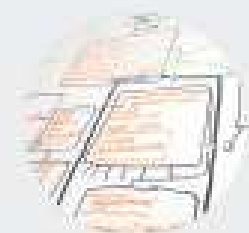




# DEFINIÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

**JOAO PEDRO SILVA GONÇALVES**

setembro de 2020



## DEFINIÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL

JOAO PEDRO SILVA GONÇALVES

Junho de 2020



# **DEFINIÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL**

João Pedro da Silva Gonçalves

1120480

**2019/2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



## **DEFINIÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UMA NOVA UNIDADE DE PRODUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL**

João Pedro da Silva Gonçalves

1120480

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP, e coorientação da Mestre Alcinda Maria Sousa Barreiras, Professor Adjunto do Departamento de Matemática do ISEP.

**2019/2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



# JÚRI

## **Presidente**

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Co-orientador**

Mestre Alcinda Maria Sousa Barreiras

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Doutor Francisco José Gomes da Silva, pela orientação, apoio e conselhos prestados durante a realização deste trabalho.

À Engenheira Alcinda Barreiras por toda a disponibilidade e ajuda durante a realização deste trabalho.

À Engenheira Sónia Alves e Engenheiro Filipe Teixeira, pelo apoio prestado durante a realização deste projeto na empresa Fico Cables.

À Fico Cables, por ter proporcionado a oportunidade de realizar este projeto, assim como todos os apoios prestados ao longo da realização deste trabalho.

Por fim, aos meus pais pelo apoio incondicional, ajuda e conselhos dados ao longo de todo o percurso académico.



## **PALAVRAS CHAVE**

Indústria Automóvel, Fluxo logístico, *Lean*, *Mizusumashi*, Otimização dos fluxos.

## **RESUMO**

A indústria automóvel é uma das mais competitivas que existe na atualidade. A busca por melhores rentabilidades e a superação da concorrência existente no setor, leva a uma procura constante de redução de custos nos seus processos de fabrico. Um dos focos dos construtores na redução de custos é os componentes comprados a outras empresas, levando a que a indústria de componentes seja obrigada a procurar também reduzir ao máximo os preços dos componentes comercializados, superando assim a abundante concorrência do setor de forma a conseguir contratos com as grandes marcas do ramo automóvel. Existe diversas formas de reduzir o custo dos componentes desde os materiais usados, o próprio processo de fabrico bem como na redução de desperdícios existentes no processo atual. O transporte de materiais é uma das formas mais conhecidas de desperdícios dentro de uma empresa, visto que estas movimentações não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto comercializado.

A Fico Cables é uma empresa que se dedica á produção de componentes para os principais construtores de veículos e tem também como princípio a busca constante da redução de desperdícios em todos os seus processos.

A construção de um novo edifício criou a necessidade de novos fluxos de materiais dentro das suas instalações, sendo que este trabalho apresenta uma solução para o problema tendo como principais requisitos o abastecimento total das áreas produtivas, otimizar ao máximo os recursos necessários (materiais e humanos) e diminuir os custos que a empresa terá de suportar.

A solução encontrada (uso do comboio logístico) permite a empresa ter uma redução de custos de aproximadamente 31% em relação ao método tradicional de movimentação de cargas através do uso de empilhador e garante a satisfação da procura por parte do novo módulo de produção.



**KEYWORDS**

Automotive industry, Logistics flow, *Lean*, *Mizusumashi*, Flow optimization.

**ABSTRACT**

*The automotive industry is one of the most competitive in existence today. The search for better profitability and overcoming the existing competition in the sector leads to a constant search for cost reduction in its manufacturing processes. One of the focus of manufacturers on cost reduction is the components purchased from other companies, leading to the components industry also being forced to seek to reduce the prices of marketed components as much as possible, thus overcoming the abundant competition in the sector in order to win contracts with the major brands in the automotive industry. There are several ways to reduce the cost of components from the materials used, the manufacturing process itself as well as in the reduction of existing waste in the current process. The transportation of materials is one of the best-known forms of waste within a company since these movements do not add any kind of value to the product sold.*

*Fico Cables is a company dedicated to the production of components for the main vehicle manufacturers and also has as its principle the constant search for waste reduction in all its processes.*

*The construction of a new building has created the need for new material flows within its facilities, and this work presents a solution to the problem having as main requirements the total supply of the productive areas, to optimize the necessary resources (materials and human) and to reduce the costs that the company will have to bear.*

*The solution found (use of the *Mizusumashi*) allows the company to have a cost reduction of approximately 31% in relation to the traditional method of cargo handling through the use of a forklift and guarantees the satisfaction of the demand from the new production module.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

|           |  |
|-----------|--|
| AGV       | <i>Automatic guided vehicle</i>                        |
| ARM. COMP | Armazém de componentes                                 |
| ARM. EXP  | Armazém de expedição                                   |
| CSCMP     | <i>Council of Supply Chain Management Professional</i> |
| KPI       | <i>Key Performance Indicator</i>                       |
| REF       | Referência   |
| SM        | <i>Suspension Mat</i>                                  |
| TPS       | <i>Toyota Production System</i>                        |
| VSM       | <i>Value Stream Mapping</i>                            |

### Lista de Unidades

|     |            |
|-----|------------|
| h   | Hora       |
| min | Minuto     |
| km  | Quilómetro |



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

|                       |  |
|-----------------------|--|
| 6 Sigma               | Filosofia de melhoria baseada em dados e que privilegia a prevenção de defeitos em vez da detecção de defeitos.  |
| DMAIC                 | Metodologia standard seguida por projetos 6 sigma ( <i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i> ).  |
| <i>Grommet</i>        | Também designado de borracha de fixação, é um componente utilizado para impedir a passagem de humidade e resíduos da zona húmida para a zona seca do veículo   |
| <i>Kanban</i>         | Trata-se de uma ferramenta que procura puxar a produção tendo em conta as encomendas dos clientes, ou seja, o ritmo da distribuição é determinado pelo consumo de produtos, que marca a cadência de circulação de <i>kanbans</i> . |
| <i>Layout</i>         | Modo de disposição dos elementos que constituem um dado espaço ou superfície.  |
| <i>Lean</i>           | Significa maximizar o valor para o cliente e minimizar o desperdício   |
| <i>Setup</i>          | É a mudança de produtos, ferramentas ou ajustes feitos no início do processo   |
| <i>Suspension Mat</i> | São estruturas flexíveis responsáveis pelo conforto/suporte da zona lombar dos bancos de um veículo automóvel.   |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 - DMAVD DO PROJETO   | 4  |
| FIGURA 2 - GRÁFICO DE PRODUÇÃO MUNDIAL DE AUTOMÓVEIS (OICA,2019)                          | 7  |
| FIGURA 3 - DIVISÃO DO SETOR AUTOMÓVEL (AFIA, 2018)  | 8  |
| FIGURA 4 - RESULTADOS RELATIVOS A 2019 NO SECTOR AUTOMÓVEL (AFIA, 2019)                   | 8  |
| FIGURA 5 - PRODUÇÃO NACIONAL DE AUTOMÓVEIS (OICA,2019)                                    | 9  |
| FIGURA 6 - PILARES DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL   | 10 |
| FIGURA 7 - PRINCÍPIOS <i>LEAN</i> (ADAPTADO WOMACK 1990)                                  | 12 |
| FIGURA 8 - EXEMPLO DE VSM ((ROTHER & SHOOK, 2009)):                                       | 16 |
| FIGURA 9 - EXEMPLO DE CONTROLO VISUAL   | 17 |
| FIGURA 10 - EMPILHADOR VS <i>MIZUSUMASHI</i>  | 19 |
| FIGURA 11 - EXEMPLO PROBLEMAS CAIXEIRO VIAJANTE   | 24 |
| FIGURA 12 - EXEMPLO PROBLEMA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO                                      | 25 |
| FIGURA 13 - PRESENÇA GLOBAL DO GRUPO FICOSA (FICOSA,2020)                                 | 31 |
| FIGURA 14 - RETROVISOR DIGITAL DESENVOLVIDO PELA FICOSA (FICOSA,2020)                     | 32 |
| FIGURA 15 - ÁREAS DE NEGÓCIO DA FICO CABLES   | 33 |
| FIGURA 16 - EXEMPLO DE CABO DE COMANDO  | 33 |
| FIGURA 17 - ARVORE DE PRODUTO DE UM CABO DE COMANDO                                       | 34 |
| FIGURA 18 - DIAGRAMA DE PROCESSO DE UM CABO DE COMANDO                                    | 35 |
| FIGURA 19 - TIPOS DE ESPIRAIS   | 36 |
| FIGURA 20 - TERMINAIS DE ESPIRAL INJETADOS  | 36 |
| FIGURA 21 - TERMINAIS DE ESPIRAL PRENSADOS  | 37 |
| FIGURA 22 - PROCESSO DE FABRICO DO SUBCONJUNTO DE ESPIRAL                                 | 37 |
| FIGURA 23 - EXEMPLO DE CABOS INJETADOS (1) E PRENSADOS (2)                                | 38 |
| FIGURA 24 - PROCESSO DE FABRICO DO SUBCONJUNTO DE CABO                                    | 38 |
| FIGURA 25 - EXEMPLO DE CABO DE PORTA  | 38 |
| FIGURA 26 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE CONFORTO  | 39 |
| FIGURA 27 - ARVORE DE PRODUTO GENÉRICA DE UM COXIM  | 39 |
| FIGURA 28 - ARVORE DE PRODUTO GENÉRICA DE UM <i>SUSPENSION MAT</i> SIMPLES                | 40 |
| FIGURA 29 - EXEMPLOS DE <i>SUSPENSION MAT</i> PNEUMÁTICOS                                 | 40 |
| FIGURA 30 - PROCESSO DE FABRICO DE COXIM, <i>SUSPENSION MAT</i> PLÁSTICO E SUPORTE LOMBAR | 41 |
| FIGURA 31 - <i>LAYOUT</i> DOS MÓDULOS DA EMPRESA  | 43 |

---

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 32 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F1                      | 44 |
| FIGURA 33 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F5                      | 45 |
| FIGURA 34 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F2                      | 46 |
| FIGURA 35 - DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F3                      | 47 |
| FIGURA 36 -DIAGRAMA DE FLUXOS DO MÓDULO F4                       | 48 |
| FIGURA 37 - DMADV DO PROJETO                                     | 49 |
| FIGURA 38 - <i>LAYOUT</i> MÓDULO F6                              | 50 |
| FIGURA 39 - NO <i>LAYOUT</i> DAS INSTALAÇÕES DA FICO CABLES      | 52 |
| FIGURA 40 - ENTRADAS E SAÍDAS DO MÓDULO F6                       | 52 |
| FIGURA 41 - DIAGRAMA DE FLUXOS ENTRE MÓDULOS                     | 55 |
| FIGURA 42 - EXEMPLO DO MODELO MATEMÁTICO APLICADO                | 57 |
| FIGURA 43 -CUSTOS ACUMULADOS DO EMPILHADOR E O COMBOIO LOGÍSTICO | 59 |
| FIGURA 44 - GRÁFICO DE PIZZA DOS FLUXOS                          | 60 |
| FIGURA 45 - ROTA 1º COMBOIO                                      | 61 |
| FIGURA 46 - GRÁFICO DE PIZZA DOS FLUXOS                          | 62 |
| FIGURA 47 - CUSTOS ACUMULADOS DO COMBOIO LOGÍSTICO VS AGV        | 63 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE <i>MIZUSUMASHI</i> E MÉTODOS TRADICIONAIS (ADAPTADO TELLINI 2019) | 19 |
| TABELA 2 - ARTIGOS <i>MIZUSUMASHI</i>   | 20 |
| TABELA 3 - METODOLOGIA DMAIC (FERREIRA, 2019)   | 22 |
| TABELA 4 - METODOLOGIA DMADV (TADEU, 2019)  | 23 |
| TABELA 5 - ARTIGOS ROTEAMENTO DE VEÍCULOS   | 26 |
| TABELA 6 - TIPOS DE ESPIRAIS  | 35 |
| TABELA 7 - DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS DA EMPRESA   | 42 |
| TABELA 8 - DESCRIÇÃO DOS ARMAZÉNS DA EMPRESA  | 43 |
| TABELA 9 - MATERIAIS A FORNECER AO MÓDULO F6 E PROVENIÊNCIA                                   | 53 |
| TABELA 10 - QUANTIDADE DE MATERIAL A TRANSPORTAR PARA O MÓDULO F6                             | 53 |
| TABELA 11 - QUANTIDADE DE MATERIAL A RECOLHER DO MÓDULO F6                                    | 54 |
| TABELA 12 - QUANTIDADE DE MATERIAL A TRANSPORTAR EM PALETES                                   | 54 |
| TABELA 13 - TEMPOS DE DESLOCAÇÃO ENTRE EDIFÍCIOS  | 54 |
| TABELA 14 - MEIOS DE TRANSPORTE POSSÍVEIS DE UTILIZAR   | 55 |
| TABELA 15 - NÚMERO DE VEÍCULOS NECESSÁRIOS  | 58 |
| TABELA 16 – OCUPAÇÃO DOS VEÍCULOS   | 59 |
| TABELA 17 - COMPARAÇÃO DE CUSTO ENTRE EMPILHADOR E COMBOIO                                    | 59 |
| TABELA 18 - RESUMO NÚMERO DE VIAGENS NECESSÁRIAS  | 60 |
| TABELA 19 -FLUXOS ENTRE ARMAZÉM DE EXPEDIÇÃO E F6   | 61 |
| TABELA 20 - DADOS PARA A DEFINIÇÃO DA ROTA DO SEGUNDO COMBOIO                                 | 61 |
| TABELA 21 - OCUPAÇÃO DOS DIFERENTES COMBOIOS LOGÍSTICOS                                       | 62 |
| TABELA 22 - REQUISITOS DO PROJETO   | 67 |



\

# ÍNDICE

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>3</b> |
| 1.1      | ENQUADRAMENTO   | 3        |
| 1.2      | OBJETIVOS   | 3        |
| 1.3      | METODOLOGIA PRÁTICA UTILIZADA NESTA DISSERTAÇÃO                   | 3        |
| 1.4      | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO  | 4        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                                      | <b>7</b> |
| 2.1      | INDÚSTRIA AUTOMÓVEL   | 7        |
| 2.1.1    | Importância da indústria automóvel na economia mundial            | 7        |
| 2.1.2    | Importância da indústria automóvel na economia nacional           | 8        |
| 2.1.3    | Principais pilares da Indústria Automóvel                         | 10       |
| 2.2      | LEAN MANUFACTURING  | 12       |
| 2.2.1    | Princípios Lean   | 12       |
| 2.2.2    | Tipos de desperdícios – os oito desperdícios (8W – Eight Wastes)  | 13       |
| 2.2.3    | Técnicas e Ferramentas Lean                                       | 15       |
| 2.3      | SEIS SIGMA  | 21       |
| 2.3.1    | Conceito Seis Sigma   | 21       |
| 2.3.2    | Ferramentas Seis Sigma  | 22       |
| 2.4      | ROTEAMENTO DE VEÍCULOS  | 24       |
| 2.4.1    | Problema do caixeiro-viajante (Travelling Salesman Problem (TSP)) | 24       |
| 2.4.2    | Heurística do vizinho mais próximo                                | 25       |

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.4.3    | Vehicle Routing Problem                            | 25        |
| 2.5      | LOGÍSTICA  | 27        |
| 2.5.1    | Conceito de Logística                              | 27        |
| 2.5.2    | Logística interna                                  | 27        |
| <b>3</b> | <b>DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS</b>                | <b>31</b> |
| 3.1      | APRESENTAÇÃO DA EMPRESA                            | 31        |
| 3.1.1    | Apresentação do grupo Ficosa Internacional         | 31        |
| 3.1.2    | Apresentação da Fico Cables Lda                    | 32        |
| 3.1.3    | Áreas de negócio                                   | 32        |
| 3.2      | PRODUTOS E PROCESSOS DE FABRICO DA FICO CABLES     | 33        |
| 3.2.1    | Cabos de comando                                   | 33        |
| 3.2.2    | Processo de fabrico de um cabo de comando          | 34        |
| 3.2.3    | Sistemas de conforto                               | 39        |
| 3.2.4    | Processo de fabrico de um sistema de conforto      | 40        |
| 3.3      | INSTALAÇÕES DA FICO CABLES LDA                     | 42        |
| 3.4      | FLUXOS ENTRE MÓDULOS E ARMAZÉNS                    | 43        |
| 3.5      | PROPOSTA DE TRABALHO                               | 49        |
| 3.5.1    | Definição  | 50        |
| 3.5.2    | Medição  | 53        |
| 3.5.3    | Análise  | 55        |
| 3.5.4    | Desenho  | 60        |
| 3.6      | ANÁLISE CRÍTICA                                    | 64        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS</b> | <b>67</b> |
| 4.1      | CONCLUSÕES   | 67        |
| 4.2      | TRABALHOS FUTUROS                                  | 68        |
| <b>5</b> | <b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>  | <b>71</b> |

---

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ANEXOS                            | 75 |
| 6 ANEXOS                          | 77 |
| 6.1 LAYOUT INSTALAÇÕES PRINCIPAIS | 79 |
| 6.2 FOTOGRAFIA NOVO EDIFÍCIO      | 81 |



# INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia prática utilizada nesta dissertação



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Esta dissertação resulta de um estágio curricular realizado em ambiente industrial, na empresa Fico Cables, produtora de componentes para a indústria automóvel, nomeadamente sistemas de conforto e cabos mecânicos. Este projeto surgiu com a necessidade da empresa alargar as suas instalações e, após a definição do *layout* da mesma, surgiu a necessidade de se estudar o processo logístico da mesma. O conteúdo desta dissertação, assenta na definição de uma solução para o abastecimento da nova nave fabril, tendo como princípios básicos o cumprimento das necessidades desse módulo e a otimização dos recursos usados, de forma a reduzir ao máximo os custos associados.

No desenvolvimento deste projeto, foram utilizadas várias ferramentas da filosofia *Lean*, sendo que a utilização a ferramenta *mizusumashi* é a que mais se destaca. A busca constante pela redução de custos para a empresa e a adequação dos recursos usados, está presente ao longo de todo o trabalho sendo um dos grandes objetivos.

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho provém da construção de um novo edifício nas instalações da Fico Cables, de onde surgiu a necessidade de fornecer inúmeros materiais para abastecer a produção do mesmo e recolher os produtos fabricados. Desta forma, o desafio foi garantir todo este fluxo de material, otimizando os recursos (materiais e humanos), de forma a reduzir ao máximo os custos destas movimentações necessárias. Mais detalhadamente este projeto focou-se nos seguintes objetivos:

- Definição da cadeia logística inerente ao novo edifício
- Estudo e escolha do meio de transporte mais vantajoso para o estudo em causa
- Definição das rotas de abastecimento e recolha de materiais.

## 1.3 Metodologia prática utilizada nesta dissertação

A presente dissertação seguiu a seguinte estrutura:

- Pesquisa bibliográfica acerca da indústria automóvel e de fabrico dos componentes;
- Pesquisa bibliográfica acerca da logística;

- Pesquisa bibliográfica acerca da filosofia *Lean*, mais concretamente os seus princípios, bem como as suas principais ferramentas;
- Pesquisa bibliográfica acerca de problemas de roteamento de veículos.

Mais tarde o projeto seguiu a metodologia DMADV, focando-se nos parâmetros da Figura 1.

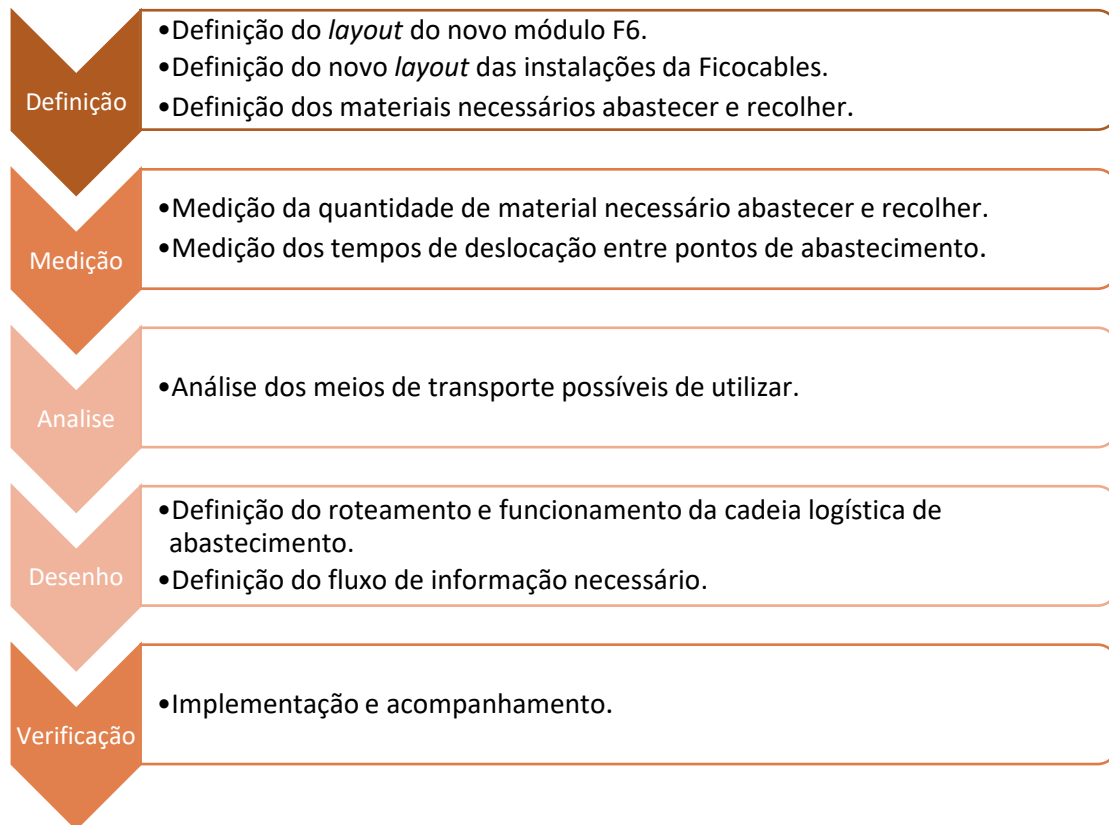


Figura 1 - DMAVD do projeto

#### 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está composta por cinco capítulos, os quais estão estruturados da seguinte forma:

Capítulo 2: neste capítulo passam-se em revista os conceitos teóricos necessários a utilizar no desenvolvimento do trabalho prático, servindo assim de suporte teórico a esse desenvolvimento.

Capítulo 3: neste capítulo é descrita a empresa de acolhimento, o processo e o problema. São definidas estratégias de ação e implementam-se as melhores soluções, avaliando os resultados anteriores e posteriores a esta implementação.

Capítulo 4: neste capítulo traçam-se as conclusões, destacando os melhores resultados.

Por último, são apresentadas as referências bibliográficas.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

2.2 Lean Manufacturing

2.3 Seis Sigma

2.4 Roteamento de veículos

2.5 Logística



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Indústria Automóvel

O automóvel tornou-se um bem imprescindível no dia-a-dia da maioria da população do mundial. Esta enorme procura por este meio de transporte criou uma indústria gigantesca, onde existe uma enorme concorrência entre fabricantes, tornando-a uma das mais desenvolvidas tecnologicamente. Nos dias de hoje, um automóvel tem enormes requisitos de conceção, sendo que segundo a Fundação para a Ciência e Tecnologia, o automóvel Europeu em 2020 deve cumprir os seguintes requisitos: Alta qualidade e incorporação tecnológica, eficiência, insonoridade, segurança e conexão (FCT,2020).

#### 2.1.1 Importância da indústria automóvel na economia mundial

A produção de automóveis tem um forte impacto na economia global, não só nos postos de trabalho que cria, mas também na ponte que existe entre outras indústrias, como a têxtil, a metalomecânica, e com a indústria de injeção de plástico. Segundo dados da OICA (Organização Internacional dos Construtores Automóveis), nos últimos anos foram produzidos o número de veículos apresentados na Figura 2:

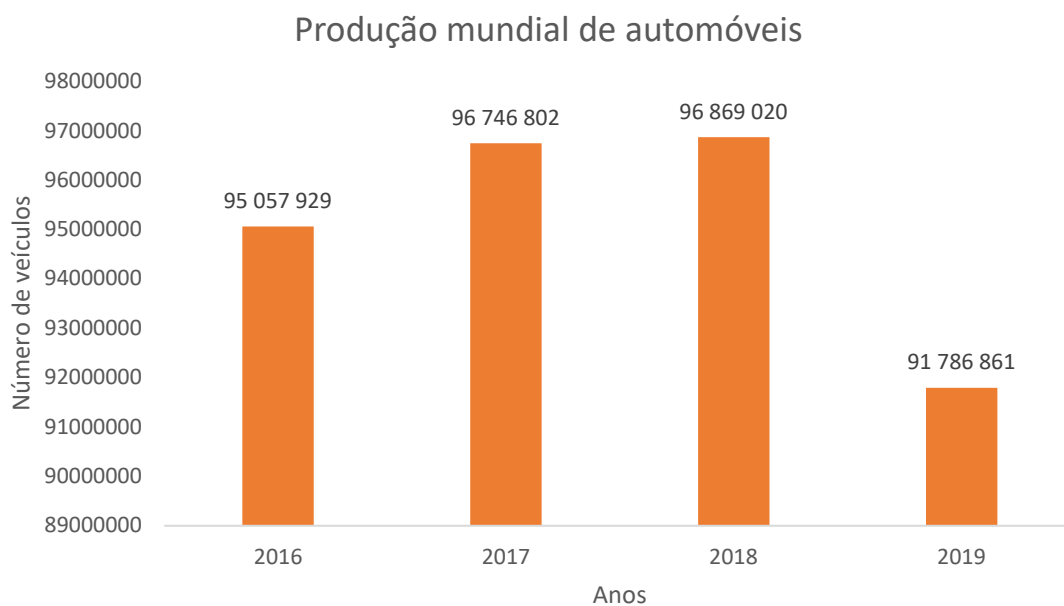


Figura 2 - Gráfico de produção mundial de automóveis (OICA,2019)

É possível verificar que nos últimos quatro anos, a produção de automóveis no mundo superou os 90 milhões de automóveis por ano. Existe alguma variação no número de viaturas fabricadas, pois esta indústria é constantemente influenciada por fatores externos como, por exemplo, o preço dos combustíveis ou o poder de compra dos consumidores.

### 2.1.2 Importância da indústria automóvel na economia nacional

A indústria automóvel em Portugal tem vindo a crescer e representa um forte pilar na economia nacional. O setor pode ser dividido em quatro subgrupos, como é demonstrado na Figura 3 (Deloitte, 2018).



Figura 3 - Divisão do setor automóvel (AFIA, 2018)

### Fornecedores e Acessórios

O primeiro setor é um dos mais importantes em termos nacionais, sendo que segundo AFIA (2019), este contribui em 6% no PIB (Produto Interno Bruto). É possível, através da Figura 4, constatar o contributo da indústria dos componentes na economia Portuguesa (dados referentes a 2019):

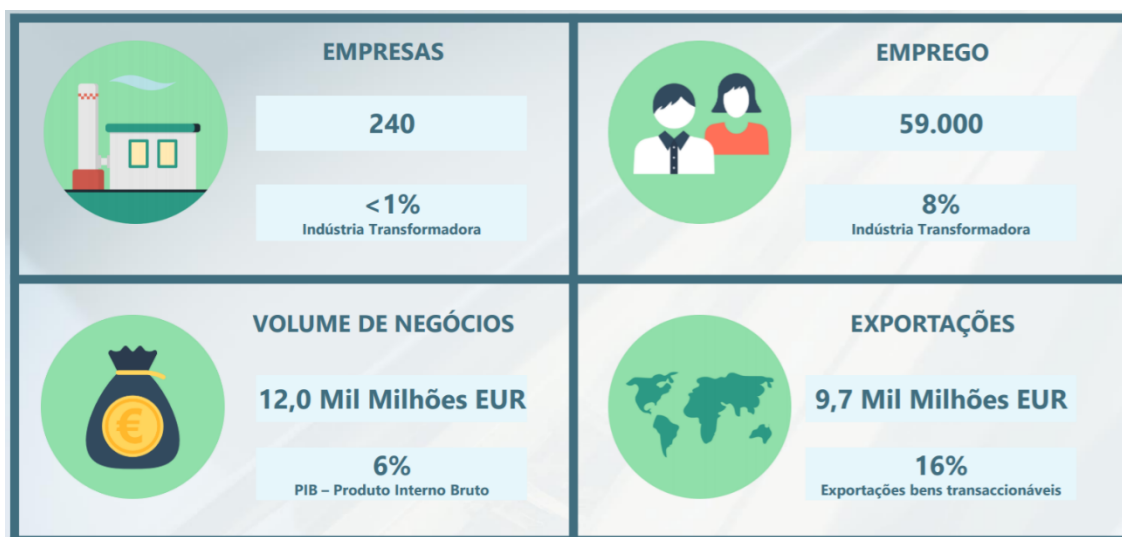


Figura 4 - Resultados relativos a 2019 no sector automóvel (AFIA, 2019)

Em suma, retiramos que em 2019 as 240 empresa de componentes para automóveis em Portugal contribuíram em 59000 postos de trabalho, gerando um volume de negócios de 12 mil milhões de euros, dos quais 9,7 mil milhões foram exportados.

### Construtores

O ponto alto da indústria automóvel é a montagem de todos os componentes que resultam num veículo capaz de se movimentar pelas estradas do mundo fora. Algumas das marcas mais conceituadas do mundo tem produção em Portugal, tais como a PSA (Peugeot e Citroen), Volkswagen, Mitsubishi Fuso e Toyota. A produção de automóveis em Portugal tem aumentado nos últimos anos, como é possível avaliar na Figura 5 (OICA, 2019).

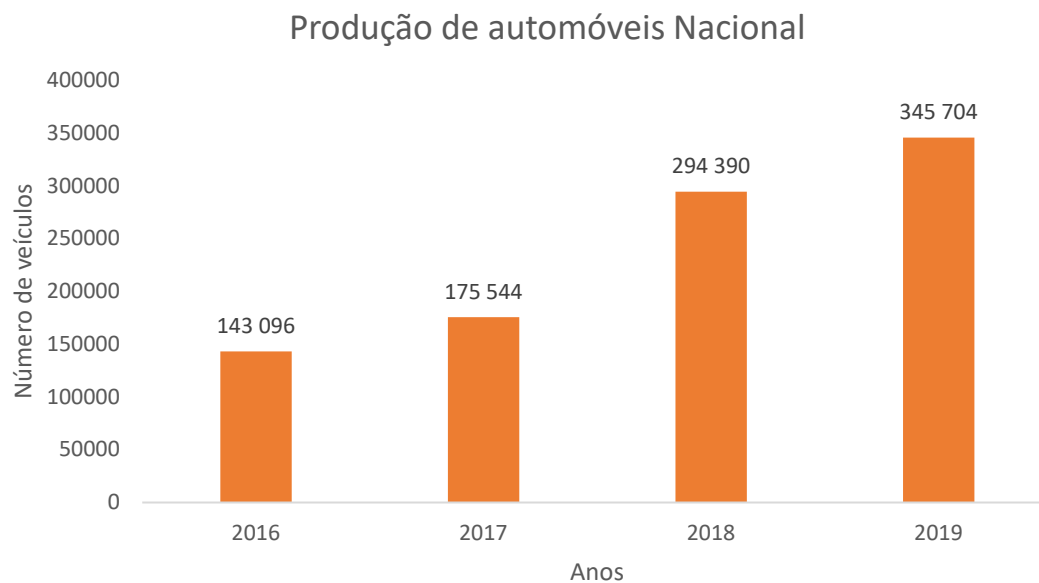


Figura 5 - Produção nacional de automóveis (OICA,2019)

Este crescimento deve-se maioritariamente ao investimento de empresas estrangeiras, bem como ao aumento de mão de obra qualificada resultante de uma maior cooperação entre empresas e as instituições de ensino, tais como faculdades de engenharia, centros de formação, entre outros (AICEP, 2016)

### Distribuição, Retalho e *Aftermarket*

Estes dois setores finalizam o ciclo da indústria automóvel, sendo que o primeiro é o responsável pela distribuição pelos diversos *stands*, bem como a venda dos mesmos, e o segundo fica responsável por realizar toda a manutenção necessária ao longo da utilização de cada automóvel, e pelo fornecimento de componentes necessários.

### 2.1.3 Principais pilares da Indústria Automóvel

A indústria automóvel tem evoluído muito desde o seu começo, produzindo um elevado volume de veículos. Atualmente, as empresas produzem automóveis para vários mercados, extratos sociais e com diversas finalidades. As empresas incentivam o cliente através de vários fatores como o preço, a tecnologia incorporada, o *design*, entre outros fatores. Os próprios clientes tornaram-se muito mais exigentes no momento da compra, devido principalmente à grande oferta existente neste momento.

Com vista a permanecer nesta indústria, os fabricantes de componentes e os construtores automóveis têm de estabelecer um compromisso entre a qualidade, a variedade e o preço dos produtos que comercializam e, por fim, a logística associada à entrega ao cliente final. Segundo Hoyle (2000), o sucesso da organização e a sua sobrevivência devem-se a capacidade de resposta às necessidades dos clientes, correspondendo às suas expectativas, bem como requisitos para estes impostos. Desta forma, pode-se afirmar que a indústria automóvel se baseia em três grandes pilares conforme mostrado na Figura 6.

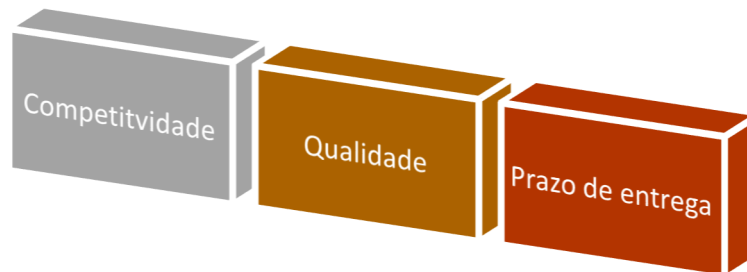


Figura 6 - Pilares da indústria automóvel

#### Competitividade

A grande exigência por parte dos consumidores leva, a indústria automóvel a procurar uma constante evolução, de forma a superar a concorrência. Uma das formas que os construtores encontram para incentivar o cliente, é oferecendo melhores veículos, podendo-se realçar parâmetros como a potência dos mesmos, a fiabilidade, ecologia, a segurança e a inclusão de tecnologia que melhore a experiência do cliente. Outra forma de cativar os consumidores é através do preço vs a qualidade, e os equipamentos que oferecem regularmente, denominado como a relação preço qualidade.

Segundo Porter (1990), existem alguns fatores que impactam na competitividade das empresas a atuar neste setor:

1. Aparição de novos concorrentes, podendo apresentar novos produtos ou preços reduzidos;
2. Surgimento de novos produtos desenvolvidos por outras empresas, levando os produtos atuais serem considerados obsoletos;
3. Mercados com mão de obra mais barata;
4. Poder de negociação com os consumidores/compradores, para produzir com vista às necessidades que os mesmo têm e estão dispostos a pagar;
5. Poder de negociação com os fornecedores, uma vez que as matérias primas ou componentes usados tem um grande impacto no valor final do produto.

## Qualidade

A qualidade é um dos temas mais estudados e tem tido diversas definições ao longo do tempo, sendo que segundo vários autores, esta pode ser definida pelos seguintes pontos (Knowles, 2011)

1. Qualidade é definida pelo cliente, e, como tal, varia ao longo do tempo, muitas vezes de forma imprevisível;
2. Qualidade está associada a criação de valor para o cliente;
3. Um produto ou serviço com qualidade, preenche ou ultrapassa as expectativas do cliente.

Para que a qualidade seja atingida, existem inúmeras auditorias e controlos, começando pelo controlo das matérias primas, prolongando-se pelo processo de fabrico, e concluindo com o processo logístico de entrega. Desta forma, todas as empresas envolvidas no fabrico de automóveis estão sujeitas a este tipo de controlo para garantir a qualidade do produto final.

A certificação tornou-se, na atualidade, um requisito que garante a qualidade dos produtos e serviços prestados. A norma IATF 16949 tornou-se um requisito imprescindível para qualquer empresa que labore na indústria automóvel, sendo esta norma uma referência no que diz respeito à gestão do sistema de qualidade, apresentando os principais requisitos para a aplicação da norma ISO 9001.

A IATF foi desenvolvida para colmatar o problema de excessivas certificações que eram impostas pelos diferentes construtores aos seus fornecedores, pois cada um dos fabricantes tinha os seus requisitos. Em 1995, a IATF (*International Automotive Task Force*), um grupo internacional onde constam construtores como a FORD, GM, DAIMLER CHRYSLER, BMW, PSA PEUGET CITROEN, RENAULT SA, FIAT, VOLKSWAGEN, bem como algumas associações: AIAG (América), VDA/QMC (Alemanha), ANFIA (Itália), FIEV (Suíça) e SMMT (REINO UNIDO), juntaram-se para desenvolver um referencial que juntasse os requisitos de todos os envolvidos, tornando-se um referencial para todas as empresas que laboram na indústria automóvel.

## Prazo de entrega

O prazo de entrega é uma das várias exigências impostas pelos clientes. A constante busca por redução de *stocks* (capital parado), impõe a toda a cadeia um rigor no que toca às entregas dos produtos comercializados, sendo que o cliente tem como filosofia receber os produtos desejados, no momento desejado e na quantidade desejada. No entanto, o compromisso de garantir o prazo mínimo de entrega nem sempre é fácil de ser garantido, devido à dispersa distribuição geográfica entre fornecedores e clientes. Para colmatar estas dificuldades, são estabelecidos contratos no que toca à quantidade mínima a encomendar, com vista a otimizar o transporte, reduzindo assim o custo que este tem no produto final. Devido a grande *lead times* de entrega, são também necessárias previsões de produção, para que sejam entregues os componentes necessários na data necessária. Esta complexidade levou ao estudo constante por parte de várias instituições e ao surgimento de algumas filosofias, sendo uma das mais importantes a filosofia *Just-in-time* (Andelković, 2017). Esta filosofia é caracterizada pelo sistema *Pull*, ou seja, a produção é gerida pela necessidade do cliente ao longo de toda a cadeia. Desta forma, consegue-se reduzir níveis de *stock*, diminuir o tempo de entrega e reduzir problemas de peças danificadas em *stock*.

## 2.2 Lean Manufacturing

O termo *Lean Thinking* (“Pensamento magro”), foi usado pela primeira vez por James Womak e Daniel Jones (1996) como conceito de gestão e liderança empresarial no livro *Lean Thinking*. De acordo com estes autores, o *Lean Thinking* é a solução para o desperdício. Estes definem o desperdício como qualquer atividade humana que não acrescente valor ao produto final.

Esta filosofia tem como base o TPS (*Toyota Production Systems*), criado por Taiichi Ohno (1988), sendo aplicada inicialmente na indústria automóvel. A chave do sucesso do TPS está na utilização total dos recursos e trabalhadores, bem como na eliminação de todos os fatores que não acrescentam valor ao produto final.

Segundo Womak e Jones (2003), os processos dentro de uma empresa estão divididos da seguinte forma: os que acrescentam valor ao produto comercializado (5%), os que são imprescindíveis, mas que não acrescentam valor (35%) e os que não acrescentam qualquer valor ao produto final (60%). A filosofia *Lean* foca-se na eliminação dos 60% das tarefas que não acrescentam valor ao produto.

A produção *Lean* tenta combinar as vantagens de produção em massa com a produção artesanal, isto é, tenta alcançar a flexibilidade da produção artesanal, onde cada produto é moldado em função dos desejos do cliente por trabalhadores altamente qualificados, mas que leva a custos bastante altos, custos esses que são reduzidos com a clássica produção em massa. Assim sendo, a produção *Lean* procura equipas de trabalhadores multi-qualificadas em todos os níveis das organizações, equipamentos altamente flexíveis e níveis de zero *stock*, para produzir uma variedade de produtos, tendo sempre em conta a satisfação máxima do cliente (Womack, Jones e Ross 1992)

### 2.2.1 Princípios Lean

Em 1996, Womack e Jones identificaram cinco princípios da filosofia *Lean Thinking*, que estão representados na Figura 7.

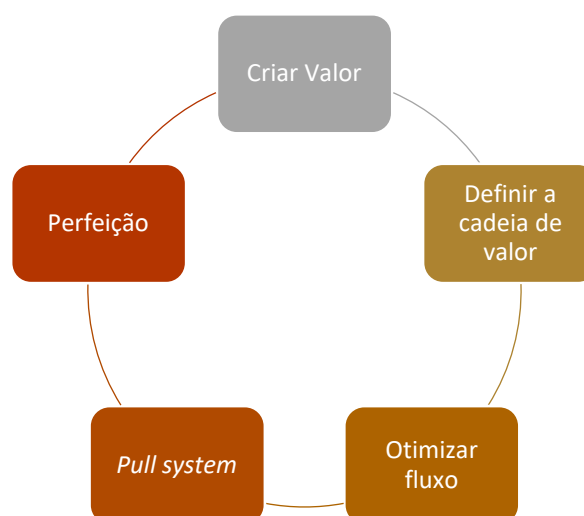


Figura 7 - Princípios Lean (Adaptado Womack 1990)

No entanto, estes princípios não contemplavam todos os *stakeholders*, ou seja, apenas considerava a cadeia de valor do cliente. Estes princípios levavam as empresas a reduzir de uma forma extrema os seus custos, nomeadamente em reduzir ao máximo os postos de trabalho, levando a múltiplos despedimentos. Em 2008, a Comunidade *Lean Thinking* propôs a revisão dos princípios, sugerindo a adoção de mais dois princípios, sendo os seguintes (Ribeiro, 2019):

- 1- **Conhecer os *stakeholders*** – Uma empresa que se preocupa apenas com os seus clientes, põe em risco todo o seu sucesso. As empresas devem assegurar também a satisfação de todas as partes interessadas, como por exemplo, os seus colaboradores e fornecedores. Sem estes, a empresa não funcionará.
- 2- **Definir os valores** – Definir os valores para todos os *stakeholders*, e não só para os clientes, garantindo a satisfação de todos. Um dos exemplos é, por exemplo, o tratamento dos resíduos provenientes da produção que, para o cliente não acrescenta valor ao produto, mas satisfaz toda a comunidade. Com esta alteração, algumas atividades anteriormente consideradas como atividades sem valor acrescentado, passam agora a ter.
- 3- **Definir as cadeias de valor** – As empresas têm de satisfazer em simultâneo todas as partes interessadas, tentando encontrar um equilíbrio entre todos.
- 4- **Otimizar os fluxos** – Procurar simplificar e sincronizar os meios envolvidos na criação de valor, sendo estes fluxos de informação, materiais, pessoas ou materiais.
- 5- **Implementar o sistema *pull*** – O sistema *pull* coloca o cliente na liderança dos processos, competindo a estes desencadear toda a produção segundo a necessidade do mesmo. Nem sempre é possível adotar este sistema, por não responder a todos os desafios, mas ao longo do tempo foram aparecendo alternativas capazes, como por exemplo o sistema *push-pull*.
- 6- **A procura da perfeição** – As necessidades e expectativas das partes interessadas estão em contante evolução, pelo que as empresas devem procurar constantemente a melhoria.
- 7- **Inovação** – As empresas devem procurar a criação de novos produtos, serviços ou processos, tentando criar constantemente valor.

### 2.2.2 *Tipos de desperdícios – os oito desperdícios (8W – Eight Wastes)*

Muda, que em japonês significa desperdício, é um conjunto de atividades realizadas, que consomem tempo e recursos, mas que não acrescentam valor (Míkva, 2016). A eliminação destes, permite à empresa a redução de custos, mantendo a sua competitividade em relação aos seus concorrentes. Taiichi Ohno (1912-1990) e Shiego Shingo (1909-1990) identificaram sete diferentes tipos de desperdícios, enquanto desenvolviam o sistema de produção da Toyota. De seguida estão apresentados esses desperdícios, bem como os seus impactos (Coimbra, 2013):

- **Excesso de Produção** – Acontece quando existe uma produção desnecessária, em quantidades não necessárias e ou no momento inoportuno.
  - Causas:
    - Grandes lotes de produção – principalmente devido a problemas na realização de *setups*;
    - Efeito chicote, ou seja, grandes variações de consumo por parte do cliente;

- Criação de *stocks* para cobrir problemas de qualidade;
- Consequências:
  - Ocupação desnecessária de recursos;
  - Antecipação em compras de componentes e materiais;
  - Aumento de níveis de *stock*.
- **Esperas**- Tempo de inatividade de equipamentos ou pessoas, provocado por diversos motivos.
  - Causas
    - Falta de fiabilidade dos equipamentos - leva a constantes paragens de produção;
    - Problemas de *Layout* – originam transportes excessivos;
    - Processos mal balanceados – Falta de capacidade de produção.
  - Consequências
    - Atrasos nas entregas;
    - Baixa eficiência de produção;
    - Aumento de número de *setups*.
- **Transportes e movimentações** – Inclui todos os transportes, desde matérias primas, produtos intermédios ou produtos finais.
  - Causas
    - Layouts incorretos;
    - Falta de espaço;
    - Equipamentos de transporte incorretos.
  - Consequências
    - Aumento dos custos nas empresas;
    - Faltas de materiais nos postos de trabalho.
- **Desperdício do próprio processo** – Atividades que exigem um esforço adicional ao necessário, etapas do processo não necessárias ou passíveis de melhorias.
  - Causas
    - Processo não adequado ao produto – máquinas desapropriadas ao produto que se quer produzir;
    - Falta de manutenção dos equipamentos.
  - Consequências
    - Aumento de número de peças com defeitos;
    - Aumento de *stocks* para encobrir problemas de qualidade;
    - Perdas de eficiência.
- **Stocks** – O excesso de matérias primas acarreta à empresa custos adicionais, provenientes da sua compra, bem como do seu armazenamento e movimentação. Estes custos podem ser agravados com a possibilidade de degradação dos materiais.
  - Causas
    - *Layouts* incorretos;
    - Elevados tempos de *setups*;
    - Problemas de qualidade;
    - Processos mal balanceados

- Consequências
  - Aumento dos custos da empresa;
  - Falta de espaço;
  - Falta de fiabilidade de *stocks*.
- **Defeitos** – Produtos que não cumprem com as especificações estabelecidas
  - Causas
    - Ausência de padrões de autocontrolo e de inspeção;
    - Falhas e erros humanos;
    - Transportes e movimentações de materiais;
    - Problemas com os equipamentos.
  - Consequências
    - Insatisfação do cliente;
    - Reclamações;
    - Retrabalhos.
- **Movimentos/atividades desnecessários** - Movimentações desnecessárias por parte do operador durante a execução das suas tarefas, diminuindo assim a sua produtividade.
  - Causas
    - Fraca conceção das linhas de montagens;
    - Fracos *layouts*;
    - Problemas com abastecimento de material.
  - Consequências
    - Fraca eficiência de produção.
- **Talento não valorizado** – Desaproveitamento do conhecimento dos profissionais, principalmente de hierarquias inferiores.
  - Causas:
    - Má liderança
    - Falta de comunicação
    - Métodos de avaliação desadequados
  - Consequências:
    - Perdas de potenciais melhorias
    - Fracas tomadas de decisão:
    - Perda de mão de obra qualificada

### 2.2.3 *Técnicas e Ferramentas Lean*

As ferramentas do sistema *Lean Thinking*, são um auxílio nas organizações, permitindo avaliar e identificar a causa dos problemas, eliminar possibilidades de erro, auxiliar na identificação do valor e contribuir para que a empresa consiga eliminar desperdícios e tornar os seus processos mais eficazes e rentáveis.

### 2.2.3.1 VSM- Value Stream Mapping (Mapeamento do fluxo de valor)

Ferramenta desenvolvida pela *Operation Management Consulting Division (OMCD)* com o objetivo de implementar o TPS nos seus fornecedores. Esta revela um papel fundamental no ponto de partida de um projeto de melhoria, visto permitir mapear o estado atual dos fluxos da empresa e identificar possíveis melhorias. Este mapeamento permite identificar todas as atividades desde a chegada da matéria prima, até ao envio do produto final para o cliente. Para além do fluxo de materiais, é também possível ver o tempo necessário para a produção de um componente, através da linha temporal, bem como o fluxo de informação dentro da instituição (Rother & Shook, 2009).

Na Figura 8 é possível ver um exemplo de um diagrama VSM.

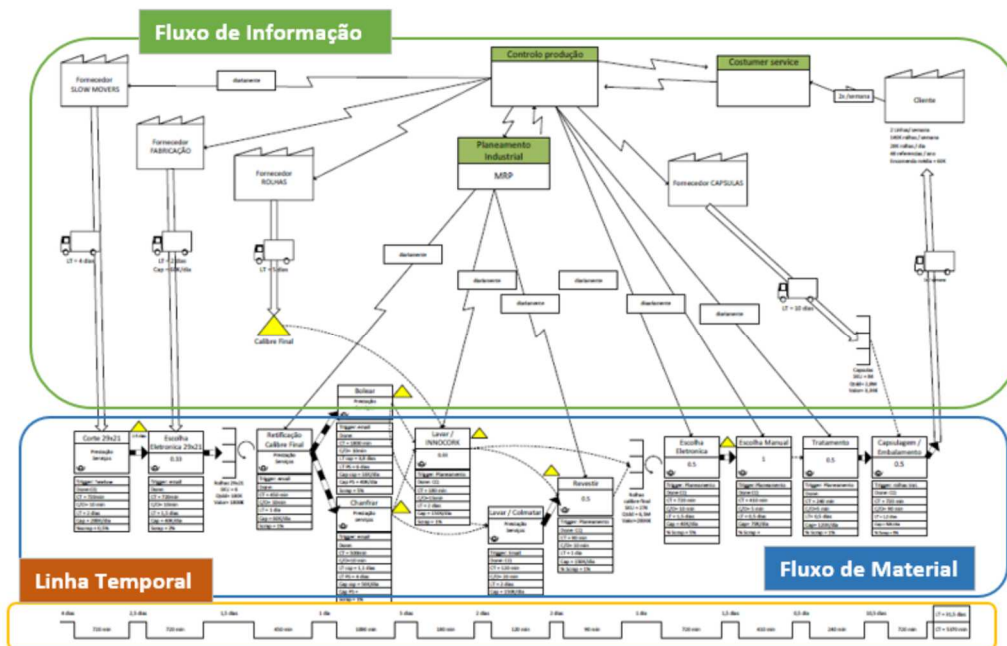


Figura 8 - Exemplo de VSM ((Rother & Shook, 2009)):

### 2.2.3.2 Análise SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

A análise SWOT corresponde a uma ferramenta de análise, sendo uma das mais importantes no plano estratégico de uma empresa (Helms & Nixon, 2010). A análise consiste num quadro dividido em quatro referências, sendo essas as seguintes (Phadermroda, 2016):

- Forças;
- Fraquezas;
- Oportunidades;
- Ameaças.

Estes quatro fatores podem ser divididos em dois grupos, devido à influência que a empresa tem nos mesmos. Os primeiros dois (Forças e Fraquezas), são fatores internos, pois a empresa tem o poder de os controlar, uma vez que são o resultado das estratégias da empresa. Temos como exemplos:

- Forças – Qualidade do produto/serviço;
- Fraquezas – Produto semelhante ao dos concorrentes.

Os últimos fatores (Oportunidades e ameaças), são fatores do meio ambiente, que estão fora do controlo da empresa, mas pode conhecê-los de forma a aproveitar as oportunidades e evitar as ameaças. Temos como exemplos:

- Oportunidades- Mercado em expansão;
- Ameaças – Novos concorrentes.

Conclui-se que a análise SWOT é compreender os fatores que influenciam a organização, com o objetivo de elaborar novas estratégias (Helm & Nixon, 2010).

### 2.2.3.3 *Gestão Visual*

A gestão visual, ou controlo visual, é um processo que visa apoiar o aumento da eficiência e eficácia das tarefas a serem realizadas, tornando-as mais intuitivas e lógicas. Uma das características que nos define como espécie, é ter a visão como maior sentido de interpretação do mundo que nos rodeia.

A informação visual deve ser a mais simples possível para que, em escassos segundos, o operador a receba sem qualquer tipo de dúvida ou hesitação. Na Figura 9, temos um exemplo usado em várias empresas, que consiste em pequenas luzes nos equipamentos, as quais permitem aos responsáveis de produção ou responsáveis de manutenção, ter rapidamente a perceção do estado do equipamento, ou seja, se este está em funcionamento, se está desligado ou se está a aguardar manutenção.



Figura 9 - Exemplo de controlo visual

No sentido de se sistematizar o conceito de gestão visual, este pode ser dividido em dois grupos de ferramentas (Eaidgah, 2016):

- Entendimento dos processos – vocacionado para uma melhor e mais fácil interpretação dos processos, como por exemplo os fluxogramas;
- Comunicação e desempenho dos processos – ferramentas relacionadas com o controlo do processo, como por exemplo um quadro com KPI's.

Como principais vantagens desta gestão, obtém-se (Tezel, 2009):

- Rapidez na identificação de possíveis erros ou defeitos;
- Uniformização dos processos;
- Informação facilitada e transparente;
- Comunicação eficiente e clara para todos os envolvidos
- Monitorização de variáveis do processo produtivo.

#### 2.2.3.4 Normalização do trabalho ou Standard Work

A uniformização dos processos é um dos fatores mais importantes da filosofia *Lean*. Uniformizar, estandardizar ou normalizar, significa fazerem todos da mesma forma, seguindo as mesmas sequências e realizando as mesmas operações. As vantagens são inúmeras, destacando-se o aumento da previsibilidade dos processos, a redução de desvios e defeitos e, portanto, a diminuição dos custos para a empresa.

Algumas características de uma normalização bem executada são (Imai, 1986):

- Preservação do *know-how* – a padronização garante que o *know-how* seja transferido e preservado na organização, evitando que o conhecimento seja individualizado;
- Medição do desempenho – definir indicadores para monitorizar e controlar os processos;
- Segurança – os processos garantem a forma de execução mais fácil e segura para o operário;
- Base para melhorias – após normalização do processo, torna-se possível a fase seguinte da melhoria, por alteração do padrão e validação da melhoria através da medição do desempenho;

#### 2.2.3.5 Comboio Logístico (*Mizumashi*)

O *Mizumashi* consiste num operador logístico que percorre um circuito normalizado, normalmente, num ciclo de tempo fixo, fazendo o transporte interno de materiais (Coimbra, 2013). Chama-se comboio porque nele estão agrupadas várias carruagens ou vagões para fazer o transporte de materiais, peças ou ferramentas. A rota do comboio logístico faz a ligação entre os diferentes locais de paragem dos materiais durante o processo produtivo desde os supermercados de *picking*, bordos de linha e armazéns. O *Mizumashi* (muitas vezes conhecido por *mizu* ou *milk-run*) concorre com os tradicionais empilhadores ou porta paletes, exibindo sobre estes as vantagens descritas na Tabela 1 (Tellini *et al.*, 2019).

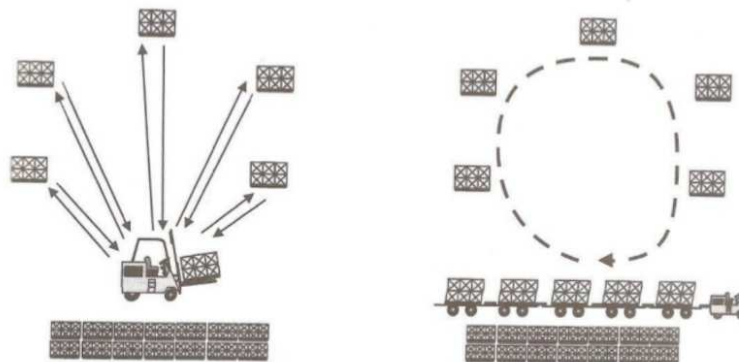
Tabela 1 - comparação entre *Mizusumashi* e métodos tradicionais (Adaptado Tellini 2019)

| <b>Argumentos a favor do <i>Mizusumashi</i></b>                                 | <b>Argumentos contra os métodos tradicionais</b>               |
|---|--|
| O abastecimento é normalizado e planeado evitando roturas por falta de material | Falhas no fornecimento apenas detetadas tarde demais           |
| Entregas frequentes e de acordo com as necessidades de cada posto de trabalho   | Entrega apenas um material de cada vez                         |
| Falhas de fornecimento de materiais são detetadas antecipadamente               | Materiais tendem a danificar-se com os dentes dos empilhadores |

Segundo Monteiro *et al.* (2018), a implementação do *Mizusumashi* apresenta vantagens para o processo produtivo:

- Redução do *Muda* de movimentação de materiais fora do bordo de linha ou rota;
- Libertação das áreas de produção, nomeadamente do bordo de linha;
- Exige a rotação de *stocks* visto que, o controlo de inventários fica facilitado perante um circuito normalizado de materiais;
- Diminuição do *Muda* de espera por equipamentos de transporte, pois o abastecimento é realizado com ciclos fixos numa rota pré-definida e contínua, prevenindo-se a acumulação de materiais;
- O operador pode focar-se maioritariamente no processo produtivo e não no transporte e movimentação de materiais;
- A margem para imprevistos, erros, defeitos ou falhas de segurança é menor.

Como meio de transporte, o *Mizusumashi* pode ser comparado com o metro, isto porque ambos têm rotas e horários definidos, passam com frequência e tornam o transporte mais económico. O empilhador neste caso será comparado com um táxi visto que viaja em função de o destino de uma entidade, este caso o consumidor da matéria a transportar tal como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Empilhador VS *Mizusumashi*

Para proceder à definição da rota de abastecimento do *Mizusumashi*, devem ser consideradas as seguintes etapas (Coimbra, 2013):

- Definir uma lista das tarefas que o *Mizusumashi* deve cumprir;
- Quantificar o tempo de realização de cada tarefa;
- Identificar as paragens e os pontos de entrega dos materiais;
- Criar locais próprios para os pontos de entrega e dimensioná-los;
- Testar o comboio, medir tempos e eliminar desperdícios;
- Identificar o trabalho e tempos padrão para todas as tarefas que ocorrem durante a execução do percurso, ou seja, monitorizar o processo;
- Calcular o tempo total do ciclo de abastecimento de toda a rota.

As principais funções de um comboio logístico são:

- Satisfazer os pedidos feitos por *picking*, *kanban* ou outro sistema;
- Recolher os produtos acabados ou intermédios, e entregá-los no armazém ou no processo seguinte;

Existem vários trabalhos elaborados no âmbito da otimização do *Mizusumashi*. Estes artigos estão descritos na Tabela 2

Tabela 2 - Artigos *Mizusumashi*

| Artigo         | Descrição   |
|----------------|---|
| Tellini (2019) | O autor identificou melhorias para aumentar o desempenho do sistema do <i>Mizusumashi</i> implementado. Para tal, redefiniu a capacidade do sistema e do roteamento, bem como as informações necessárias para um sistema de gerenciamento eficiente. Como a produção não é padronizada, desenvolveram-se softwares que auxiliam a gestão do comboio logístico. Esta implementação mostrou que, com um veículo e quatro vagões, todas as linhas de produção são adequadamente atendidas. As contribuições deste estudo foram a redução em 15% do tempo da volta do <i>Mizusumashi</i> . Esta diminuição, permitiu o aumento do número de linhas assistidas por esse sistema, permitindo a deslocalização dos operadores dedicados ao transporte de material; |
| Nemoto, (2010) | O autor elabora um estudo de caso sobre fabricantes de automóveis japoneses na Tailândia. Constatou que com a implementação do <i>Mizusumashi</i> , mesmo com os fluxos de material muito elevados, conseguiu-se controlar todo o processo de compras e conseqüentemente, a redução do número de camiões e melhorias nas condições de fluxo de material.  |

| Artigo           | Descrição  |
|------------------|--|
| Gotthardt (2019) | O autor propõe a implementação do sistema <i>Mizusumashi</i> com suporte da tecnologia RFID para gerar automaticamente pedidos do armazém para área de produção. Para entregar o pedido com eficiência à estação de trabalho, é calculado o caminho mais curto através de um algoritmo. Esta agregação do sistema <i>Mizusumashi</i> com a tecnologia RFID permitiu a redução dos tempos de transporte, através do cálculo das rotas mais favoráveis para o abastecimento de material. Para além disso, a tecnologia oferece a possibilidade de reproduzir digitalmente todo o ciclo de produção do <i>Mizusumashi</i> e utilizar um simulador para antecipar pedidos futuros.   |
| Pombal (2019)    | O autor propõe a implementação de metodologias <i>lean</i> na gestão de materiais consumíveis nas oficinas de manutenção de uma empresa industrial, ajustando/reduzindo o volume de materiais e reorganizando as suas áreas de armazenamento. O desenvolvimento deste trabalho permitiu uma melhoria na organização das áreas de armazenagem dos materiais consumíveis através da implementação da metodologia 5S, bem como uma redução do tempo necessário para localizar o material, utilizando a gestão visual (na ordem dos 70%). De modo a controlar os stocks procedeu-se à reformulação do kanban existente e para uma redução do tempo necessário para reposição de material no armário de consumíveis foi implementado o <i>mizusumashi</i> (com uma melhoria esperada de 50%). |

Como é possível verificar vários autores utilizaram a ferramenta *mizusumashi* com a finalidade de otimizar o transporte de materiais dentro de uma empresa. Tal como as restantes ferramentas *lean* o *milk-run* é utilizado com a finalidade de reduzir desperdícios dentro da empresa conseguindo de uma forma mais eficiente transportar todo o material necessário

## 2.3 Seis Sigma

### 2.3.1 Conceito Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma é orientada no sentido de identificar as necessidades do cliente, utilizando de uma forma disciplinada, factos, dados e análises estatísticas, tendo ainda uma atenção cuidada na gestão, melhoria e remodelação dos processos de uma empresa (Pande, 2000).

Este conceito caracteriza-se pela aplicação rigorosa, focada e extremamente eficiente de práticas e conceitos de qualidade. O objetivo é encontrar e eliminar as causas raiz de problemas e defeitos nos processos. É então uma estratégia usada para melhorar a rentabilidade de uma organização e assegurar a eficiência em todas as operações (Costa *et al.*, 2017).

Sigma, representado pela letra grega,  $\sigma$ , é uma medida da variação do processo, ou afastamento relativamente ao valor médio. O processo é tanto melhor quanto menor for esse afastamento, o que significa que as saídas do processo são mais consistentes e com menos defeitos. Estes defeitos são um dos desperdícios identificados pelo *Lean* e resultam em custos desnecessários para as empresas.

Com a qualidade Seis Sigma, a variação do processo é encurtada até que o limite de especificação esteja  $6\sigma$  afastado da média. Com estas condições, o número de produtos defeituosos seria de 3,4 peças por milhão, ou 0,00034 %, traduzindo-se isto num desempenho seis sigma.

Sendo uma metodologia de melhoria, alguns dos benefícios que esta traz às organizações, são os seguintes (Smętkowska e Mrugalska, 2018).

- Redução de custos;
- Melhoria na produtividade;
- Crescimento da cota de mercado;
- Retenção de clientes;
- Redução do tempo de ciclo;
- Redução de defeitos;
- Mudança de cultura;
- Desenvolvimento de um produto/serviço.

### 2.3.2 Ferramentas Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma inclui duas principais metodologias, nomeadamente, DMAIC e DMADV. A metodologia DMAIC é utilizada para um processo já existente, enquanto que a DMADV é utilizada para a conceção de um novo produto ou processo.

A metodologia DMAIC procura melhorar o desempenho de um processo ou produto através do uso estruturado de ferramentas analíticas, de uma forma quantitativa e mensurada. Este método está dividido em cinco fases, representadas na Tabela 3 (Ferreira, 2019):

Tabela 3 - Metodologia DMAIC (Ferreira, 2019)

| Fase               | Descrição  |
|--------------------|--|
| <b>Definir</b>     | Definir metas e objetivos do projeto;<br>Identificar, analisar, priorizar os requisitos do cliente;<br>Identificar e mapear os processos relevantes; |
| <b>Medir</b>       | Selecionar as variáveis a medir;<br>Recolha de dados para a amostra;<br>Identificar pontos críticos do problema;                                     |
| <b>Analisar</b>    | Identificar causas raiz dos problemas;<br>Identificar e priorizar principais possíveis melhorias;  |
| <b>Implementar</b> | Avaliar o risco das soluções obtidas;<br>Implementar ações de melhoria;  |
| <b>Controlar</b>   | Desenvolver planos de monitorização do processo após melhoria;<br>Verificar benefícios obtidos.  |

O DMADV é um novo design da metodologia DMAIC, voltado para o desenvolvimento de novos produtos ou processos. Esta metodologia enquadra-se no programa DFSS (*Design for Six Sigma*) e tem como objetivo facilitar o lançamento de novos produtos / processos nas empresas, levando a um forte desenvolvimento de técnicas estatísticas e de engenharia. Na Tabela 4 estão representadas as diferentes fases destas metodologias (Tadeu, 2019).

Tabela 4 - Metodologia DMADV (Tadeu, 2019)

| <b>Fase</b>        | <b>Descrição</b>  |
|--------------------|---|
| <b>Definir</b>     | Definir metas e objetivos do novo produto ou processo;<br>Identificar, analisar, principais requisitos; |
| <b>Medir</b>       | Recolha de dados para a amostra;<br>Medir as principais características do produto ou processo;         |
| <b>Analisar</b>    | Selecionar o melhor conceito entre as alternativas desenvolvidas;                                       |
| <b>Design</b>      | Desenvolver ao detalhe o projeto;   |
| <b>Verificação</b> | Testar e validar a viabilidade do projeto.  |

## 2.4 Roteamento de veículos

Existe um consenso na literatura científica acerca da formulação e uso de um problema de roteirização de veículos por parte de Dantzig & Ramser em (1959), onde os autores procuram otimizar um problema de distribuição de combustível por vários pontos de venda. Segundo Assad (1988), a roteirização de veículos consiste numa das histórias de maior sucesso na pesquisa operacional devido aos muitos trabalhos publicados desde então. Estes problemas são conhecidos pela sua complexidade e natureza combinatória, levando a que em muitos dos casos seja impossível a resolução dos mesmo em tempos satisfatórios e esforços computacionais razoáveis. Nestes casos o uso de métodos heurísticos permite encontrar uma solução viável em tempos reduzidos, mas sem garantir de forma alguma ser a melhor solução para o problema em causa (WU & Cunha, 2008).

### 2.4.1 Problema do caixeiro-viajante (Travelling Salesman Problem (TSP))

Com a evolução da economia, a cadeia logística entre empresas aumento significativamente com o passar dos anos. Com a procura constante de competitividade das empresas, tornou-se imprescindível a redução de custos e o campo da logística foi um dos mais estudados nestas últimas décadas. O TSP consiste em encontrar o trajeto de menor custo que permita a visita a todos os clientes de uma determinada rede, passando exatamente uma vez por cada um.

O TSP é um problema classificado como NP-Completo. Segundo Cormen, (2009), esta classe é constituída pelos problemas para os quais ainda não foram descobertos algoritmos capazes de os resolver em tempo polinomial, ou seja, o esforço computacional para a sua resolução aumenta exponencialmente com o número de nós a serem visitados.

Perante este problema, na maior parte dos casos, os métodos de obtenção de solução aplicados a problemas reais sejam heurísticos, isto é, não garantem a obtenção da solução ótima do problema do ponto de vista matemático (Hurkens e Woeginger, 2004).

Para se resolver o problema do caixeiro viajante é necessário conhecer inicialmente todas as distâncias entre uma cidade/ponto e todas as outras(os). A Figura 11 mostra um exemplo do problema do Caixeiro-viajante com 6 vértices e apresenta uma solução (3) formada por um circuito/rota, que passa uma única vez por cada vértice.

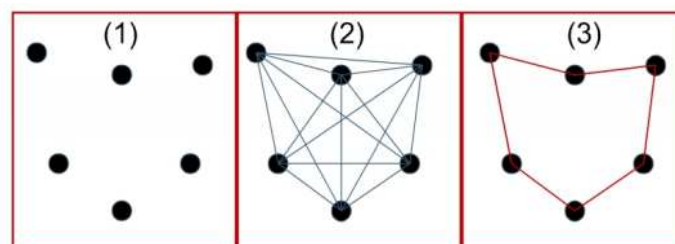


Figura 11 - Exemplo problemas caixeiro viajante

### 2.4.2 Heurística do vizinho mais próximo

Devido à complexidade do caixeiro viajante encontrou-se um método heurístico capaz de agilizar o processo de resolução do problema apesar de nem sempre encontrar a solução ótima (Carvalho, 1998), no entanto encontra soluções razoáveis com resultados viáveis. Esta heurística, funciona consoantes os seguintes pontos:

- Escolher um vértice não visitado para abrir uma rota e iniciar o método.
- Selecionar o vértice mais próximo que ainda não foi visitado e adicioná-lo à rota;
- Se ainda existirem vértices não visitados, repetir o passo 2. Caso contrário fechar a rota e voltar ao passo 1.

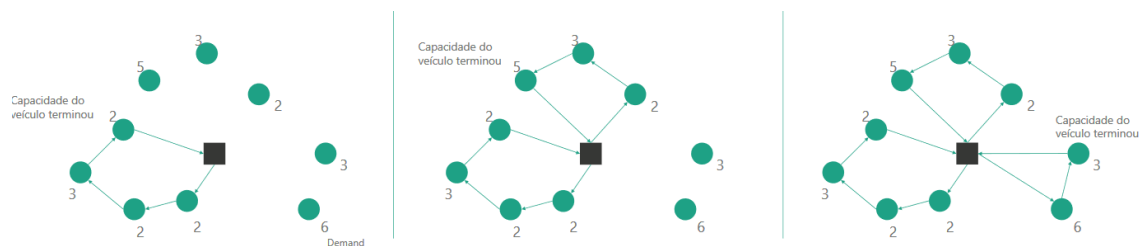


Figura 12 - Exemplo problema do vizinho mais próximo

### 2.4.3 Vehicle Routing Problem

O Problema do Roteamento de Veículos, designado na literatura anglo-saxónica por *Vehicle Routing Problem* (VRP) foi introduzido em 1959 por Dantzig e Ramser.

O VRP pode ser definido como um conjunto de veículos, com a mesma capacidade, localizados num depósito, que deve servir um conjunto de clientes, segundo (Yoshiike e Takefuji ,2002).

O cliente está localizado num mapa bidimensional e apresenta uma necessidade. Cada veículo deve partir de um depósito, visitar um subconjunto de clientes e retornar ao depósito sem violar as restrições de capacidade". Kang *et al.* (2008) apresentam uma definição mais simples para o mesmo problema: "O propósito do VRP é definir a rota que apresente menor custo (distância, tempo) para uma frota de veículos de capacidade idêntica".

A evolução dos problemas de VRP levou a que surgissem várias variantes do problema, tal como se apresenta de seguida (Pisinger e Ropke, 2007):

- CVRP – *Capacitated Vehicle Routing Problem*;
- MDVRP – *Multi-Depot Vehicle Routing Problem*;
- OVRP – *Open Vehicle Routing Problem*;
- SDVRP – *Site-Dependent Vehicle Routing Problem*;
- VRPPD – *Vehicle Routing Problem with Pick-Up and Delivering*;
- VRPTW – *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.

Tabela 5 - Artigos roteamento de veículos

| Artigo              | Descrição  |
|---------------------|--|
| Caccalano<br>(2015) | <p>O autor propõe o dimensionamento de rotas para o abastecimento a linhas de produção. O material encontra-se armazenado numa área centralizada e tem que ser transferido, atendendo às necessidades, para as respetivas linhas de montagem. Assim o objetivo do projeto é definir as rotas para este abastecimento de modo a maximizar a utilização dos recursos e garantir que o material é entregue quando necessário e nas quantidades necessárias. Para tal foi aplicada uma variante da heurística do vizinho mais próximo, que auxiliou na definição das rotas fixas a serem utilizadas, especificando os itinerários e quais os pontos a serem visitados periodicamente.</p>  |
| Vega<br>(2014)      | <p>O autor propõe um modelo matemático para o problema de roteamento de veículos com entregas fracionadas e coleta simultânea. O objetivo deste modelo consiste em definir as rotas de entrega de paletes e recolha de produto acabado, bem como no dimensionamento da frota de veículos a utilizar para este tipo de transporte. Foi elaborada uma heurística, usando uma variante da heurística formulada por Clarke e Wright. A aplicação deste modelo demonstrou ser adaptável ao sistema real em que foi testado, gerando soluções que apoiam o desenvolvimento de uma nova estratégia logística de transporte.</p>   |
| Golz<br>(2012)      | <p>O autor propõe a aplicação de uma heurística para a definição das rotas de abastecimento do bordo de linha, utilizando um equipamento logístico dedicado a este processo, sendo o principal objetivo minimizar o número de recursos necessários para realizar o abastecimento. Para resolver este problema de transporte interno, desenvolveu-se uma heurística que se baseia na decomposição de todo o problema em duas fases: primeiro, as ordens de transporte são derivadas da sequência de montagem e na segunda fase, estas ordens são atribuídas a viagens do transporte logístico, tendo em conta as restrições de capacidade de transporte. Após a definição das rotas através da heurística, o autor afirma que foi possível reduzir em média 1,47 recursos que estavam dedicados ao abastecimento de material às linhas de montagem.</p> |

Como é possível validar vários autores aplicaram modelos matemáticos na área do roteamento de veículos, com vista a otimizar os recursos usados ou a diminuir distancia percorrida pelos mesmos, sendo que, o grande objetivo de todos eles é transportar material da forma mais eficiente com vista a reduzir os custos subjacentes a movimentação destes matérias.

## 2.5 Logística

### 2.5.1 Conceito de Logística

O *Council of Supply Chain Management Professional (CSCMP)* define logística como: “Processo que é responsável por planejar, implementar e controlar os procedimentos para o eficiente e eficaz transporte e armazenamento de bens incluindo serviços, e informações relacionadas do ponto de origem até o ponto de consumo, com a finalidade de atender as necessidades do cliente. Essa definição inclui o movimento de entrada, saída, internos e externos” (CSCMP,2020).

Segundo Mentzer (2004) a logística de uma empresa tornou-se uma forma de enaltecer o produto ou os serviços oferecidos deixando de ser apenas uma fonte de redução de custos, e passar a ser um fator essencial para se superiorizar a abundante concorrência existente no setor.

### 2.5.2 Logística interna

A logística interna é o departamento responsável pelas tarefas de planeamento e controlo de todos os processos que estão relacionados com o fluxo de matérias, armazenamento e transporte interno (Gleissener & Fermeling, 2014). Problemas como falta de materiais, atrasos e paragens de produção podem ser atenuados se existir um abastecimento de materiais à produção de forma eficaz e eficiente (Brar & Saini, 2011).

A melhoria da logística interna é conseguida recorrendo aos seguintes conceitos (Coimbra,2013):

- Bordo de linha: implementação nas linhas de produção de locais de fácil acesso para abastecimento de componentes necessários à produção com vista a diminuir as movimentações dos operadores;
- Supermercado: localização dos materiais perto de os locais onde são consumidos de forma a reduzir movimentações, facilitando o *picking* e otimizando a organização dos espaços.
- *Mizusumashi*: Transporte de matérias primas ou produtos intermédios para os pontos de trabalho de uma forma eficiente.
- Sincronização: Definição e simplificação dos processos de início de produção, seleção e entrega dos materiais no momento necessário.



# DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

3.1 Apresentação da empresa

3.2 Produtos e processos de fabrico da Fico Cables

3.3 Instalações da Fico Cables Lda

3.4 Fluxos entre módulos e armazéns

3.5 Proposta de trabalho

3.6 Análise crítica



### 3 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

O presente estudo tem como principal objetivo a definição do método de abastecimento de uma nova nave fabril. Todo o abastecimento, recolha e movimentação entre postos são ações que não acrescentam valor ao produto final e, por isso, é essencial diminuir ao máximo a existência dos mesmos. É de salientar também que para desempenhar todos estas movimentações, é necessária a aquisição de equipamentos e a contratação de novos colaboradores, o que resulta num aumento de despesas para a empresa. O foco deste projeto consistiu na minimização dos investimentos necessários, garantindo o correto abastecimento da nova área fabril, de modo a não impactar na produção.

#### 3.1 Apresentação da empresa

##### 3.1.1 Apresentação do grupo Ficosa Internacional

O grupo Ficosa Internacional foi criado em 1949, numa pequena oficina em Barcelona, através da junção de ideias de Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó. Inicialmente denominada por “Pujol i Tarragó”, a empresa dedicou-se desde sempre à produção de componentes para a indústria automóvel.

A Ficosa Internacional está presente em vários continentes nomeadamente em dezasseis países sendo líder na conceção e fabrico de muitos componentes da indústria automóvel. (Figura 13)

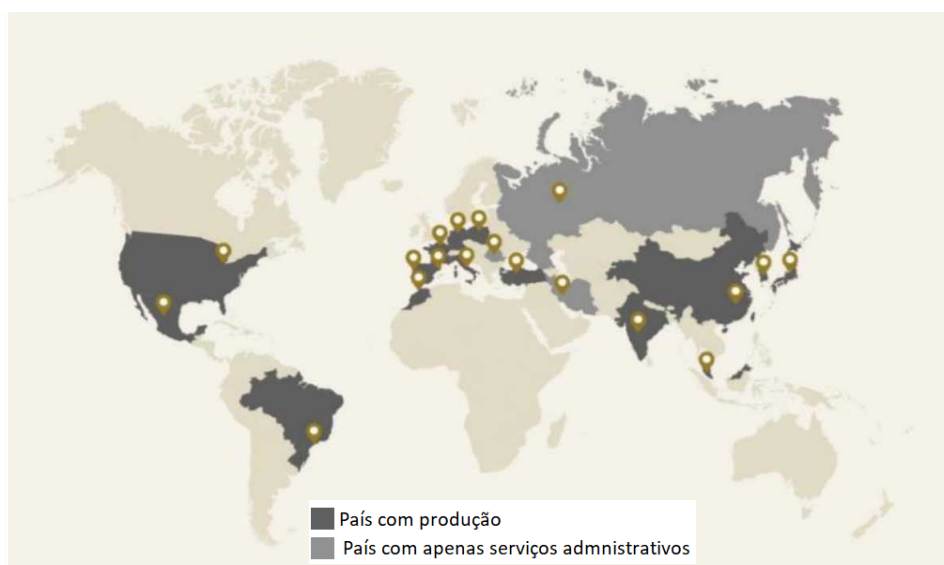


Figura 13 - Presença global do grupo Ficosa (Ficosa,2020)

A Ficosa rege-se pelo seu sistema FMS (*Ficosa Manufacturing System*) que garante o sucesso, a qualidade global e altos níveis de serviço, permitindo à empresa ter a imagem de marca “*made by Ficosa*”. Este sistema assenta em quatro princípios: *Just-In-Time*, Foco na qualidade, Melhoria contínua e Compromisso e Alta desempenho das equipas. A empresa desenvolve tecnologias próprias, com patentes e registo de sistemas que integram os veículos das mais prestigiadas marcas do sector automóvel. O grupo Ficosa, formou uma aliança com a Panasonic, com vista a garantir um lugar no novo mercado tecnológico emergente. Inicialmente, a Panasonic adquiriu 49% da empresa e, posteriormente, em 2017, tornou-se o principal acionista, com 69% da Ficosa. Esta junção já permitiu a Ficosa desenvolver novas tecnologias, como é o exemplo dos novos retrovisores digitais que equipam o novo Audi e-tron (Figura 14).



Figura 14 - Retrovisor digital desenvolvido pela Ficosa (Ficosa,2020)

### 3.1.2 Apresentação da Fico Cables Lda

A Fico Cables Lda é uma empresa cuja principal atividade é o fabrico de componentes para a indústria automóvel, nomeadamente cabos de comando e sistemas de conforto. A empresa, primeiramente denominada por teledinâmica, iniciou atividade em 1971, pelas mãos do Eng.º Franco Dias, numa garagem em Vila Nova de Gaia, apenas com três funcionários. Em 1972, a empresa associou-se à firma Pujol e Tarragó, atual líder do grupo Ficosa *International*, com sede em Barcelona. Em 1980, iniciou a exportação para vários construtores europeus, sendo que um ano mais tarde passa para umas instalações maiores na Maia, devido ao forte crescimento. No ano de 1993, a denominação social Teledinâmica passou a Fico Cables Lda.

### 3.1.3 Áreas de negócio

A Fico Cables começou a sua atividade produzindo cabos de comando para equipar automóveis, mas com vista a aumentar os seus lucros e utilizando a sua experiência na injeção de plástico, acrescentou ao seu leque de produtos a produção de sistemas de conforto, nomeadamente coxins e suportes laterais. Mais tarde, e devido à procura por parte dos clientes, acrescentou ao seu portfólio a produção de *suspension mat*, começando a utilizar linhas automáticas para a sua produção. A Figura 15 resume as atividades a que se dedica a empresa na atualidade.

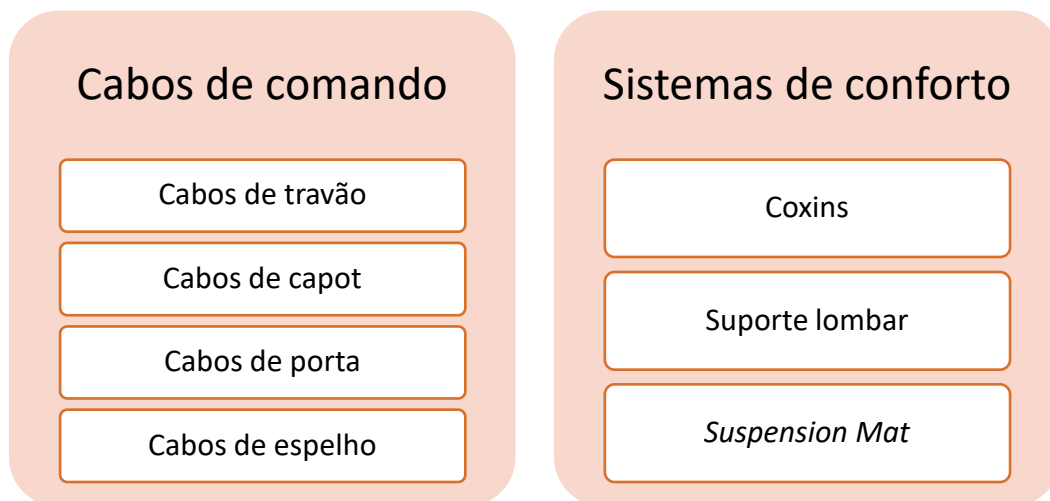


Figura 15 - Áreas de negócio da Fico Cables

### 3.2 *Produtos e processos de fabrico da Fico Cables*

A elaboração deste estudo obrigou ao acompanhamento e conhecimento de todos os processos de fabrico da empresa, visto que o objetivo é garantir o abastecimento de todos os materiais necessários para o funcionamento de algumas áreas de produção.

#### 3.2.1 *Cabos de comando*

Como já mencionado anteriormente, os cabos de comando são projetados para permitir transmitir o movimento de uma manete ou pega até outro componente, como, por exemplo, fechaduras ou até mesmo o acionamento dos travões de um veículo. A Figura 16 demonstra o exemplo de um cabo de comando.



Figura 16 - Exemplo de cabo de comando

Os cabos de comando têm um processo de fabrico mais complexo em relação aos sistemas de conforto. Para se perceber o processo de fabrico, é necessário inicialmente conhecer a constituição do produto. Na Figura 17 é possível ver a árvore de produto genérica de um cabo de comando.

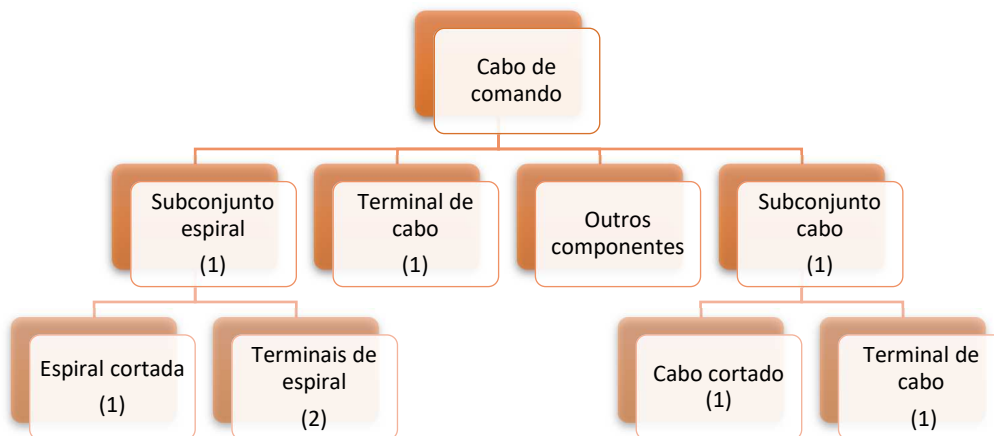


Figura 17 - Arvore de produto de um cabo de comando

Genericamente, um cabo de comando resulta de dois subprodutos (subconjuntos de cabo e subconjuntos de espiral), que mais tarde, numa linha de montagem, são montados um no outro, juntamente com o segundo terminal de cabo e alguns componentes. Os componentes inseridos no cabo são essencialmente para melhorar o desempenho ou a duração do mesmo:

- **Guarda-pós:** Protege o cabo da sujidade e assim aumenta o seu tempo de vida;
- **Massa lubrificante:** Diminui o atrito entre o cabo e a espiral;
- **Clips:** Permite fixar o cabo ao corpo do veículo;
- **Gromets:** Componente colocado para proteger o cabo em passagens por chapas, para que este não sofra um desgaste precoce durante a utilização. Este componente é muitas vezes apelidado de “passa-furos”;
- **Tubos de esponja/borracha:** Este componente tem como função eliminar possíveis ruídos resultantes do embate do cabo no corpo do veículo.

### 3.2.2 Processo de fabrico de um cabo de comando

Após perceber quais os componentes que constituem um cabo, é essencial analisar os processos de fabrico que estão associados ao fabrico do mesmo. No diagrama da Figura 18 é possível verificar, de uma forma resumida, o processo de fabrico de um cabo de comando. Constata-se que a linha de montagem necessita de ser abastecida com o subconjunto de espiral (processo a azul) e com o subconjunto de cabo (processo a verde).

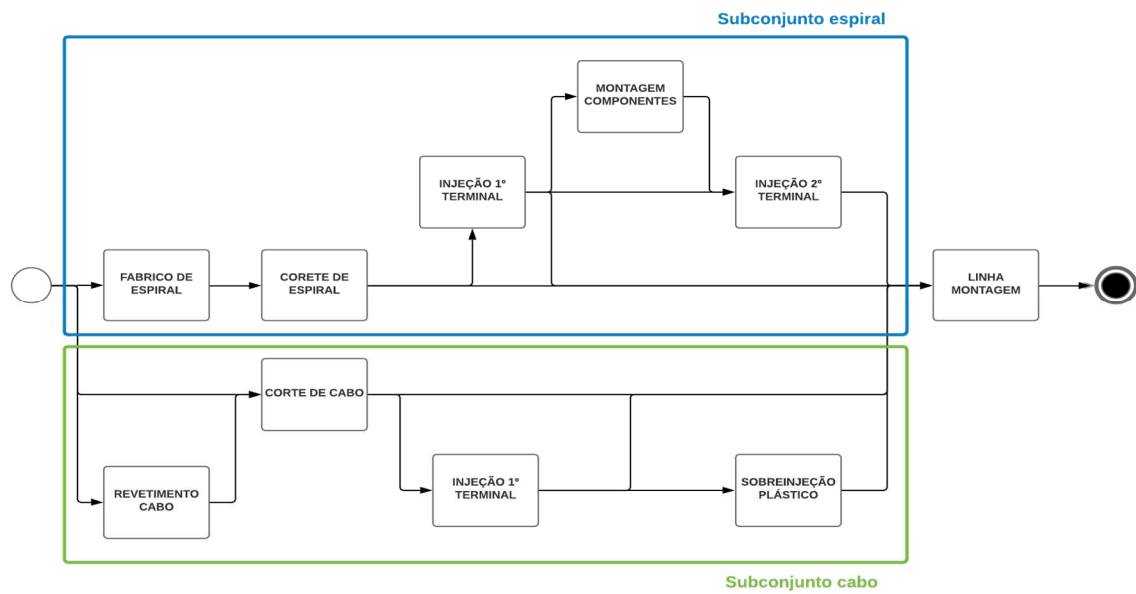


Figura 18 - Diagrama de processo de um cabo de comando

### Subconjunto de espiral

O subconjunto de espiral começa com a produção da própria espiral. Existem vários tipos de produção de espiral, que resultam em produtos com diferentes características, sendo que na Fico Cables são produzidos três tipos de espiral. Todas elas provêm de diferentes máquinas e são constituídas por diferentes matérias primas. Na Tabela 6, é possível ver as principais diferenças entre as mesmas, e na Figura 19 o seu aspeto.

Tabela 6 - Tipos de espirais

| Legenda | Tipo de espiral | Descrição  |
|---------|-----------------|--|
| (A)     | Laminada        | Composta por um ou mais arames laminados enrolados em forma helicoidal.                  |
| (B)     | Armada          | Composta por vários fios metálicos enrolados em torno de um tubo interior.               |
| (C)     | <i>Braided</i>  | Composta por vários fios metálicos entrelaçados entre si e em torno de um tubo interior. |

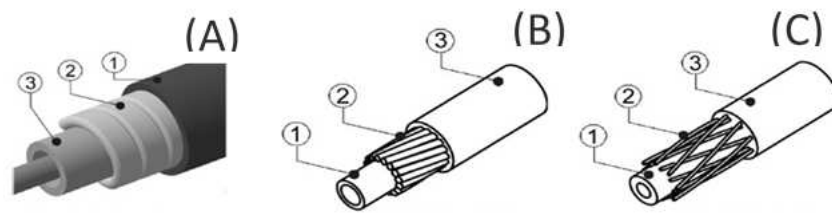


Figura 19 - Tipos de espirais

Em suma, todas estas espirais resultam do enrolamento ou arame em torno de um tubo interior, cuja função é criar uma superfície que previne a fricção entre os arames entrelaçados e o próprio cabo metálico que mais tarde será montado. No final deste processo, a espiral é chamada de espiral “nu”, visto que ainda não tem o revestimento plástico que constituirá a próxima fase. Este revestimento protege os cabos da corrosão durante o seu ciclo de vida.

O próximo processo de fabrico é o corte de espiral. É de salientar que neste momento existe uma grande diferença entra as diferentes espirais, devido essencialmente ao seu diâmetro. A espiral revestida pode ser armazenada em bobina ou já cortada. O corte de espiral, logo após o revestimento é feito para evitar que a espiral após ser armazenado, ganhe uma curvatura indesejada. Apesar deste problema, toda a espiral que seja possível é armazenada em bobina, pois permite fazer *kanban* e, posteriormente, cortar nas dimensões necessárias, consoante a necessidade de produção. O corte de espiral pode ser feito de duas formas, a disco ou a lamina, variando com o tipo de espiral necessária cortar.

Neste momento, existem espirais cortadas que estão prontas a serem enviadas para a linha de montagem final, sendo que os terminais irão ser prensados mais tarde. Com a evolução do produto e os requisitos dos clientes, começou-se a injetar estes terminais sobre a própria espiral, dando melhores prestações ao subconjunto a nível de impermeabilidade (Figura 20). Apesar desta característica, importante para o funcionamento do cabo, ainda é muito utilizado o terminal prensado, visto que permite que os terminais contenham uma fisionomia mais complexa (Figura 21).



Figura 20 - Terminais de espiral injetados



Figura 21 - Terminais de espiral prensados

Existem também alguns cabos em que são montados alguns componentes durante ou antes do processo de injeção. Esses componentes são maioritariamente tubos em esponja ou borracha e *gromets*. Após a injeção dos terminais, está finalizado o subconjunto de espiral.

Na Figura 22 está sintetizado todo este processo de fabrico explicado anteriormente, bem como os materiais que são utilizados nestes postos de trabalho, informação que será importante numa fase mais avançada deste projeto.

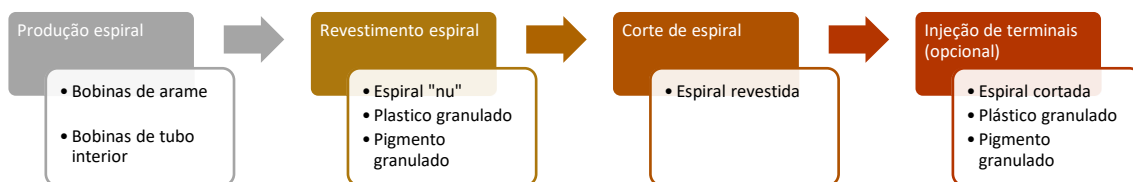


Figura 22 - Processo de fabrico do subconjunto de espiral

### Subconjunto de cabo

Em paralelo com a produção do subconjunto de espiral, está a produção do subconjunto de cabo. Este processo começa pela chegada do cabo metálico em bobina. Dependendo dos requisitos do cliente, o cabo pode ter de ser inicialmente revestido com uma capa protetora de plástico, que lhe proporciona uma proteção extra. Mais tarde, o cabo é cortado nas dimensões pretendidas para posteriormente serem adicionados os terminais de cabo.

O processo de inserção do primeiro terminal pode ser realizado de duas formas distintas, injetado com uma liga de *Zamak* ou prensado. A Figura 23 apresenta os dois tipos de terminais usados no fabrico dos cabos.



Figura 23 - Exemplo de cabos injetados (1) e prensados (2)

Novamente os dois processos resultam em cabos com propriedades diferentes, sendo que os injetados com liga de *zamak* suportam maiores esforços de tração, enquanto os prensados permitem o uso de terminais mais complexos. Finalmente, parte dos cabos injetados com terminal de *zamak* vão para a área de injeção de plástico, para ser injetada uma capa protetora em torno do terminal. Na Figura 24 temos o resumo do processo de fabrico do subconjunto de cabo, bem como os materiais necessários.

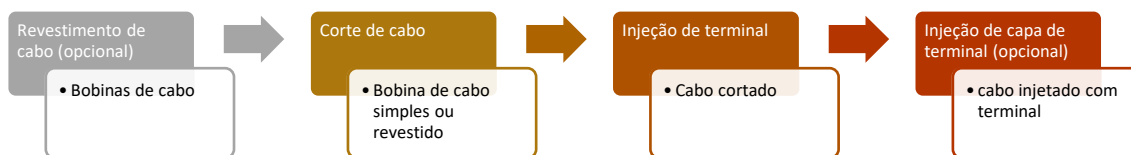


Figura 24 - Processo de fabrico do subconjunto de cabo

É de salientar, que devido ao desenvolvimento constante e à busca por redução de custos de fabrico, o segundo processo e o terceiro processos, podem ser unidos apenas num, tendo em conta novos equipamentos desenvolvidos que realizam as duas tarefas em simultâneo.

### Linha de montagem

Finalmente, o processo de fabrico termina na linha de montagem final, com a inserção do subconjunto de cabo no subconjunto de espiral. Mais tarde é injetado ou prensado o segundo terminal e adicionados alguns componentes que melhoram o funcionamento do cabo. Na Figura 25 encontra-se um exemplo de um cabo terminado, sendo que neste caso se apresenta um cabo de porta que contém tubo esponja para diminuir o ruído, e com um *gromet* para ser inserido num furo na chapa da porta



Figura 25 - Exemplo de cabo de Porta

### 3.2.3 Sistemas de conforto

Os sistemas de conforto são componentes incluídos no interior dos assentos dos veículos, os quais proporcionam maior sustentação dos ocupantes do veículo. Existem vários produtos deste tipo, como é possível ver na Figura 26

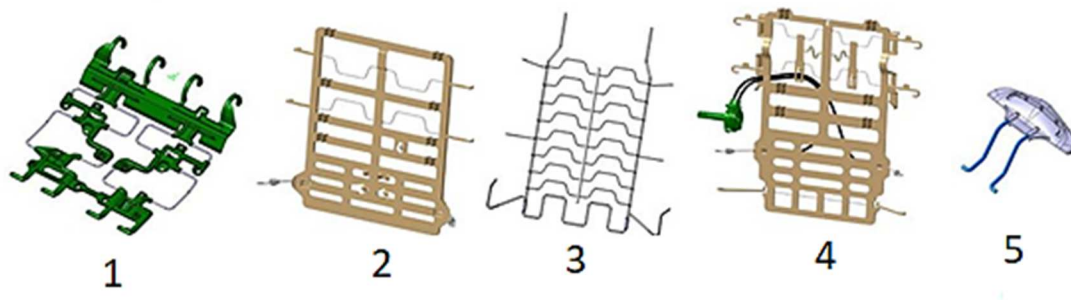


Figura 26 - Exemplos de sistemas de conforto

Começando pelo elemento 1, denominado por coxim, tem como finalidade equipar a zona interior do banco onde os ocupantes se sentam. Tipicamente, este componente é constituído por arames de diâmetro maior, para conseguir suportar todo o peso dos ocupantes. Estes arames são mais tarde unidos uns aos outros, através da injeção de plástico. Na Figura 27 está demonstrada de forma simples a constituição de um coxim.

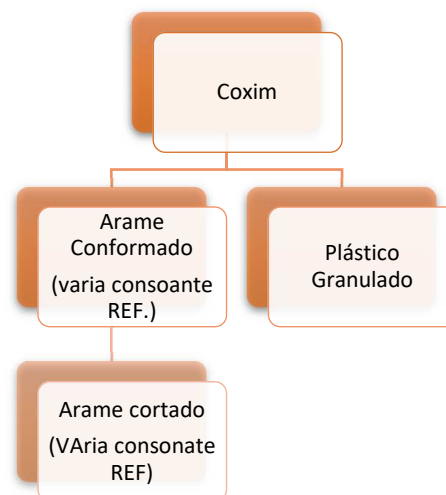


Figura 27 - Arvore de produto genérica de um Coxim

Os componentes 2, 3 e 4 são *suspension mat* e equipam as costas do banco. Estes componentes contêm arames que podem ser unidos através da injeção de plástico (processo idêntico a um coxim), ou pelo enrolamento de arames de diâmetro inferior (SM simples - elemento3). Neste ultimo componente, tipicamente são usados dois tipos de arame, um de diâmetro superior, revestido por uma capa plástica, sendo que é usado nas laterais, e são usados arames de menor diâmetro no centro, nos quais é inserido um tubo plástico que lhes oferece maior estabilidade. Na Figura 28 está demonstrada uma arvore genérica de um *Suspension Mat* (SM) simples.

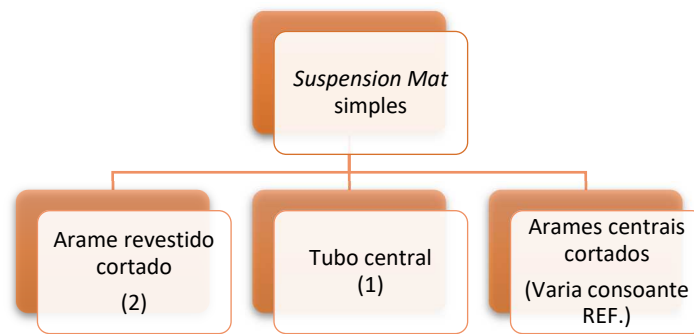


Figura 28 - Árvore de produto genérica de um *Suspension Mat* simples

Mais particularmente, o elemento 4 é um dos mais evoluídos, pois é montado num SM simples dois cabos de comando e um regulador, que permite ao utilizador regular o encosto do banco, para que este se adeque mais ao seu tipo de corpo. Por fim, o componente 5 é apelidado de apoio lombar, e tem como função sustentar a parte lateral lombar, fornecendo um conforto extra ao ocupante, principalmente em curva.

Atualmente, e devido à procura por parte dos clientes, a empresa está a desenvolver e produzir novos produtos que visam fornecer aos ocupantes um maior conforto, através de componentes equipados de bolsas de ar adaptáveis, que permitem uma maior adaptabilidade, ou até mesmo massagens (Figura 29).

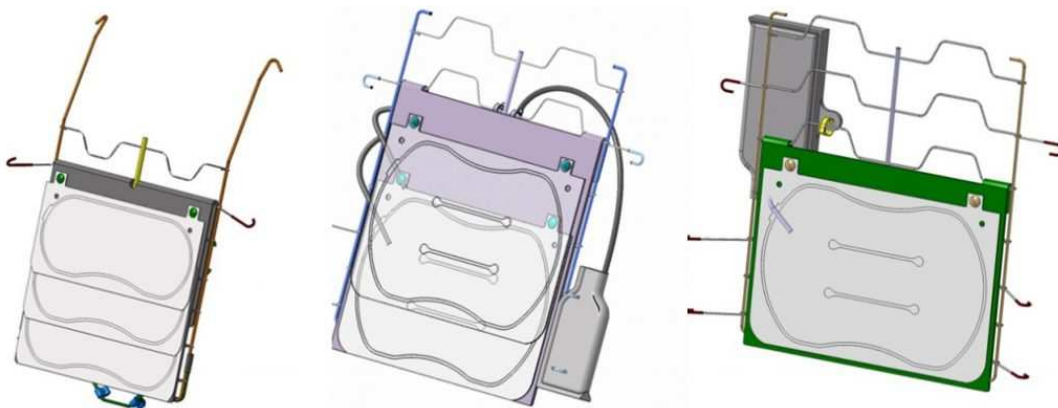


Figura 29 - Exemplos de *Suspension Mat* pneumáticos

### 3.2.4 Processo de fabrico de um sistema de conforto

Para se estudar os fluxos de abastecimentos de uma área fabril, é necessário perceber o seu processo de fabrico. Na próxima fase, estão explicados os diferentes processos de fabrico de sistemas de conforto.

### Coxim, *Suspension Mat* plástico e suporte lombar

Apesar destes três componentes terem diferentes finalidades num assento automóvel, existe uma particularidade comum aos três e que os distingue dos restantes, sendo essa o processo de injeção de plástico. Na Figura 30 está demonstrado todo o processo de fabrico e materiais usados.

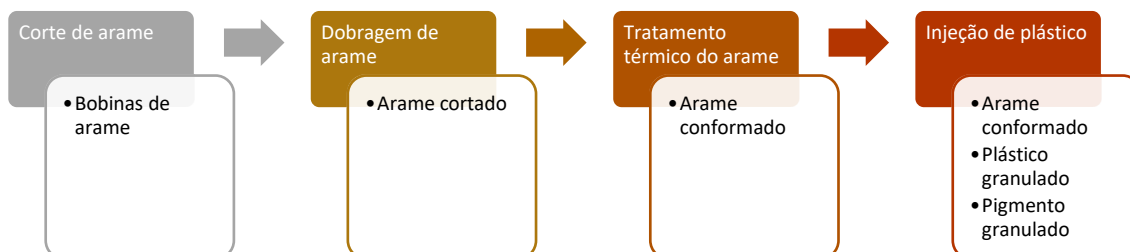


Figura 30 - Processo de fabrico de coxim, *Suspension Mat* plástico e suporte lombar

A produção começa com dois processos: o corte e dobragem de arame. Na empresa, estas operações podem ser feitas em separado, através de uma máquina de corte e outra máquina de dobragem de arame, ou em simultâneo as duas operações. A escolha destes equipamentos é feita através do balanceamento do volume a produzir e o investimento necessário, ou seja, quando os dois processos são feitos em separado, é possível produzir mais peças por hora, mas o investimento em equipamento é bastante mais elevado. A fase seguinte passa pela inserção dos arames conformados num forno, para que seja libertada a tensão proveniente da dobragem do próprio arame. Finalmente, é injetado plástico sobre os arames dobrados e embalado o produto final.

### *Suspension Mat*

O processo começa com o revestimento dos arames laterais, seguido do corte dos mesmos. Em simultâneo, são cortados os arames centrais, sendo que em modelos mais recentes de linhas de produção, esta operação já está incorporada na mesma e é apenas necessário abastecer a linha com bobinas de arame. Tendo sido, os materiais acima descritos, abastecidos à linha de montagem, é só necessário abastecer também as bobinas de tubo plástico e, no final do processo de montagem, a mesma devolve um SM simples pronto a embalar, ou a enviar para as linhas de SM elétricos ou pneumáticos.

### *Suspension Mat* elétricos e pneumáticos

O processo de fabrico destes componentes começa da mesma forma que os *Suspension Mat* simples, sendo que posteriormente são enviados para uma linha de montagem, onde são aplicadas as bolsas de ar ou componentes elétricos que permitem a regulação dos mesmos.

### 3.3 Instalações da Fico Cables Lda

De forma a ser possível perceber o problema que será abordado ao longo deste trabalho, é necessário compreender a disposição dos vários módulos da empresa. A empresa está dividida em cinco módulos e quatro armazéns. Apesar de não ser uma opção ótima, a empresa é composta por vários edifícios independentes, fruto do crescimento ao longo dos tempos. Os módulos são denominados de F1, F2, F3, F4 e F5, sendo que esta divisão existe com o objetivo de dividir as áreas segundo os tipos de produtos concebidos. Na Tabela 7 estão explicadas as principais características de cada módulo de produção.

Tabela 7 - Descrição dos módulos da empresa

|           |  |
|-----------|--|
| Módulo F1 | Local onde é produzida e revestida a espiral utilizada para o fabrico de cabos. É também neste módulo que os arames laterais para os sistemas de conforto são cortados e revestidos, bem como é feito o revestimento de cabo.                    |
| Módulo F2 | Local onde se encontram maioritariamente linhas que utilizam subconjuntos de espiral injetado. Neste módulo, encontra-se também a área de sobreinjeção de espiral e cabo.  |
| Módulo F3 | Local onde se encontram maioritariamente linhas com subconjuntos de espiral e cabo injetado sem injeção dos terminais de espiral.  |
| Módulo F4 | Local onde existe a grande maioria das máquinas de corte e conformação de arame bem como os equipamentos de injeção de plástico dedicados aos coxins.  |
| Módulo F5 | Local onde se encontram as linhas consideradas de pequenas séries. São consideradas de pequena série as linhas que contêm no máximo um turno de ocupação diária. Esta ocupação pode ser o reflexo de projetos de baixo volume ou em fim de vida. |

É de salientar que, devido ao constante crescimento da empresa e à falta de espaço na empresa, as linhas SM encontram-se espalhadas por vários módulos ( F2, F3, F4, e F5), levando a empresa a ter mais recursos humanos especializados que dão apoio à produção destas linhas.

É necessário realçar o facto de a empresa estar atualmente separada em duas áreas distintas separadas em cerca de 1,2 km, e que tem um elevado impacto nos custos logísticos da empresa, levando à necessidade de ter um camião em constante movimento para transporte de materiais. Numas das instalações encontram-se o módulo F2, F3 e F4 e nas outras instalações o módulo F5 e F6. A Figura 31 demonstra o *layout* dos diferentes módulos



Figura 31 - *Layout* dos módulos da empresa

Os inúmeros recursos usados, bem como o grande volume de produtos produzidos levam também a existir grandes áreas de *stock* de matérias primas, produto acabado e produtos intermédios de fabrico. Neste momento, existem quatro armazéns na Fico Cables que desempenham diferentes papéis na cadeia logística, como está descrito na Tabela 8.

Tabela 8 - Descrição dos armazéns da empresa

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Armazém de matérias primas | Armazém onde são descarregadas a maioria das matérias primas necessárias para a produção. A partir deste armazém, é posteriormente enviado para outros armazéns em pequenas quantidades, para abastecer os módulos de fabrico. Este armazém é também fornecedor direto do módulo F1, sendo este um dos módulos onde existe um maior consumo de matérias primas. |
| Armazém de expedição       | Este armazém é o local para onde é enviado todo o produto final para os respetivos clientes. É neste armazém que também é rececionada toda a embalagem de cartão e plástico, para posteriormente serem embalados os produtos finais. Este fluxo é contrário aos restantes, mas é explicado por falta de espaço no armazém de componentes.                       |
| Armazém de componentes     | Este é um pequeno armazém que recebe cargas de produtos com grande rotação, de pequeno volume e que, tipicamente, têm entregas diárias. Este armazém recebe também embalagens vindas do armazém de expedição para distribuir pelos diversos módulos, bem como materiais do armazém de matérias primas   |
| Armazém de espiral         | O armazém de espiral é o local onde é rececionado produto intermédio oriundo do módulo F1, para ser distribuído pelos módulos F2, F3 e F4.  |

### 3.4 Fluxos entre módulos e armazéns

Para finalizar a explicação da empresa, é necessário perceber os processos de fabrico que se encontram dentro de cada módulo, e os fluxos existentes entre eles e os armazéns. Toda a cadeia começa pelo módulo F1, onde existem três processos de fabrico:

- Produção e revestimento de espiral – Usada na produção de cabos de comando.
- Revestimento de cabo – Usado na produção de cabos de comando.
- Revestimento de arame – Usado na produção de SM.

Na Figura 32 está um diagrama onde é possível validar os clientes e fornecedores do módulo F1, bem como as entradas e saídas de material.

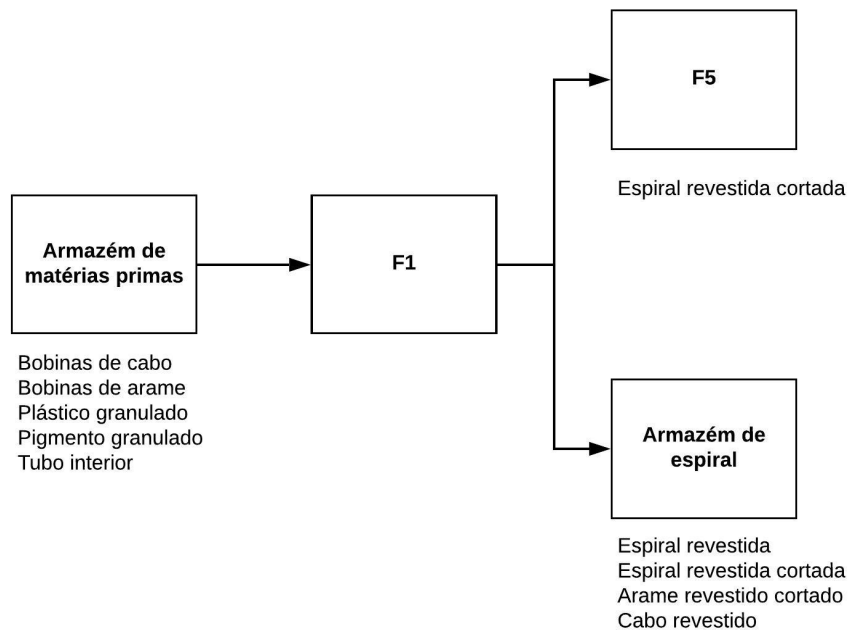


Figura 32 - Diagrama de fluxos do módulo F1

Em suma, concluímos que o único fornecedor do módulo F1 é o armazém de matérias primas, e os clientes são o módulo F5, que se encontra no mesmo edifício, e o armazém de espiral. É de salientar que os produtos enviados para este armazém vão ser usados nos módulos F2, F3 e F4, mas antes de serem enviados para esses módulos, são armazenados neste local e geridos conforme as necessidades de cada módulo.

O módulo F5 tem como função acolher as linhas com baixa produção, cujo projeto esteja em fim de vida, ou linhas com ocupação inferiores a 1 turno. Isto leva a que comparado com os outros módulos, os fluxos existentes são muito menores. Neste módulo, existem os seguintes processos de fabrico:

- Corte de espiral;
- Corte de cabo metálico;
- Injeção em liga de zamak de terminais de cabo;
- Montagem final dos cabos de comando;
- Montagem final de SM.

Na Figura 33 está um diagrama onde é possível validar os clientes e fornecedores do módulo F5, bem como as entradas e saídas de material.

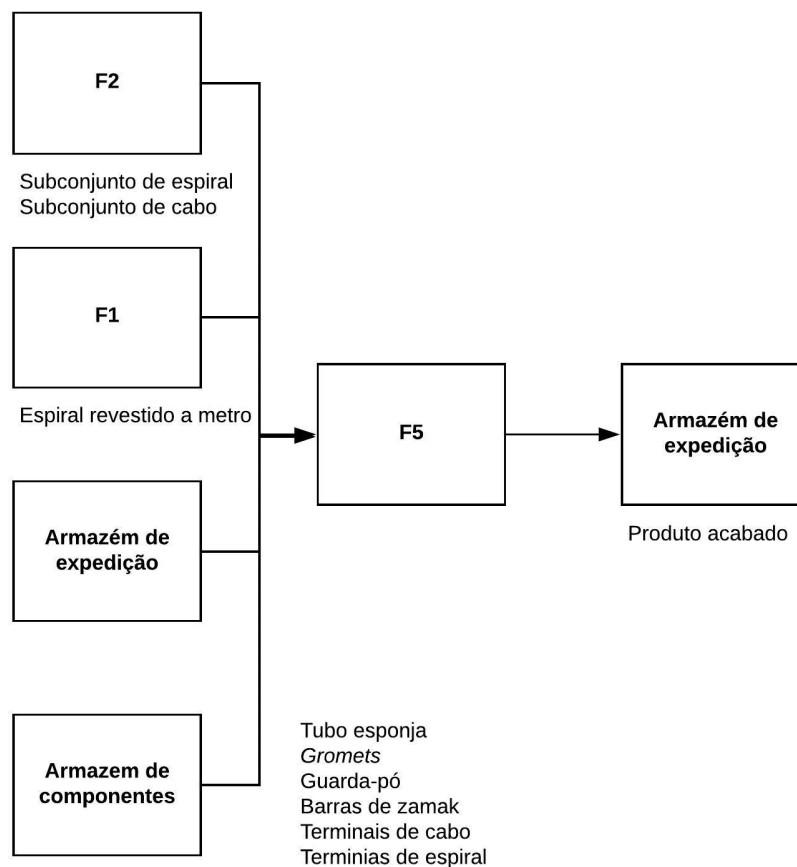


Figura 33 - Diagrama de fluxos do módulo F5

Como mencionado anteriormente, um dos fornecedores do módulo F5 é o F1, que fornece diretamente parte da espiral necessária. Como o F5 é um módulo de pequenas séries, existem vários tipos de linhas no seu interior, sendo que algumas delas usam espiral injetado com terminais de plástico, ou subconjunto de cabo com terminais de plástico, material esse que é produzido no módulo F2. O restante material vem dos armazéns de componentes e do armazém de expedição. Apesar deste último ser destinado ao produto final, a falta de espaço no armazém de componentes levou a que toda a embalagem fosse transferida para este armazém.

Nas outras instalações da Fico Cables encontram-se os módulos F2, F3 e F4. Começando pelo módulo F2, existem os seguintes processos de fabrico:

- Corte de espiral;
- Corte de cabo metálico;
- Corte de arame;
- Injeção em liga de zamak de terminais de cabo;
- Injeção plástica de terminais de espiral;
- Injeção plástica de capas em terminais de cabo;
- Montagem final dos cabos de comando;
- Montagem final de SM.

Na Figura 34 está um diagrama onde é possível validar os clientes e fornecedores do módulo F2 bem como as entradas e saídas de material.

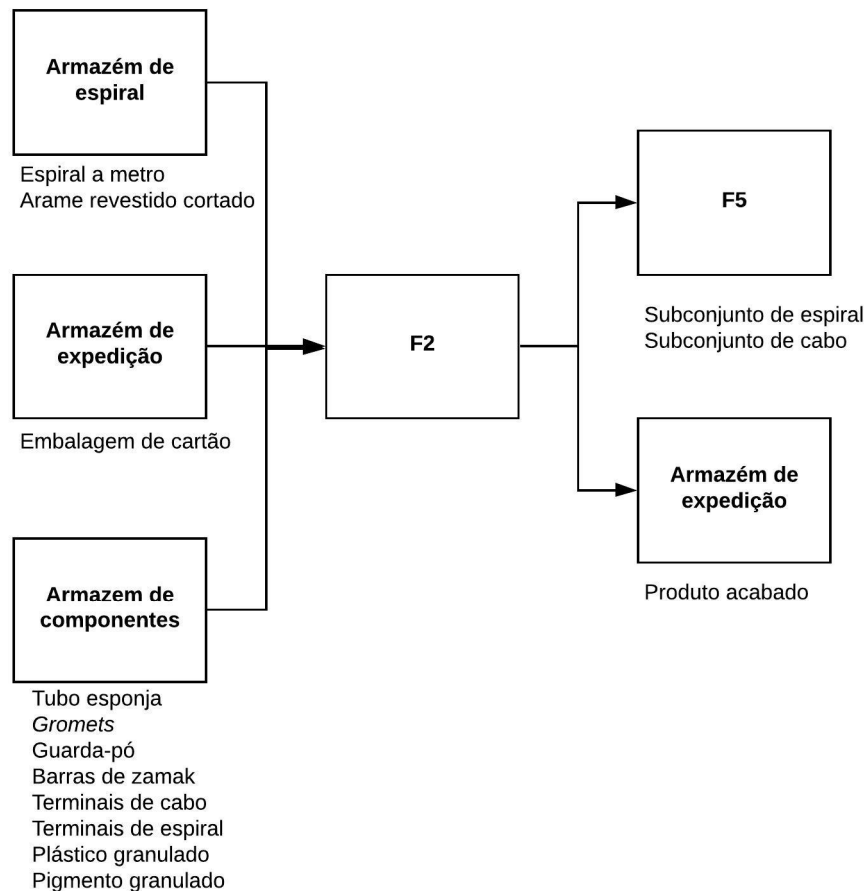


Figura 34 - Diagrama de fluxos do módulo F2

Observa-se que o módulo F2 é abastecido por três armazéns distintos, sendo que um deles é o armazém de espiral. Este armazém tem como finalidade armazenar todos os produtos intermédios provenientes do F1 que vão ser utilizados no módulo F2, F3 e F4. Os clientes do módulo F2 são o F5, para onde são enviados produtos injetados em plástico, e o armazém de expedição, onde é armazenado o produto final, pronto para ser expedido para os clientes da Fico Cables.

O fluxo do módulo F3 é muito idêntico ao do módulo F2, sendo que a grande diferença está nos fornecedores, em que para o F3 existe mais um que é o módulo F4. Isto acontece, pois, este módulo não tem equipamentos de corte de arame, o que significa que este tem de vir cortado do módulo F4. Os processos existentes no módulo F3 são os seguintes:

- Corte de espiral;
- Corte de cabo metálico;
- Injeção em liga de zamak de terminais de cabo;
- Montagem final dos cabos de comando;
- Montagem final de SM.

Na Figura 35 está um diagrama onde é possível validar os clientes e fornecedores do módulo F3, bem como as entradas e saídas de material.

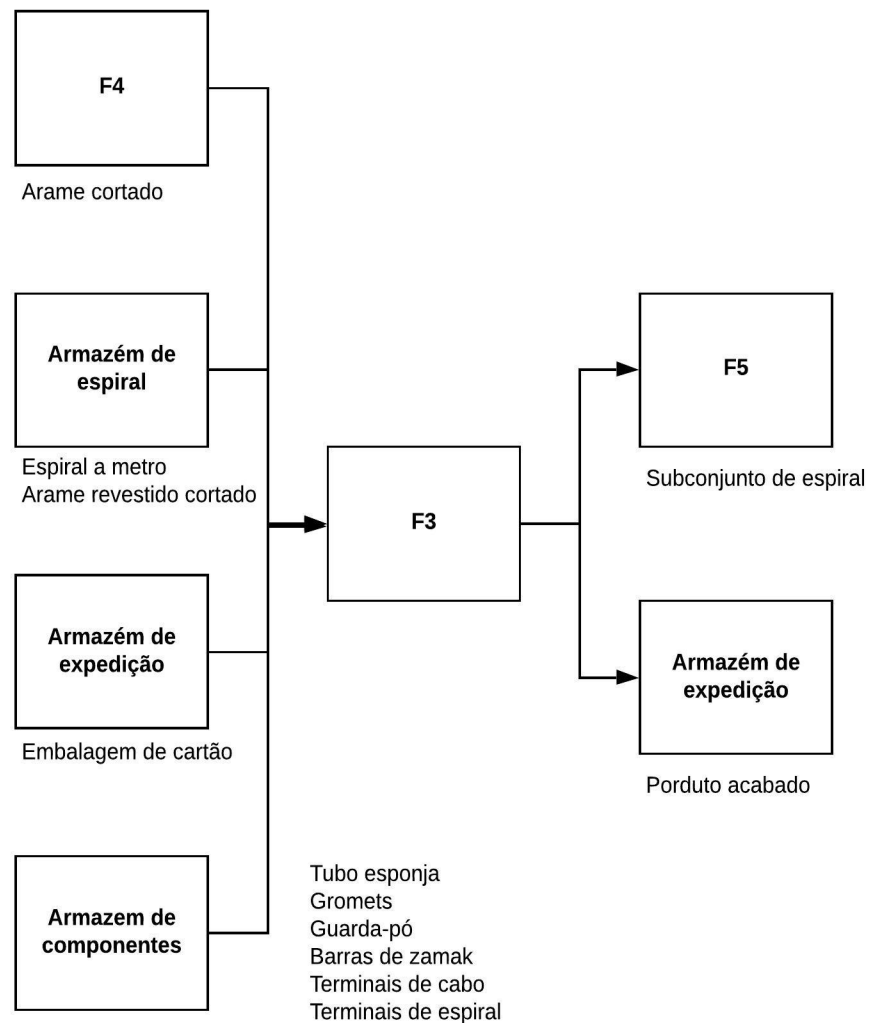


Figura 35 - Diagrama de fluxos do módulo F3

Finalmente, tem-se o módulo responsável pela produção de sistemas de conforto. Neste módulo tem-se os seguintes processos de fabrico:

- Corte de arame;
- Conformação de arame;
- Aquecimento de arame;
- Injeção de plástico;
- Montagem final de SM;
- Montagem final de SM elétricos e pneumáticos.

Na Figura 36 está um diagrama onde é possível validar os clientes e fornecedores do módulo F4, bem como as entradas e saídas de material.

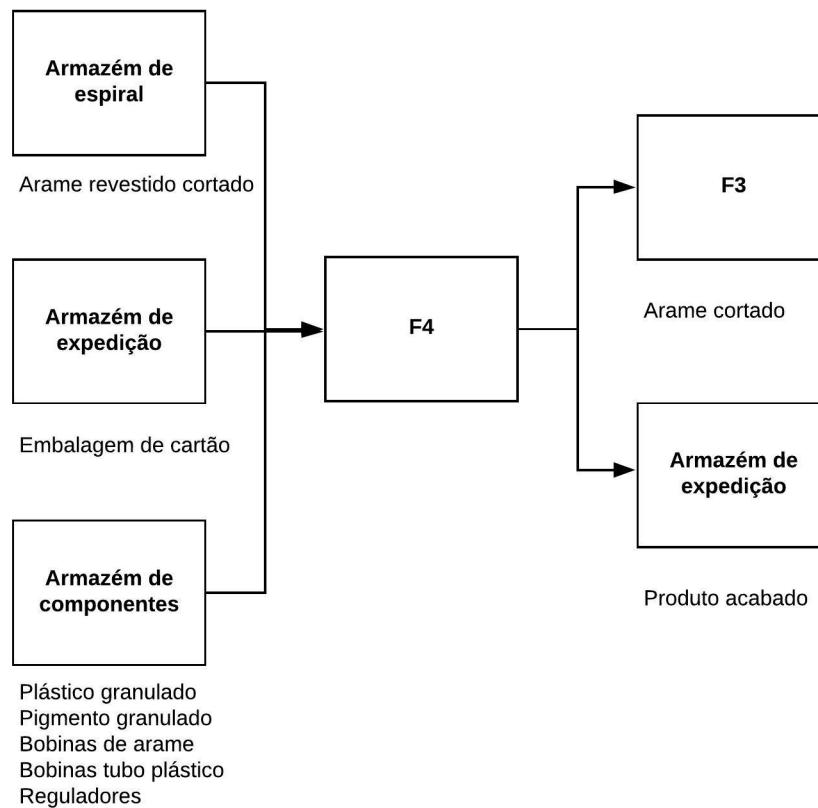


Figura 36 -Diagrama de fluxos do módulo F4

Nesta fase, já se conhecem todas as interações entre módulos e armazéns existentes na Fico Cables. É de salientar o grande fluxo que existe entre o módulo F1 e o armazém de espiral, para onde é enviada toda a espiral, cabo revestido e arame revestido necessário para os módulos F2, F3 e F4. Este fluxo torna necessário um camião estar constantemente a fazer a ligação entre estas duas áreas. Mais tarde, vai ser um dos parâmetros tidos em conta na decisão do *layout* final, com a aquisição de um novo edifício para a Fico Cables.

### 3.5 Proposta de trabalho

Devido ao aumento de volume da empresa, tornou-se imprescindível o aumento das instalações da mesma para que fosse possível a aquisição de novos equipamentos e ganhar novos projetos para a empresa. Surgiu então a possibilidade de construção de um novo edifício na mesma área fabril que os módulos F2, F3 e F4.

Este trabalho focou-se no estudo e definição dos novos fluxos, que passaram a existir após a conclusão da construção do novo edifício (denominado de F6), garantido o abastecimentos e recolha de todos os materiais necessários. Este estudo teve como base de trabalho a metodologia seis sigma, denominado de DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenhar, Verificar), criada para o auxílio de desenvolvimento de novos processos ou produtos. Em suma, este projeto vai estar organizada em cinco fases como demonstrado na Figura 37

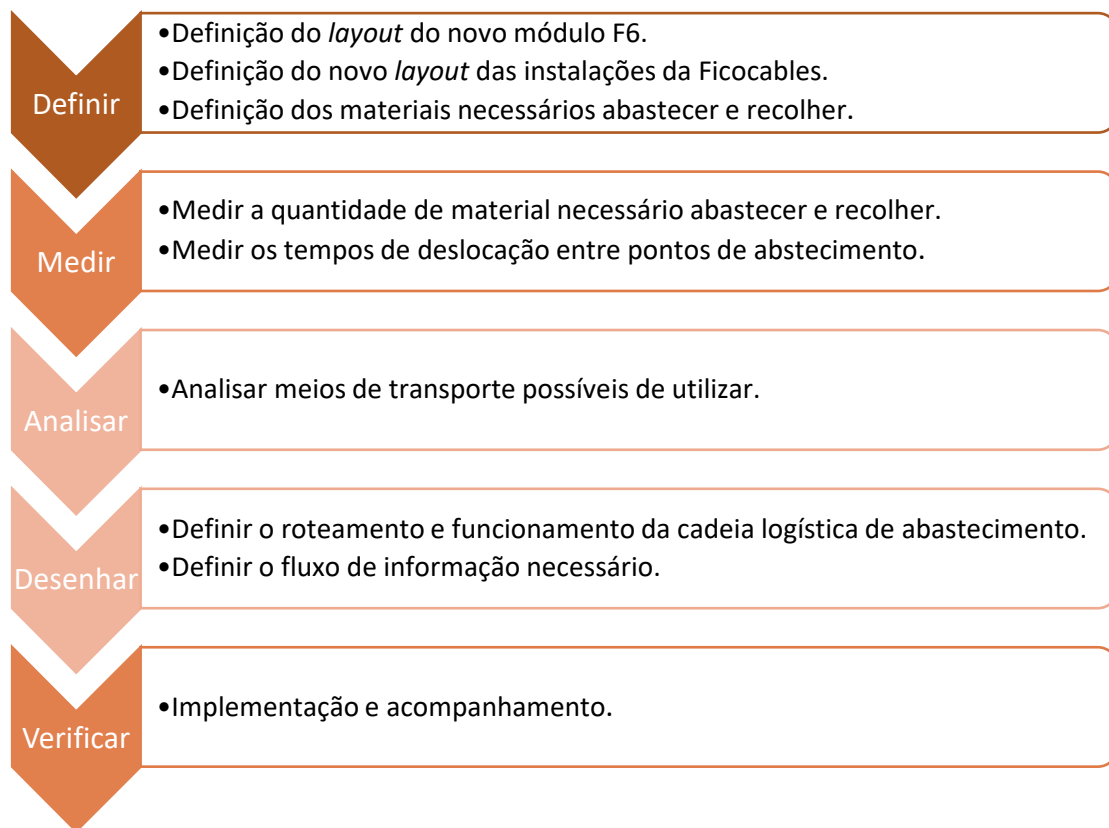


Figura 37 - DMADV do projeto

Em suma, o objetivo deste estudo passa por definir o método de abastecimento da nova nave fabril (F6), que garanta os seguintes requisitos:

- Garantir a procura do módulo F6 em relação a matérias primas;
- Garantir a procura do módulo F2 em relação a produto intermédio fabricado no módulo F6;
- Garantir a recolha de produto acabado do módulo F6 para o armazém de expedição;
- Reduzir os custos das operações logísticas.

Foi usado um turno de produção (480 min) como espaço temporal para cálculos de procura.

### 3.5.1 Definição

#### Definição do *Layout* do módulo F6

A primeira fase deste projeto consistiu na definição do problema que se pretende abordar. Para se estudar o fluxo logístico, começou-se por analisar o *layout* do novo edifício (F6), sendo que este foi baseado em algumas premissas, de forma a melhorar alguns problemas existentes na empresa:

- Junção das linhas SM - com o objetivo de otimizar recurso humanos, o que significa que para o mesmo número de linhas são necessários menos técnicos especializados, ou se mantidos os mesmos, estes sejam capazes de reagir rapidamente a qualquer tipo de avaria, e assim diminuir os tempos de paragens de linha.
- Junção da área de injeção de coxins com a área de injeção de terminais de espiral, com o mesmo objetivo de otimizar os recursos humanos existentes.
- Relocalização do módulo F1 nas instalações dos módulos F2, F3, e F4, visto serem os principais clientes deste módulo e assim reduzir a distância entre eles.

Tendo em conta os padrões acima descritos, o *layout* definido para o módulo F6 foi o representado na Figura 38.

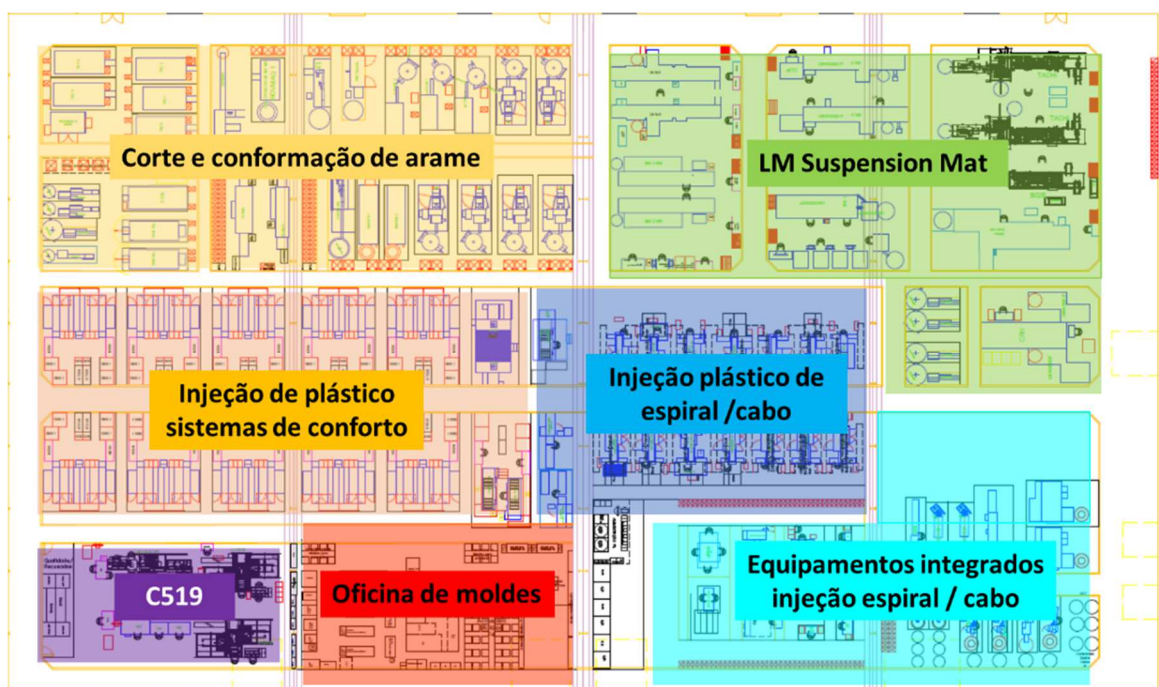


Figura 38 - *Layout* módulo F6

Como é possível validar na imagem em cima, no *layout* do módulo F6 conseguiu-se cumprir os objetivos descritos anteriormente, começando pela junção de todas as linhas de SM, e a união das duas injeções de plástico, que até aqui eram separadas. Após a colocação destes dois processos, conclui-se o *layout*, incluindo também os seguintes processos/áreas:

- Corte e conformação de arame:

Visto ser o processo anterior a injeção de coxins, decidiu-se incluir de forma a reduzir ao máximo a necessidade de movimentações deste tipo de material. As máquinas de corte de arame para as linhas SM foram também incluídas, e assim o número de operadores especializados é inferior, existindo também a possibilidade destes equipamentos serem partilhados com o corte de arame para a injeção de plástico.

- Equipamentos integrados de injeção espiral/cabo.

Estes equipamentos consistem nas máquinas de corte de espiral e de cabo, bem como nas máquinas de injeção de terminais de zamak. Desta forma, aproximam-se estes processos do processo seguinte, a injeção, de forma a otimizar os fluxos.

- Oficina de moldes

Sendo que as duas áreas de injeção foram unidas, a oficina de moldes foi incluída neste edifício para assistir e reparar rapidamente os problemas dos moldes.

- Linha C519

Sendo uma linha com novas tecnologias, onde a injeção de terminais de espiral está integrada na própria linha, decidiu-se que deveria ser incluída, para que os operadores especializados da injeção possam dar apoio à produção, bem como à própria oficina de moldes

#### **Definição do *Layout* geral da Fico Cables**

A próxima fase deste projeto consistiu na definição dos restantes edifícios da Fico Cables, visto que com a passagem de vários processos para o módulo F6, foi necessário reorganizar os restantes módulos.

Com a movimentação de todo o módulo F4 para as novas instalações, o edifício em que se encontrava ficou vazio, surgindo assim a questão do que se iria recolocar nesse espaço. Como mencionado anteriormente, um dos objetivos era a recolocação do módulo F1 nas instalações do módulo F2, F3 e F4, e assim reduzir os 1,2 km que existiam entre si. Decidiu-se então transportar todas as máquinas do módulo F1 para o módulo F4, o que proporcionou as seguintes melhorias:

- Eliminação das viagens necessárias;
- Maior reação para servir necessidades dos módulos F2, F3 e F4;
- Eliminar o *stock* no armazém de espiral e, por conseguinte, esta zona de *stock*.

Na Figura 39 tem-se o *layout* final das instalações principais da Fico Cables sendo que nas outras instalações permaneceram o módulo F5 e o armazém de matérias primas.

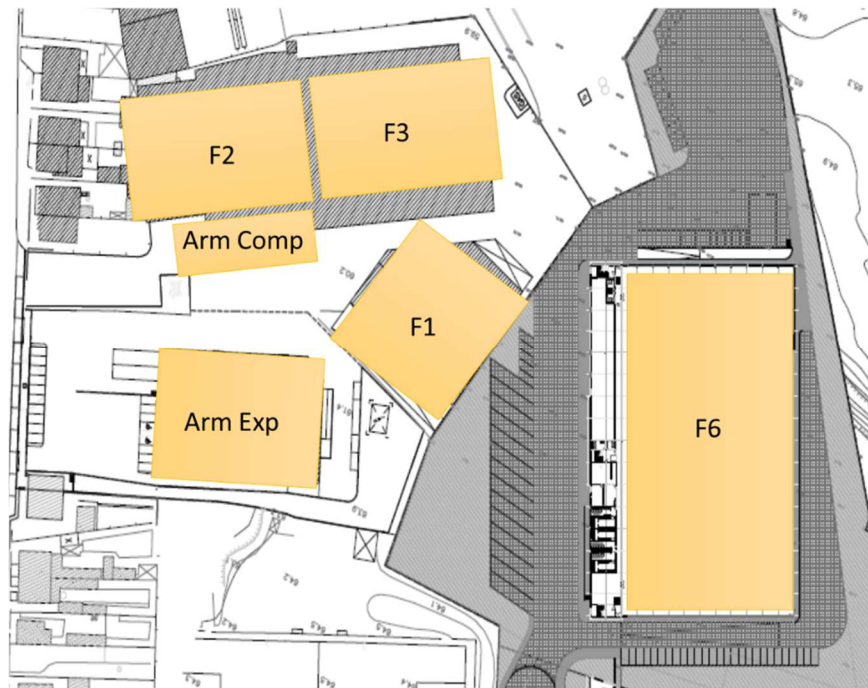


Figura 39 - No *layout* das instalações da Fico Cables

#### Definição dos materiais necessários abastecer e recolher

Seguidamente à definição dos novos *layouts*, fez-se o levantamento das matérias primas que são necessárias abastecer e os locais de onde são provenientes, bem como o material necessário recolher até ao armazém de expedição, resultantes da atividade do novo módulo de produção F6 (Figura 40).

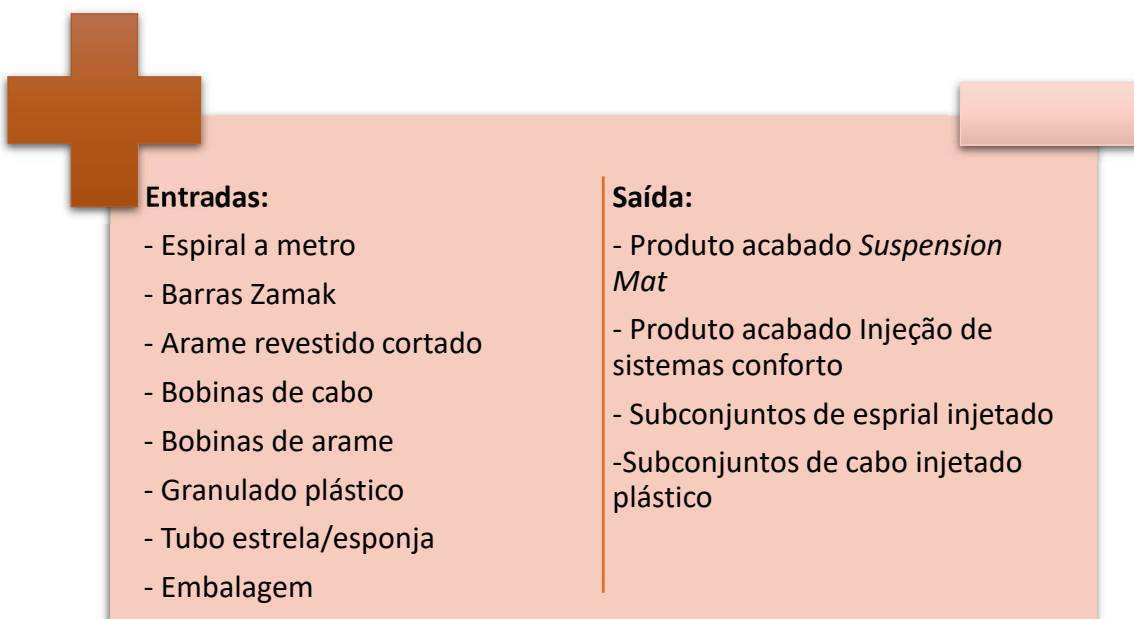


Figura 40 - Entradas e saídas do módulo F6

Estudou-se seguidamente a proveniência de cada um dos materiais que serão fornecidos ao F6, representados na Tabela 9.

Tabela 9 - Materiais a fornecer ao módulo F6 e proveniência

| <b>Material</b>      | <b>Origem</b>          |
|----------------------|------------------------|
| Espiral a metro      | F1                     |
| Barras de Zamak      | Armazém de componentes |
| Arame revestido      | F1                     |
| Bobinas de cabo      | Armazém de componentes |
| Bobinas de arame     | Armazém de componentes |
| Granulado plástico   | Armazém de componentes |
| Tubo estrela/esponja | Armazém de componentes |
| Embalagem            | Armazém de expedição   |

### 3.5.2 *Medição*

A fase medição passou pela quantificação do material necessário movimentar, com base em dados de orçamento para os anos de 2019 e 2020. O resultado encontra-se na Tabela 10 e, com base num período de produção de 8 horas, ou seja, 1 turno.

Tabela 10 - Quantidade de material a transportar para o módulo F6

| <b>Material</b>    | <b>Volume / Turno (8 horas)</b> | <b>Origem</b>          |
|--------------------|---------------------------------|------------------------|
| Espiral a metro    | 5 tambores                      | F1                     |
| Barras de Zamak    | 4 barras                        | Armazém de componentes |
| Arame revestido    | 15000 arames                    | F1                     |
| Bobinas de cabo    | 2 bobinas                       | Armazém de componentes |
| Bobinas de arame   | 5 bobinas                       | Armazém de componentes |
| Granulado plástico | 8 Paletes                       | Armazém de componentes |
| Tubo estrela       | 5 tambores                      | Armazém de componentes |
| Embalagem          | 20 paletes                      | Armazém de expedição   |

O mesmo estudo foi feito para o material produzido e que tem de ser enviado para o armazém de expedição (Tabela 11).

Tabela 11 - Quantidade de material a recolher do módulo F6

| Material                                     | Volume / Turno (8 horas) | Destino              |
|--|--------------------------|----------------------|
| Produto final SM                             | 32 paletes               | Armazém de expedição |
| Produto final de sistemas conforto injetados | 56 paletes               | Armazém de expedição |
| Subconjuntos espiral e cabo                  | 16 paletes               | F2                   |

De forma a poder-se trabalhar os dados foram transformados em volumes de entradas e saídas em paletes, visto ser o meio utilizado para o transporte, e organizados consoante o trajeto que vão percorrer (Tabela 12).

Tabela 12 - Quantidade de material a transportar em paletes

| Origem                  | Destino           | Paletes    |
|-------------------------|-------------------|------------|
| F1                      | F6                | 8 paletes  |
| Armazém componentes /F2 | F6                | 20 paletes |
| Armazém expedição       | F6                | 20 paletes |
| F6                      | Armazém expedição | 88 paletes |
| F6                      | Arm. Comp.        | 16 paletes |

A próxima fase consistiu na cronometragem de vários tempos de deslocações entre edifícios bem como a operação de carga e descarga nos locais pré-definidos. Na Tabela 13 encontra-se a média do tempo de deslocação de uns pontos para os outros. De notar que estes tempos já incluem o processo de carga e descarga do material.

Tabela 13 - Tempos de deslocação entre edifícios

| Origem                  | Destino             | Tempo  |
|-------------------------|---------------------|--------|
| F1                      | F6                  | 11 min |
| Armazém componentes /F2 | F6                  | 11 min |
| Armazém expedição       | F6                  | 12 min |
| Armazém componentes /F2 | Armazém expedição   | 5 min  |
| F1                      | Armazém componentes | 10 min |
| F1                      | Armazém expedição   | 10 min |

Neste momento está-se na posse de toda a informação do fluxo (representado na Figura 41) necessário abastecer e do tempo que se demora a fazer o mesmo, pelo que é possível estudar as possibilidades mais vantajosas para a empresa, focando-se sempre na otimização de recursos humanos e físicos.

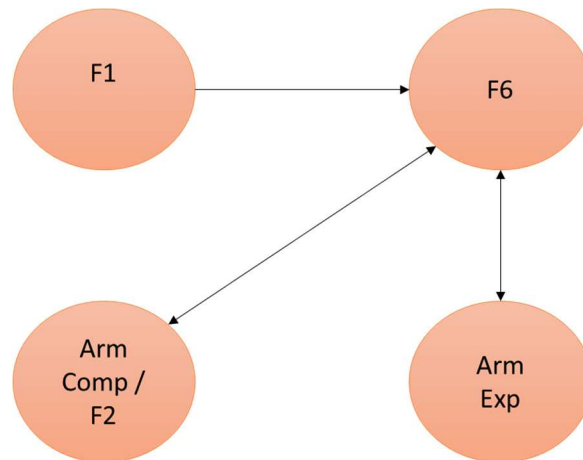


Figura 41 - Diagrama de fluxos entre módulos

Salienta-se o facto de o material com destino ao módulo F2 ser feito pela mesma entrada que o armazém de componentes, e sendo as zonas de carga e descarga muito próximas, considerou-se o mesmo local para efeito de cálculo.

### 3.5.3 *Análise*

Existem diversos equipamentos para transportar as paletes de uns módulos para os outros, sendo que cada um tem diferentes características. Esta fase do projeto consiste no estudo de qual o veículo mais vantajoso para o tipo de transporte que se pretende fazer. Começou-se por identificar as possibilidades de transporte que poderiam ser integrados neste circuito logístico, analisando vantagens e desvantagens perante as necessidades da empresa. Esta análise está representada na Tabela 14.

Tabela 14 - Meios de transporte possíveis de utilizar

| Tipo de transporte       | Forças   | Fraquezas  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Camião</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elevada capacidade de carga;</li> <li>Possibilidade de ser utilizado para outros fins (exemplo: transporte de equipamentos).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Necessidade de cais para cargas e descargas;</li> <li>Necessário condutor especializado para conduzir o mesmo;</li> <li>Custos de compra / aluguer elevados.</li> </ul> |
| <b>Comboio Logístico</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilidade de transportar mais de que uma carga em simultâneo.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Necessidade de outros equipamentos para fazer cargas e descargas.</li> </ul>  |

| Tipo de transporte | Forças  | Fraquezas  |
|--------------------|---|--|
| <b>Empilhador</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomia de trabalho;</li> <li>• Possibilidade de executar outras funções para além do transporte de cargas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apenas permite transportar uma carga em cada viagem.</li> </ul> |

Como representado na Tabela 14 existem três tipos de veículo que podem ser usados neste problema. O camião foi antecipadamente descartado, visto existirem locais no qual se torna muito difícil proceder ao carregamento e descarga das cargas, pois este local não qualquer nenhum cais. Para além disso, a necessidade de operadores especializados (com carta de pesados), torna este veículo desadequado a função pretendida. Neste caso, tem-se dois possíveis veículos a usar neste problema.

A próxima fase de análise passou pelo estudo das rotas que estes veículos deveriam descrever, tentando garantir que os recursos fossem utilizados ao máximo e os desperdícios reduzidos. Teve-se como premissa que o veículo deverá cumprir a procura, percorrendo a mínima distância possível. Tendo em conta este objetivo, decidiu-se elaborar um modelo matemático para encontrar uma solução satisfatória. Sendo que os dados usados dos volumes de venda, podem variar de ano para ano, bem como o *layout* da empresa, o objetivo era criar uma ferramenta rápida de definição do número mínimo de veículos. Nesta fase, decidiu-se elaborar um modelo matemático com base na heurística *Clarke and Wright* para calcular o número de veículos mínimo necessário. De forma resumida este modelo matemático rege-se pelas seguintes regras:

- Os veículos têm restrição de cargas (1palete para o empilhador e 5 para o comboio);
- Toda a procura deve ser cumprida no espaço de tempo definido (8 horas);
- O veículo deve dirigir-se sempre para o local mais próximo para onde tenha de transportar material

Tendo em conta estas características, definiu-se o seguinte modelo matemático:

#### **Modelo matemático**

O modelo matemático apresentado utiliza uma modelação baseado nos caminhos mais curtos, a rede do problema é substituída por uma outra rede na qual estão apenas indicados os caminhos mais curtos entre os nodos. Assim sendo, antes de iniciar o modelo matemático para determinação das rotas resolve-se o problema do caminho mais curto entre todos os pares de nodos da rede.

O problema de rotas é então modelado num grafo em que o arco  $A \rightarrow B$  representa o caminho mais curto de A para B. Caso o caminho mais curto de A para B passe por nodos intermédios no grafo a utilizar para o problema de rotas apenas se representa o arco  $A \rightarrow B$  sendo atribuído a este arco o valor do caminho mais curto.

Considere-se o exemplo da Figura 42,



Figura 42 - Exemplo do modelo matemático aplicado

Na rede inicial o caminho mais curto de A para B não é o caminho direto que tinha um custo de 6 é o caminho A - C - B com um custo de 4. Assim sendo, na rede a utilizar para a determinação de rotas o arco A - B representa este caminho mais curto (A - C - B).

Os parâmetros do modelo matemático são:

$V$  → Representa o conjunto dos locais a visitar

$$V = \{i: \text{armazéns a visitar}\};$$

$A$  → Representa o conjunto dos caminhos mais curtos entre os armazéns  $i$  e  $j$

$$A = \{(i, j): i, j \in V: i \neq j\};$$

( $A$  representa o caminho mais curto entre  $i$  e  $j$  e estes pertencem a  $V$  e são diferentes um do outro, ou seja, o comboio tem sempre se sair de um local para outro)

$t_{ij}$  → Representa o tempo que demora a percorrer o caminho entre  $i$  e  $j$ ;

$q_{ij}$  → Representa a quantidade de matéria a transportar do armazém  $i$  para o armazém  $j$ ;

$T$  → Tempo máximo que cada veículo pode circular ;

$Q$  → Quantidade máxima que cada veículo pode transportar por rota.

As variáveis decisões do problema:

$X_{ij}^{kl} = 1$  se o caminho mais curto entre os armazéns  $i$  e  $j$  for efetuado na rota  $k$  do veículo  $l$ ;

$Y_{ij}^{kl} =$  quantidade de material a transportar entre os armazéns  $i$  e  $j$  na rota  $k$  do veículo  $l$ ;

$Z_l = 1$  se o veículo  $l$  for necessário.

Neste momento, tem-se as variáveis definidas necessárias para poder começar a formular o problema. Neste caso a função objetivo é minimizar o número de comboios a utilizar.

$$F.O. = \text{Min } \sum_l Z_l$$

Finalmente, foi necessário estabelecer todas as restrições deste modelo matemático.

$$(1) \sum_{i \in (i,j) \in A} X_{ij}^{kl} - \sum_{i \in (i,j) \in A} X_{ji}^{kl} = 0 \quad \forall j, \forall k, \forall l$$

1 - Ao definir a rota  $k$  do veículo  $l$ , ou seja, deve-se garantir que o veículo entra e sai nos vértices intermédios da rota.

$$(2) \sum_k \sum_{(i,j) \in A} t_{ij} X_{ij}^{kl} \leq T \quad \forall l$$

2- Garante que o tempo de utilização do veículo não excede o máximo estipulado, neste caso 480 minutos, valor de duração de um turno.

$$(3) \sum_l \sum_k Y_{ij}^{kl} \leq q_{ij} \quad \forall (i, j) \in A$$

3 – Garante que a quantidade a transportar entre os armazéns i e j é assegurada.

$$(4) Y_{ij}^{kl} \leq M \cdot X_{ij}^{kl} \quad \forall (i, j) \in A, \forall k, \forall l$$

4 – Garante que a matéria a transportar entre os armazéns i e j é efetuada pelos caminhos mais curtos que fazem parte da rota k do veículo l.

$$(5) \sum_{(i,j) \in A} \sum_k Y_{ij}^{kl} \leq M \cdot Z_l \quad \forall k, \forall l$$

5 – Assegura que o veículo l está ativo para que a rota k do veículo possa ser efetuada (M é um número muito grande)

$$(6) \sum_{(i,j) \in A} Y_{ij}^{kl} \leq Q \quad \forall k, \forall l$$

6 – A quantidade de matéria a transportar na rota K do veículo l não excede a capacidade do veículo

$$(7) \begin{aligned} X_{ij}^{kl} &\in \{0,1\} && \forall (i, j) \in A, \forall k, \forall l \\ Y_{ij}^{kl} &\in \mathbb{Z} && \forall (i, j) \in A, \forall k, \forall l \\ Z_l &\in \{0,1\} && \forall l \end{aligned}$$

7 – Domínio das variáveis

### Cálculo do número mínimo de veículos

Após a explicação do modelo matemático que garante que é usado o número mínimo de veículos, garantindo igualmente o abastecimento e recolha de material, usou-se o modelo para calcular o número de veículos necessários para ambos os casos, ou seja, para o empilhador e para o comboio logístico Tabela 15.

Tabela 15 - Número de veículos necessários

| Transporte | Número mínimo de veículos |
|------------|---------------------------|
| Comboio    | 2                         |
| Empilhador | 3                         |

Como é possível concluir para o mesmo número de cargas a transportar é necessário menos um equipamento caso seja escolhido transportar o mesmo através do comboio logístico. Acrescentar a este resultado decidiu-se avaliar em concreto o tempo necessário para fazer todo este transporte de forma a perceber a ocupação dos equipamentos e se existe a possibilidade de transportar mais material sem a necessidade de adquirir mais equipamentos (Tabela 16).

Tabela 16 – Ocupação dos veículos

| Transporte | Tempo necessário (min) | Número mínimo de veículos | Ocupação (%) |
|------------|------------------------|---------------------------|--------------|
| Comboio    | 537,6                  | 1,12                      | 56 %         |
| Empilhador | 1363,2                 | 2,84                      | 94%          |

Conclui-se que se a opção escolhida fosse a aquisição de dois comboios, estes só estariam ocupados 56% do tempo disponível e se necessário poderiam ainda ser utilizados em outros transportes, enquanto que se a escolha fosse os 3 empilhadores estes estariam praticamente saturados a nível de ocupação

O cálculo do número mínimo de veículos para cada um dos transportes, não serve de base para a decisão de qual escolher, visto que não é possível afirmar qual dos dois é que implica menos custos à empresa. Decidiu-se seguidamente avaliar os custos que cada um acarreta à empresa na fase inicial, bem como mensalmente. Os custos de operações, nomeadamente custos energéticos, não foram considerados devido à variedade e características de cada equipamento de transporte. É de salientar, que por questões de confidencialidade, utilizou-se um fator multiplicativo nos valores da Tabela 17.

Tabela 17 - Comparação de custo entre empilhador e comboio

|                               | Empilhador | Comboio |
|-------------------------------|------------|---------|
| Custos Iniciais               | 0          | 6250    |
| Aluguer (mensal)              | 175        | 150     |
| Custos de manutenção (mensal) | 50         | 50      |

Através da Tabela 17, percebe-se que foram usados dados de aluguer de equipamentos (empilhadores e trator do comboio) para efeitos de cálculos, mas que no caso do comboio logístico existe um investimento inicial a nível de construção das carruagens necessárias. Para este problema, já considerada a compra de 25 carruagens para possibilitar ter 5 em cada uma das 4 estações existentes, permitindo a previa preparação de cargas, e mais 5 em constante movimentação. Em seguida, avaliou-se os custos num período de dois anos para a empresa, e qual a diferença entre cada um dos meios de transporte (Figura 43).

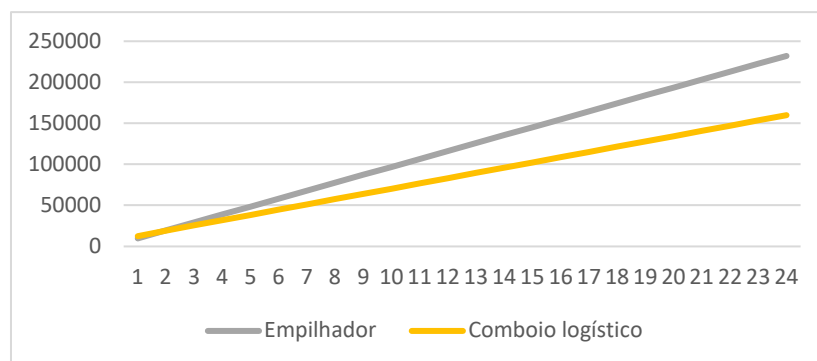


Figura 43 - Custos acumulados do empilhador e o comboio logístico

Conclui-se através da Figura 43 que o empilhador é o transporte mais económico numa fase inicial, mas após o 2º mês, o transporte por comboio logístico passa a ser o que menos custos tem para a empresa. Ao final dos 2 anos (24 meses), conclui-se que o uso do comboio logístico faz com que a empresa reduza em aproximadamente 31% os custos em relação ao uso dos empilhadores.

### 3.5.4 Desenho

Tendo dois comboios logísticos como ponto de partida, começou-se a avaliar o funcionamento de ambos os veículos. Uma das grandes restrições colocada, após a definição do número de veículos, foi a divisão das rotas por produto acabado e por produtos intermédio, ou seja, não ter o fluxo do módulo F6 para o armazém de expedição (produto acabado) na mesma rota do fluxo F6 para o F2 (produto intermédio), isto pelo simples facto de estes usarem embalagens plásticas muito idênticas e, conseqüentemente, possa haver trocas de materiais. Outra condição que se teve em consideração, foi a necessidade de que a rota fosse cíclica, ou seja, que começasse e acabasse no mesmo local, repetindo-se ao longo do tempo, isto é, standardizar a rota de forma a simplificar o método de trabalho para o operador logístico.

Para simplificar a análise, calculou-se o número de viagens necessárias fazer, em função da capacidade de transporte do comboio de 5 paletes (Tabela 18).

Tabela 18 - Resumo número de viagens necessárias

| Origem                     | Destino                | Viagens | Tempo viagem (min) |
|----------------------------|------------------------|---------|--------------------|
| F1                         | F6                     | 2       | 11                 |
| Armazém de Componentes /F2 | F6                     | 4       | 11                 |
| Armazém expedição          | F6                     | 4       | 12                 |
| F6                         | Armazém expedição      | 18      | 12                 |
| F6                         | Armazém de Componentes | 4       | 11                 |

Na Tabela 18 podemos verificar que o grande fluxo que existe é do módulo F6 para o armazém de expedição, tal como está demonstrado na Figura 44 .

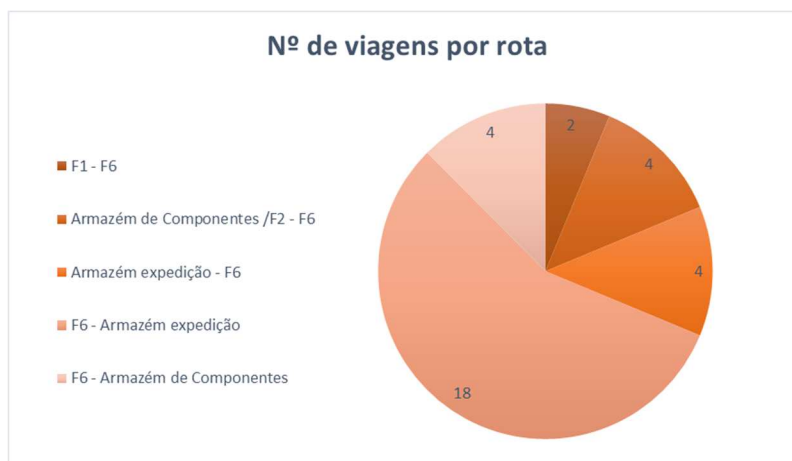


Figura 44 - Gráfico de pizza dos fluxos

Avaliou-se de seguida se era possível realizar este fluxo apenas por uma rota, em que o comboio faria o trajeto entre armazém de expedição e o módulo F6, onde transportava embalagens de cartão e embalagem retornável. No retorno do F6 para o armazém de expedição transportaria produto acabado. As necessidades dessas rotas estão descritas na Tabela 19.

Tabela 19 - Fluxos entre armazém de expedição e F6

| Rota                      | Viagens necessárias | Tempo/ viagem (min) | Tempo total necessário |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| F6–Armazém de expedição   | 18                  | 12 min              | 216 min                |
| Armazém de expedição – F6 | 5                   | 12 min              | 60 min                 |

Como é possível verificar, para cumprir o tramo F6 – armazém de expedição são necessários 216 minutos. Caso o comboio apenas fizesse este tramo e regressa-se ao ponto de partida, transportando o necessário no caminho inverso, o tempo total para abastecer todos os materiais seria de 432 minutos cumprindo assim a janela horária definida, 480 minutos. Desta forma garante-se também que não haveria trocas entre o produto acabado e o produto intermédio.

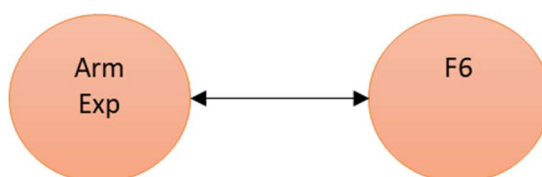


Figura 45 - Rota 1ª comboio

Com a primeira rota definida (Figura 45 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) é necessário validar a capacidade do segundo comboio cumprir as necessidades restantes. Construiu-se novamente uma tabela (Tabela 20) que resumisse a informação necessária.

Tabela 20 - Dados para a definição da rota do segundo comboio

| Rota                           | Viagens necessárias | Tempo/ viagem (min) | Tempo total necessário |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| F1- F6                         | 2                   | 11                  | 22                     |
| Armazém de Componentes/F2 – F6 | 4                   | 11                  | 44                     |
| F6 – Armazém de Componentes/F2 | 4                   | 11                  | 44                     |

Como é possível ver o tramo F1 – F6 tem metade da necessidade dos outros dois pelo que se decidiu que, em cada rota o comboio deveria de fazer uma vez esta rota e duas vezes as restantes de forma a equilibrar a necessidade. Na Figura 46 está demonstrado a distribuição das rotas necessárias a percorrer.

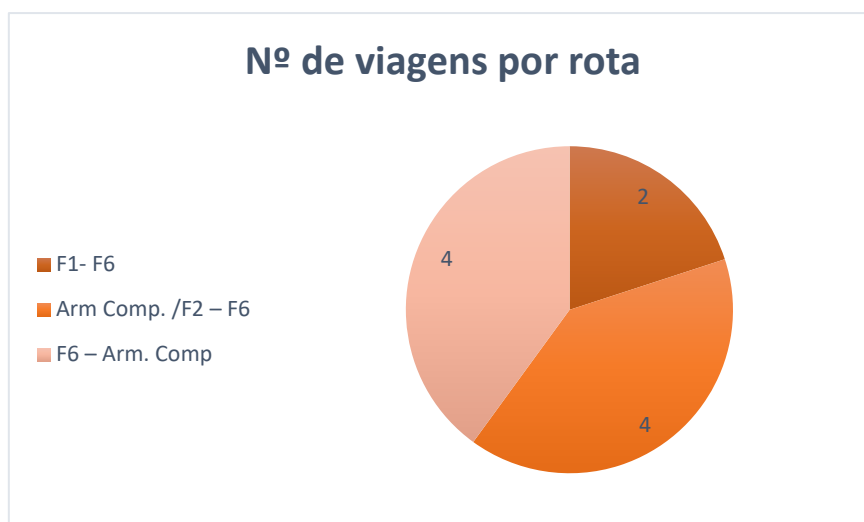


Figura 46 - Gráfico de pizza dos fluxos

Definiu-se então a rota que o veículo deveria fazer:

ARM. COMP. – F6 – ARM.COMP. – F6 – F1– F6 – ARM.COMP.

A rota definida tem um tempo de duração total de 77 minutos e satisfaz metade da necessidade do turno, sendo que são então necessárias duas rotas para cumprir com a procura. Estas duas rotas vão ser realizadas num tempo total de 144 minutos, ou seja, 30% do tempo disponível, podendo assim o operador logístico realizar outras tarefas no armazém de componentes que neste caso é o ponto de partida e chegada da rota.

Pode-se concluir que ainda existe a possibilidade de aumentar os volumes a transportar, pois os veículos não se encontram totalmente saturados, como é possível ver na Tabela 21.

Tabela 21 - Ocupação dos diferentes comboios logísticos

|           | Tempo disponível (min) | Tempo necessário (min) | Ocupação (%) |
|-----------|------------------------|------------------------|--------------|
| Veículo 1 | 480                    | 432                    | 90%          |
| Veículo 2 | 480                    | 144                    | 30%          |
| Total     | 960                    | 576                    | 60%          |

Concluiu-se que o método escolhido tem uma possibilidade de crescimento de 40%, sendo que o veículo 1 está quase saturado, mas o veículo 2 tem apenas 30% de ocupação. É de salientar que ao definir as rotas de uma forma empírica levou a que os veículos fiquem saturados em 60% e que se estes seguissem as rotas resultantes do modelo matemático estes ficavam com uma ocupação de 56%. Apesar desta perda de eficiência nas rotas escolhidas conseguiu-se as seguintes mais valias:

- Balanceamento das entregas – O material é entregue ao longo do turno faseado, ao contrário do modelo matemático
- Não existe mistura entre produto intermédio e o produto final
- Existe rotas cíclicas e fáceis de memorizar por parte dos condutores dos veículos

### Comboio logístico autónomo

A última fase deste trabalho consistiu na avaliação da possibilidade de que o comboio logístico fosse conduzido autonomamente. Para esta situação avaliou-se os custos de operação do comboio logístico com o AGV (veículo autónomo) e percebeu-se se era uma solução vantajosa para a empresa. Na Figura 47 está demonstrado os acumulados dos custos ao longo de quarenta e sete meses para as duas soluções.

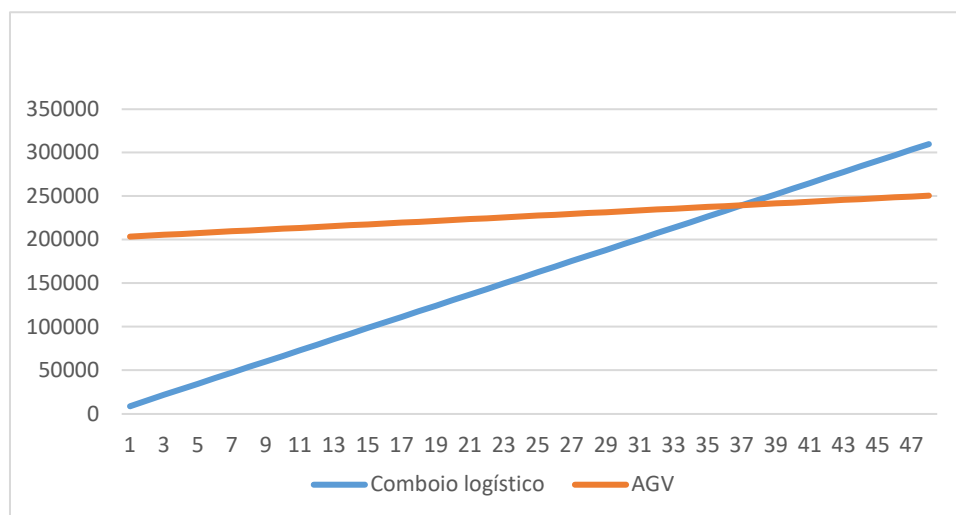


Figura 47 - Custos acumulados do comboio logístico VS AGV

Conclui-se que apesar do forte investimento inicial necessário para implementar a tecnologia AGV, percebe-se que a partir do trigésimo sétimo mês torna-se uma solução mais vantajosa para a empresa.

### 3.6 *Análise crítica*

A definição do número de veículos necessários, considerou os fundamentos usados também por autores como Caccalano (2015) e Vega (2014), que usam uma heurística do vizinho mais próximo, com vista a encontrar uma solução favorável aos problemas estudados, com o mesmo objetivo de minimizar ao máximo a distância percorrida, bem como o número de equipamentos necessários, que resultará numa redução de custos logísticos para a empresa. Tal como no trabalho apresentado por Tellini *et al.* (2019), a solução definida neste trabalho é suscetível de, após implementação, ser possível realizar inúmeras melhorias com vista a reduzir ainda mais os custos implicados. É de salientar também que o funcionamento do mesmo pode usar tecnologias RFID para organizar melhor os seus serviços, tal como menciona Gotthardt (2019).

No layout proposto para o novo edifício uma das premissas consistiu na centralização do processo de sobreinjeção de plástico, de modo a concentrar todos os recursos associados a este processo produtivo, nomeadamente, a mão de obra especializada e as áreas de serralharia de moldes. Com esta centralização torna-se possível a otimização de recursos humano e materiais, diminuindo os tempos de paragem por avaria e por setups e aumentando assim a eficiência de produção.

Apesar das vantagens apresentadas anteriormente este layout sacrifica o fluxo de materiais do fabrico de cabos de comando. Ao transferir o processo de sobreinjeção para o novo edifício, obriga a uma gestão mais complexa das necessidades dos materiais que vão abastecer as linhas de montagem, obrigando à criação de stocks. Assim, apesar desta unificação do processo ser vantajosa ao nível de sinergias técnicas, falha ao nível das sinergias de fluxos de material, contrariando a filosofia *lean* nomeadamente na metodologia de produção *one piece flow* que se foca no fluxo contínuo e sem existência de stocks intermédios.

# CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Trabalhos Futuros






## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 Conclusões

Ao longo dos tempos, o homem tem procurado as melhores, mais rápidas e mais eficientes formas de transporte. O mesmo acontece no mundo industrial, onde o custo de transporte de materiais tem um forte impacto no preço final dos componentes que, por sua vez, impacta diretamente na competitividade das instituições.

A realização deste projeto tinha como objetivo a definição do método de abastecimento de uma nova área fabril, tendo em conta dois requisitos apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Requisitos do projeto

| Requisitos   | Avaliação   |
|--|---|
| Satisfação total da necessidade do novo módulo                   |                     |
| Otimização dos recursos utilizados com vista a redução de custos | Solução favorável  |
| Implementação da solução apresentada                             |                    |

Tal como foi apresentado ao longo deste documento, o uso do comboio logístico consegue economizar os custos inerentes a este fluxo em 31%, em relação ao método tradicional. Acrescenta-se ainda que, através do uso do método matemático, conseguiu-se calcular o número mínimo de veículos necessários para cumprir o abastecimento, e que, mantendo o mesmo número de veículos, o comboio apresenta uma maior taxa de possibilidade de crescimento, o que significa que utilizando os mesmos recursos, a solução escolhida permite que o volume de abastecimentos possa crescer em cerca de 40%, crescimento esse proveniente de novos projetos ou alteração aos *layouts* atuais. Apesar da solução apresentada e devido a uma mudança de estratégia da direção da empresa o Layout das novas instalações foi alterado para uma solução onde este módulo se tornou autónomo e a implementação deste projeto não foi possível concluir.

## 4.2 *Trabalhos Futuros*

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, foi também abordada a possibilidade de uso de um veículo que se desloca automaticamente (AGV – *Automatic Guided Vehicle*). Os custos desta tecnologia são bastantes altos em relação ao comboio logístico conduzido por um operador, como é possível ver mais adiante. Por este motivo, a empresa decidiu que não poderia no momento ter este investimento, visto já ter um forte investimento na nova nave fabril. Mesmo assim, o estudo económico foi feito, em relação ao comboio logístico, e será sempre uma solução possível de implementar na empresa. Esta tecnologia apresenta as seguintes vantagens:

- Funcionamento contínuo e sem quebras de desempenho.

Sendo um equipamento, este pode trabalhar constantemente sem paragens, apenas tendo que parar para carregar/substituir baterias ou em caso de avaria.

- Segurança.

Através de inúmeros sensores incluídos neste equipamento, é possível evitar vários tipos de acidentes com o equipamento, cargas e pessoas.

- Redução de custos operacionais.

Sendo um veículo autónomo, este não implica um operador logístico para o seu manuseamento.

- Possibilidade de trabalho em condições severas.

Pode ser idealizado para trabalhar em condições severas como, por exemplo, temperaturas negativas.

Pode-se concluir através do estudo demonstrado no capítulo anterior que inicialmente existe um grande investimento para implementar os AGVs na empresa, mas que a partir do 37º mês é uma solução mais económica em relação ao comboio logístico e que reduzida os custos para a empresa.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

AFIA. (2018). Indústria de Componentes para Automóveis. Retrieved from [https://afia.pt/wpcontent/uploads/2018/05/AFIA\\_IndCompAuto\\_20180416.pdf](https://afia.pt/wpcontent/uploads/2018/05/AFIA_IndCompAuto_20180416.pdf)

AICEP. (2016). Indústria automóvel e componentes. Portugalglobal, 66.

Andelković (2017). *Implementation of Just-in-sequence concept in automotive industry - Comparison of Austrian and Serbian model*, Sérvia: Industrija, vol. 45.

Assad, A. A. (1988). Modeling and implementation issues in vehicle routing. In B. L. Golden & A. A. Assad (Eds.), *Vehicle routing: methods and studies* (pp. 7-46) Amsterdam: Elsevier Science Publisher.

Brar, G. S., & Saini, G. (2011). Milk run logistics: Literature review and directions. In Proceedings of the World Congress on Engineering, WCE 2011, Vol. 1, 797–801.

Cacalano L., Cunha, C. (2015). *Routing of vehicles for material delivery to assembly lines. Gestão da produção, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 846-860, http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1294-15*

Coimbra, E. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. New York: McGraw-Hill Education.

Cormen, Thomas H. (2009). Algoritmos: teoria e prática. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Elsevier

Costa T., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P. 2017. *Improve the extrusion process in tire production using six sigma methodology*. Procedia Manufacturing, Vol. 13, 1104-1111.

CSMP,(2020) Retrieved from <https://cscmp.org/>

Deloitte. (2018). Estudo do Cluster da Indústria Automóvel em Portugal. Retrieved December 6, 2018, from: [http://www.mobinov.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=139:estudo-do-cluster-da-industria-automovel-emportugal&catid=88&lang=pt&Itemid=967](http://www.mobinov.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=139:estudo-do-cluster-da-industria-automovel-emportugal&catid=88&lang=pt&Itemid=967)

Eaidgah, Y., Maki, A.A., Kurczewski, K. and Abdekhodae, A. (2016), "*Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach*", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 7 No. 2, pp. 187-210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>

Ferreira, C., J. C. Sá, L. P. Ferreira, Lopes, M. P., Pereira, T., L. P. Ferreira, F. J. G Silva, (2019). *iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools*. Procedia Manufacturing. 41. 1095-1102. 10.1016/j.promfg.2019.10.038.

- FICOSA (2020) Retrieved from <https://www.ficosa.com>
- FCT (2020) Estratégia Nacional de investigação e inovação para uma especialização inteligente  
Retrieved from [https://www.fct.pt/esp\\_inteligente/docs/Automoveis\\_ENEI\\_Evora.pdf](https://www.fct.pt/esp_inteligente/docs/Automoveis_ENEI_Evora.pdf)
- Golz, J., Gujjula, R., Günther, H.-O., Rinderer, S., & Ziegler, M. (2012). *Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. Flexible Services and Manufacturing Journal*, 24(2), 119-141. [http://dx.doi.org/10.1007/s10696-011-9116\\_](http://dx.doi.org/10.1007/s10696-011-9116_)
- Gotthardt, S., Hulla M., Eder M., M., Karrea H., Ramsauer C. (2019). *Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line*. *Procedia Manufacturing*, Vol. 31, 175-179.
- Helms, M.M. and Nixon, J. (2010), "Exploring SWOT analysis – where are we now? A review of academic research from the last decade", *Journal of Strategy and Management*, Vol. 3 No. 3, pp. 215-251. <https://doi.org/10.1108/17554251011064837>
- Hoyle, D. (2000). *Automotive Quality Systems Handbook. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* (Vol. 215). <https://doi.org/10.1243/0954407011528509>.
- Mentzer, J. T., Soonhong, M., & Bobbitt, L. M. (2004). Toward a unified theory of logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(8), 606–627.
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurinc, I. (2016). Standardization - one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, Vol. 149, 329-332.
- Monteiro, M. (2018). *Melhoria da logística interna com recurso a comboios logísticos na indústria de aglomerados de cortiça*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Nemoto, T. (2010). *Milk-Run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand*, *Procedia Social and Behavioral Sciences*. Vol 2, 5980-5989.
- Oica. (2019). World motor vehicle production by country and type. Retrieved from <http://www.oica.net/wp-content/uploads/By-country.pdf>
- Oica. (2020a). Production Statistics | OICA. Retrieved from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>
- Oica. (2020b). PROVISI REGISTRATIONS OR SALES OF NEW VEHICLES-ALL TYPES. Retrieved from <http://www.oica.net/wp-content/uploads/Sales-allvehicles-2019.pdf>
- Phadermroda, B., Crowder, R. M., & Wills, G. B. (2016). *Importance-Performance Analysis based SWOT analysis*. *International Journal of Information Management*. Vol. 44, 194-203.
- Pisinger, D., & Røpke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research*, 34(8), 2403-2435. <https://doi.org/doi:10.1016/j.cor.2005.09.012>.

- Porter. (1990). The competitive Advantage of Nations. Havard Business Review.
- R.Tague, N. (2005). *The Quality Toolbox, Second edition*.
- Ribeiro, P., Sá J. C., Ferreira L.P., Silva F.J.G.,Pereira M.T.,Santos G., (2019): *The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study*, Procedia Manufacturing, Vol.38, 765-775.
- Rother, M. & Shook, J., 1999, Learning to see. Brockline, Massachuselts, USA
- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge, USA: Lean Enterprise Institute, ISBN: 0-9667743-0-8.
- S.Pande, Peter ; P.Neuman, Robert; R.Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way*.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Tadeu, A. 2019, *Processo de industrialização numa empresa do setor automóvel*. Tese de mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Tellini T., Silva F. J. G., Pereira T., Morgado L., Campilho R. D. S. G., Ferreira L. P. (2019). *Improving In-Plant Logistics Flow by Physical and Digital Pathways*. Procedia Manufacturing. Vol.38, 965-974.
- Vega D., Marquez, M., Moreno A., Silva, J.E.A.R., Vidal Vieira, J. (2014). *Roteamento de veículos com entregas fracionadas e coleta simultânea: uma aplicação para a logística interna*. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional XLVI.
- Wu, L., & Cunha, C. B. (2008). O problema da roteirização periódica de veículos. *Transporte*, 16(1), 5-16
- Womack, James, Jones, Daniel T. (2003). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York, Free Press.
- Womack, James; Jones, Daniel e Roos, Daniel. 1990. *The Machine That Changed The World*. New Jersey: Simon & Schuster.
- Yoshiike, N., Takefuji, Y., (2002) "Solving vehicle routing problems by maximum neuron model", *Advanced Engineering Informatics*



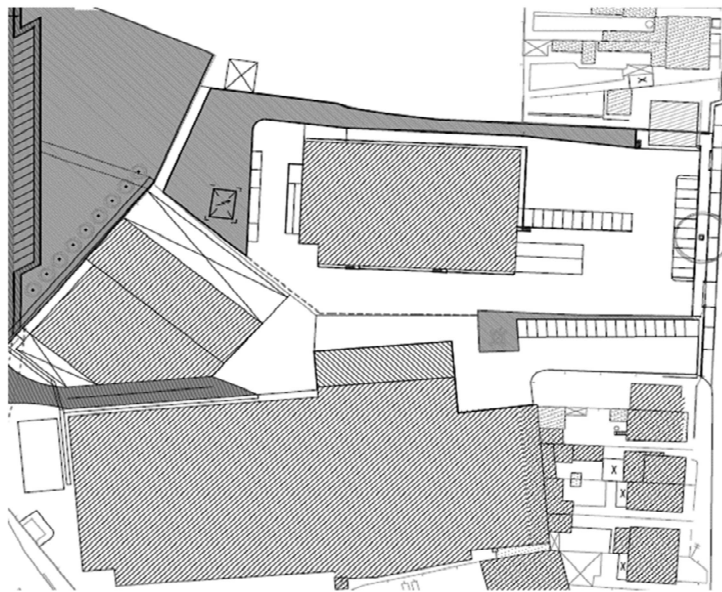
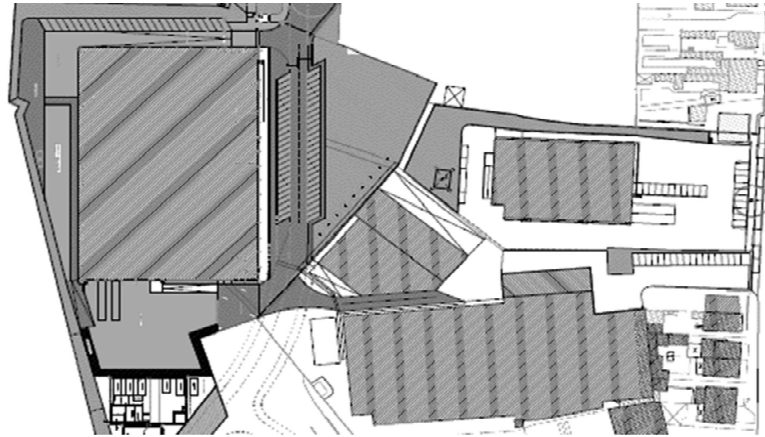
**ANEXOS**



## 6 Anexos



## 6.1 *Layout instalações principais*





## 6.2 Fotografia novo edifício

