementação da proposta de *layout* apresentada.

Sugere-se também, a avaliação contínua da organização do espaço fabril e das ferramentas de produção, assim como, a criação de planos de limpeza e manutenção bem definidos para garantir que os equipamentos estejam sempre bem conservados.

A implementação de eventos *kaizen*, fez com que os operadores se envolvessem mais nos projetos de melhoria conduzidos pela empresa. Assim, pretende-se que a empresa implemente esta solução nas outras áreas produtivas. Seria vantajoso para a empresa, por exemplo, conhecer os relatos dos operados sobre as dificuldades causadas por alguns problemas ergonómicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, *107*(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Bicheno, J. (2001). Kaizen and kaikaku. *Manufacturing Operations and Supply Chain Management: The LEAN Approach*, Taylor, D, and Brunt, D., Eds., London, UK: Thomson Learning, 175–184.
- Ciarniene, R., & Vienazindiene, M. (2015). An Empirical Study of Lean Concept Manifestation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *207*, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.091>
- Costa, L. G. da, & Arezes, P. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho. Publicação Interna*.
- Costa, E., Bragança, S., Sousa, R., & Alves, A. (2013). Benefits from a SMED application in a punching machine. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *7*(5), 379–385.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, *22*(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Dailey, K. W. (2005). *The Kaizen Pocket Handbook*. DW Publishing Co.
- Dhouchak, D. (2017). REVIEW OF 6S METHODOLOGY. *International Journal of Development Research*, *07*(08), 14455–14457.
- Dira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, *31*, 255–267.
- Ford, H. (1926). *Today And Tomorrow*. Generosity Press.
- Galsworth, G. D. (2005). *Visual Workplace, Visual Thinking*. Visual-Lean Enterprise Press.
- Grief, M. (1991). *The Visual Factory: Building Participation through Shared Information*. Portland: Productivity Press.
- Herrala, M. E., Pekuri, A., & Aapaoja, A. (2012). How do you understand lean? *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Hindle, T. (2008). *Guide to Management Ideas and Gurus*. John Wiley and Sons.
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. CRC Press.
- Imai, M. (1986). *Kaizen - The Key to Japan 's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill.
- Imai, M. (1997). *A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw-Hill.
- Jedynak, P. (2015). Lean management implementation: Determinant factors and experience. *Jagiellonian Journal of Management*, *1*(1), 51–64–64. <https://doi.org/10.4467/2450114XJJM.15.004.3811>
- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the

- Lean 5S methodology to 6S with an additional layer to ensure occupational safety and health levels. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(14), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11143827>
- Juran, J. M., & Feo, J. A. De. (2010). *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence*. McGraw-Hill Education.
- Lee, R. C., & Moore, J. . (1967). CORELAP - computerized relationship layout planning. *Journal of Industrial Engineering*, *18*, 195–200.
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, *20*(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Melnyk, S. A., Calantone, R. J., Montabon, F. L., & Smith, R. T. (1998). Short-Term Action in Pursuit of Long-Term Improvements: Introducing Kaizen Events. *Production and Inventory Management Journal*, *39* (4), 69–79.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Metcalfe, G. (2018). *Kanban: Visualize Work and Maximize Efficiency: Beyond the Basics*. Independently Published.
- Moreira, F., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2010). Towards eco-efficient lean production systems. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, *322 AICT*, 100–108. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0_12)
- Muther, R., & Hales, L. (2015). *Systematic Layout Planning* (Fourth Edi). Management & Industrial Research Publications.
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*, 1–15. Retrieved from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ohno, T. (2012). *Taiichi Ohnos Workplace Management*. McGraw-Hill Education.
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, *52*, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: Some conceptual and practical issues. *TQM Journal*,

- 21(2), 127–142. <https://doi.org/10.1108/17542730910938137>
- Ritter, C., Barkokebas, B., & Al-Hussein, M. (2018). Evaluation of Existing Layout Improvement and Creation Algorithms for Use in the Offsite Construction Industry. *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, 93–100. <https://doi.org/10.29173/mocs44>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Semiring, A. C., Budiman, I., Mardhatillah, A., Tarigan, U. P., & Jawira, A. (2018). An application of corelap algorithm to improve the utilization space of the classroom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1007/1/012026>
- Shingo, S. (1987). *The Sayings of Shigeo Shingo: Key Strategies for Plant Improvement* (1st ed.). Productivity Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483.
- Sousa, R. M., Lima, R. M., Carvalho, J. D., & Alves, A. C. (2009). An industrial application of resource constrained scheduling for quick changeover. *IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 189–193. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373391>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Suzaki, K. (2012). *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement* (Reprint). Free Press.
- Tezel, A., Aziz, Z., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Benefits of visual management in the transportation sector. *IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 123–132.
- The Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work for the Shopfloor*. New York: Productivity Press.
- Ungan, M. C. (2006). standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your*

*Corporation* (2nd ed.). Free Press.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World : Based on the Massachusetts Institute of Technology 5-Million-Dollar 5-Year Study on the Future of the Automobile*. Scribner Book Company.

Yorkstone, S. (2019). *Global Lean for Higher Education: A Themed Anthology of Case Studies, Approaches, and Tools*. Productivity Press.

ANEXOS

ANEXO I – VSM SIMPLIFICADO DA BI-SILQUE

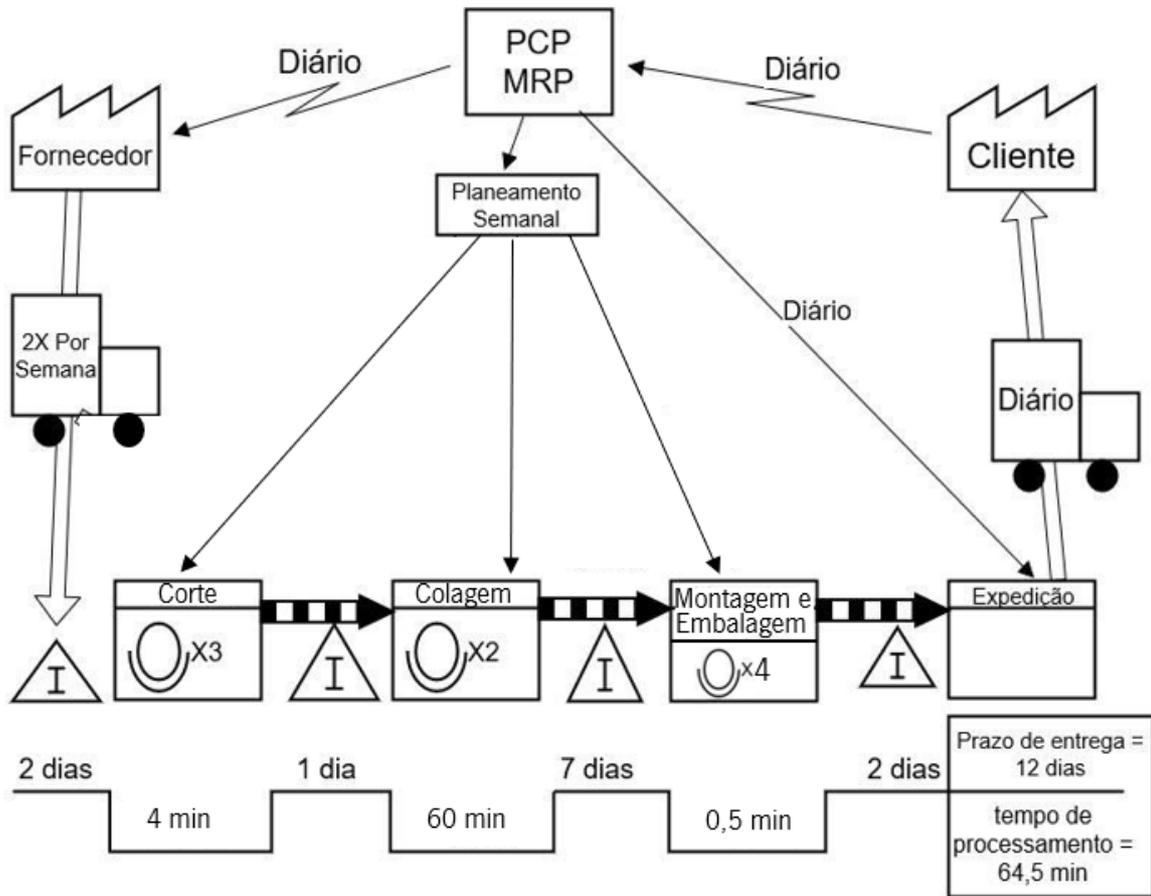


Figura 48 - VSM simplificado do processo produtivo

## APÊNDICES

## APÊNDICE I – ESTUDO DE TEMPOS

O número de observações é um dado muito importante para melhorar a precisão com que se mede o tempo de uma operação. Posto isto, realizou-se um estudo de tempos, considerando a seguinte fórmula para calcular o número de observações (Costa & Arezes, 2003):

$$N' = \left( \frac{Z \cdot s}{\varepsilon \cdot m} \right)^2 \quad (2)$$

Onde  $N'$  representa o número de observações necessárias, o  $Z$  o valor de 1,96 resultante de um nível de confiança de 95% e o  $\varepsilon$  uma precisão de 5%. O  $s$  e o  $m$  dizem respeito ao desvio padrão e média das primeiras  $N$  observações realizadas. Aplicando a equação acima, verifica-se se  $N'$  é menor ou igual a  $N$ , caso a condição seja satisfeita ( $N' \leq N$ ) conclui-se que o número de observações  $N$  é suficiente. Caso contrário, ou seja,  $N' > N$ , conclui-se que serão necessárias mais observações. A Tabela 12 apresenta o estudo de tempos realizado (Costa & Arezes, 2003).

Tabela 12 - Tempos observados para os processos de montagem e operação de *setup*

Nº	Descrição	Tempos Observados (seg)														N	Média (seg)	Desvio Padrão	N'	N≥N'
1	Montagem	8	9	8	8	8	9	9								7	8,4	0,53	6	sim
2	Colocar acessórios	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	14	3,9	0,36	14	sim
3	Processo de Filmagem	9	9	10	9	10	9									6	9,3	0,52	5	sim
4	Estufa	10	11	11	11	10										5	10,6	0,55	4	sim
5	Ir à busca do rolo	30	29	28	30	30	30	30	30							8	29,6	0,74	1	sim
6	Abrir o rolo	20	19	20												3	19,7	0,58	1	sim
7	Colocar o rolo na máquina	43	45	45	45											4	44,5	1,00	1	sim
8	Ajustar o rolo na máquina	183	185	185	185	185	185	184								7	184,6	0,79	0	sim

## APÊNDICE II – MATRIZ DE DISTÂNCIAS DO *LAYOUT* ATUAL

Tabela 13 - Matriz de distâncias das movimentações mais frequentes no *layout* atual

Distâncias (m)	1	2	3	4	5	6	7	Distâncias Percorridas
1 - Armazém de Planos	-	x	72	x	106	x	76	254
2 - Armazém de Perfis		-	160	x	170	x	16	346
3 - Zona de Montagem Manual			-	14	35	x	3	52
4 - Produtos Por Embalar				-	16	x	1	17
5 - Zona de Montagem e Embalagem					-	32	20	52
6 - Acessórios						-	x	0
7- Zona MMA							-	0
							<b>Total</b>	<b>721</b>
X - Os operadores não realizam essa movimentação com frequência								

APÊNDICE III – MATRIZ DE DISTÂNCIAS DA PROPOSTA DE *LAYOUT*

Tabela 14 - Matriz de distância das movimentações mais frequentes no *layout* proposto

Distâncias (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	Distâncias Percorridas
1 - Armazém de Planos	-	x	12	x	x	x	16	12	40
2 - Armazém de Perfis		-	12	x	x	x	16	12	40
3 - Zona de Montagem Manual			-	2	18	x	3	13	36
4 - Produtos Por Embalar				-	20	x	3	8	31
5 - Embalagem (2 linhas)					-	14	33	x	47
6 - Acessórios						-	x	12	12
7 - Zona MMA							-	20	20
8 - Nova linha								-	0
								total	226
X - Os operadores não realizam essa movimentação com frequência									