isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DEFINITIVO

Implementação da metodologia SMED em linha de extrusão do sector automóvel

Autor

Bruno Miguel Santos Ferreira

Orientador

Prof. Doutor Luís Filipe Borrego

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio 2021

isec
Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Implementação da metodologia SMED em linha de extrusão do sector automóvel

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

Bruno Miguel Santos Ferreira

Orientador

Prof. Doutor Luís Filipe Borrego

Supervisor na empresa COFICAB Guarda

Eng. João Agostinho

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, maio 2021

AGRADECIMENTOS

Estou inteiramente grato a todos aqueles que deram o seu contributo e que acreditaram nas ninhas capacidades para realizar este trabalho, expresso assim a minha gratidão:

Ao Professor Luís Borrego pela sua orientação, total apoio, disponibilidade, pelo saber que transmitiu, pelas suas opiniões críticas, total colaboração no solucionar dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização deste trabalho.

À COFICAB pela oportunidade de realizar o estágio nas suas instalações.

Ao meu supervisor da empresa Eng. João Agostinho pelo apoio e orientação ao longo de todo o estágio, bem como a todos os colaboradores da empresa pela simpatia e por terem tornado fácil a minha inserção na empresa.

A todos os docentes do Departamento de Engenharia Mecânica que contribuíram para a minha formação académica.

A todos os amigos, por todo o companheirismo durante estes anos de universidade.

Quero agradecer, em especial, há minha família e namorada pelo incentivo e apoio que me deram ao longo desta jornada.

E ainda a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho só foi conseguido com a vossa colaboração

O meu sincero agradecimento.

RESUMO

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo aluno no Estágio Curricular, integrado no Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos.

Este foi realizado na empresa COFICAB Guarda. A COFICAB Guarda é a segunda fábrica do grupo COFICAB, um grupo multinacional e líder mundial do ramo, instalada em Portugal e no distrito da guarda.

Esta unidade fabril teve o seu início no final do ano de 2019, tendo o aluno integrado as equipas que procederam ao arranque da mesma.

O estágio decorreu no âmbito da área da Performance Industrial, tendo as tarefas realizadas ao longo do estágio incidido numa primeira fase no *Commissioning*[1] de novas linhas de extrusão, industrialização e localização de produtos.

Num mercado cada vez mais competitivo e industrializado, é essencial que as empresas apostem na otimização dos seus processos produtivos, na diminuição de custos e no aumento da qualidade dos seus produtos de forma atingirem os seus objetivos. Neste âmbito, numa segunda fase do estágio, considerou-se fundamental a aplicação da Metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), uma ferramenta do *Lean Manufacturing*, com o intuito de se procurarem reduzir os tempos de *set-up* das linhas de produção da empresa, tornando os processos operativos mais rápidos e flexíveis.

A realização do estágio proporcionou uma aproximação e experiência no mercado de trabalho, permitindo ainda perceber a dinâmica de uma empresa multinacional, e pôr em prática as competências adquiridas ao longo do curso.

Palavras-Chave: SMED – *Single Minute Exchange of Die*; *Set-up*; *Lean Manufacturing*; Redução dos tempos de *set-up*; Otimização dos processos produtivos; *Commissioning*.

[1] ***Commissioning***: É o processo de garantir que todos os sistemas e componentes de um equipamento são projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com os requisitos operacionais do proprietário e dos inquilinos.

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe the activities developed by the student during the internship integrated in the Master´s Degree in Mechanical Engineering – Specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment.

The internship was held at COFICAB Guarda. COFICAB Guarda is the second factory of the COFICAB group, a multinational group and world leader in the wire and cable for the automotive industry, installed in Portugal and in the Guarda district.

This plant started at the end of 2019, with the student being part of the teams that started it up.

The internship was carried out in the area of Industrial Performance and the tasks executed were, in a first phase, focused on the Commissioning[1] of new lines of extrusion, industrialization and product location.

In an increasingly competitive and industrialized market, it is essential that companies focus on the optimization of the production processes, on reducing the costs and increasing the quality of their products in order to achieve their goals. In this context, in a second stage of the internship, the application of the SMED Methodology (Single Minute Exchange of Die), which is a Lean Manufacturing tool, was considered fundamental in order to reduce the set-up times of the company´s production lines, making the operating processes faster and more flexible.

The internship provided a new experience and a broader view into the job market, allowing the student to understand the dynamics of a multinational company putting into practice the skills acquired throughout the course.

Keywords: SMED – Single Minute Exchange of Die; Set-up; Lean Manufacturing; Reducing set-up times; Optimization of the production processes; Commissioning.

[1] **Commissioning**: Is the process of ensuring that all the systems and components of the equipment are designed, installed, tested, operated and maintained according to the operational requirements of the owner and tenants.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS i
RESUMO ii
ABSTRACT iii
ÍNDICE iv
ÍNDICE DE FIGURAS vi
ÍNDICE DE TABELAS viii
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS ix
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. Objetivos 1
1.2. Estrutura do relatório 1
2. INDÚSTRIA 2
2.1. Indústria automóvel 2
2.1.1. A cadeia de abastecimento automóvel 6
2.1.1. Indústria automóvel em Portugal 8
3. A COFICAB 10
3.1. Apresentação da empresa 10
3.2. Missão e Visão 12
3.3. Clientes e Homologações 12
3.4. Certificações 14
3.5. Processo Produtivo 14
3.5.1. Trefilagem 14
3.5.2. Torção 16
3.5.3. Extrusão 17
3.6. Gama de produtos 20
4. Revisão da Literatura 21
4.1. Lean Manufacturing 21
4.1.1. História 21
4.1.2. Conceito *Lean*, princípios e desperdícios 25
4.1.3- Ferramentas *Lean Manufacturing* 28
4.2. SMED – *Single minute exchange of die* 35
4.2.1. História e conceito 35
4.2.3. Implementação da metodologia SMED 36

4.2.2. Vantagens da implementação do SMED 38
5. Atividades desenvolvidas durante o estágio 40
5.1. *Commissioning* de novas linhas de extrusão 40
5.2. Industrialização e localização de produtos; 40
5.3. Aplicação da Metodologia SMED a uma linha de extrusão 41
5.3.1 Seleção da máquina 41
5.3.2 Etapa 0 (Caracterização dos *set-up's*) 46
5.3.3 Etapa 1 (Levantamento de tempos e Identificação das Atividades Externas e Internas) 49
5.3.4 Etapa 2 (Converter Atividades Internas em Externas) 52
5.3.5 Etapa 3 (Reduzir ou Eliminar as Atividades Internas e externas) 55
5.3.6 Análise dos Resultados Obtidos 58
6. CONCLUSÃO 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Evolução do volume mundial de vendas de automóveis em milhões de unidades (Fonte: Triconsulte, 2016) 2
Figura 2- Produção mundial de carros de passageiros (Fonte: ACEA, 2018) 3
Figura 3- Produção mundial de veículos a motor por pais (Fonte: ACEA, 2018) 3
Figura 4- Principais fabricantes de automóveis em volume de vendas (fonte: www.statista.com/statistics/275520/ranking-of-car-manufacturers-based-on-global-sales/, acedido em: 11/01/2021) 4
Figura 5- Maiores Fabricantes de Componentes em 2015 (Fonte: www.autonews.com/assets/PDF/CA105764617.PDF, acedido em: 23/11/2020) 5
Figura 6- Estrutura da cadeia de abastecimento e suas interconexões (Fonte: Kapadia, 2018) 6
Figura 7- Cadeia de valor da Indústria Automóvel (Fonte: Inteli, 2003) 7
Figura 8- Volume de negócios e exportações (Fonte: AFIA, 2020) 8
Figura 9- Destino das exportações (Fonte: AFIA, 2020) 9
Figura 10- Evolução do grupo ELLOUMI (Fonte: COFICAB, 2019) 10
Figura 11- Evolução do grupo COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019) 11
Figura 12- Localizações COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019) 12
Figura 13- Clientes (Fonte: COFICAB, 2019) 13
Figura 14- Homologações – OEM's (Fonte: COFICAB, 2019) 13
Figura 15- Certificações (Fonte: COFICAB, 2019) 14
Figura 16 - Esquema linha de trefilagem (Fonte: COFICAB, 2019) 15
Figura 17- Cabrestantes (Fonte: Elaboração própria, 2019) 15
Figura 18- Representação do funcionamento das feiras de trefilagem (Fonte: COFICAB, 2019) 15
Figura 19- Recozedor (Fonte: Elaboração própria, 2019) 16
Figura 20- Esquema linha de torção (Fonte: COFICAB, 2019) 16
Figura 21- Raquete (Fonte: Elaboração própria, 2019) 17
Figura 22- Representação do funcionamento do conjunto raquete / feira (Fonte: COFICAB, 2019) 17
Figura 23- Representação linha de extrusão (Fonte: COFICAB, 2019) 17
Figura 24- Esquema Extrusora (Fonte: COFICAB, 2019) 18
Figura 25- Esquema fuso (Fonte: COFICAB, 2019) 18
Figura 26- Distribuidor (Fonte: Elaboração própria, 2019) 18
Figura 27- Representação do funcionamento guia / fieira (Fonte: COFICAB, 2019) 19
Figura 28- Produto range COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019) 20
Figura 29- Utilização dos fios "Data cable" num automóvel (Fonte: COFICAB, 2019) 20
Figura 30- Linha de produção Ford (Fonte: www.todoestudo.com.br/geografia/fordismo, acedido em: 9/05/2020) 21
Figura 31- Comparação entre os três sistemas de produção (Fonte: Ribeiro, 2015) 22
Figura 32- Estrutura do sistema de produção da Toyota (Fonte: Liker, 2006) 24
Figura 33- Ciclo da filosofia Lean (Fonte: Elaboração própria, 2019) 26
Figura 34- Relação entre os desperdícios e o valor acrescentado (Fonte: Pinto, 2009) 26
Figura 35- Oito desperdícios fundamentais (Fonte: Elaboração própria, 2019) 28

Figura 36- Exemplo de aplicação de um Poka-yoke (Fonte: https://br.pinterest.com/pin/722687071429563048/, acedido em: 20/07/2020) 30
Figura 37- Exemplo de aplicação Jidoka (Fonte: www.lean.org/lexicon/jidoka, acedido em: 5/08/2020) 31
Figura 38- Exemplo aplicação do Fluxo continuo de produção (Fonte: http://proflogistica.blogspot.com/2016/07/fluxo-continuo-de-materiais.html, acedido em: 5/08/2020) 31
Figura 39- Exemplo de aplicação Andon (Fonte: www.laboneconsultoria.com.br/o-que-e-andon/, acedido em: 6/08/2020) 33
Figura 40- Distribuição das diversas ferramentas/metodologias Lean por categorias (Fonte: Bidarra, 2011) 34
Figura 41- Descrição do tempo de set-up (Fonte: Brito et al, 2017) 35
Figura 42- SMED (Fonte: Sugai et al, 2007) 36
Figura 43- Esquema resumo da aplicação do SMED (Fonte: Shingo, 1985) 37
Figura 44- Adaptação da casa TPS para a metodologia SMED (Fonte: Kusar, et al., 2010) 38
Figura 45- Benefícios diretos e indiretos da metodologia SMED (Fonte: adaptado de Ferreira, 2017) 39
Figura 46- Exemplo de metodologia para a implementação do SMED (Fonte: Kusar, et al., 2010) 41
Figura 47- Esquema da linha de extrusão DEXT004 (Fonte: COFICAB, 2019) 42
Figura 48- Bobinadora (Fonte: Elaboração própria, 2019) 43
Figura 49- Compensador (Fonte: Elaboração própria, 2019) 43
Figura 50- Equipamentos de controlo (Fonte: Elaboração própria, 2019) 43
Figura 51- Calha de arrefecimento (Fonte: Elaboração própria, 2019) 44
Figura 52- Desbobinadora (Fonte: Elaboração própria, 2019) 44
Figura 53- Unidade de controlo (Fonte: Elaboração própria, 2019) 44
Figura 54- Extrusora e Estação de dosagem (Fonte: Elaboração própria, 2019) 45
Figura 55- Enfitadora (Fonte: Elaboração própria, 2019) 45
Figura 56- Máquina de talco (Fonte: Elaboração própria, 2019) 45
Figura 57- Distribuição em percentagem de tempo no set-up de mudança de bobine de alimentação de cada uma das atividades 51
Figura 58- Distribuição em percentagem de tempo no set-up de mudança de referência de alimentação de cada uma das atividades 51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Características da linha DEXT004 (Fonte: COFICAB, 2019)..... 42
Tabela 2- Atividades do set-up Mudança de bobine de alimentação..... 47
Tabela 3- Atividades do set-up Mudança de referência 48
Tabela 4- Tabela levantamento de tempos set-up Mudança bobine de alimentação 49
Tabela 5- Tabela levantamento de tempos set-up Mudança de referência 49
Tabela 6- Tabela estudo do set-up Mudança de bobine de alimentação 50
Tabela 7- Tabela do estudo do set-up de Mudança de referência 50
Tabela 8- Conversão das atividades internas em externas no set-up Mudança de bobine de alimentação 52
Tabela 9- Otimização apos aplicação da etapa 2 no set-up Mudança de bobine de alimentação 53
Tabela 10- Conversão das atividades internas em externas no set-up Mudança de referência 54
Tabela 11- Otimização após aplicação da etapa 2 no set-up Mudança de referência..... 55
Tabela 12- Melhoria prevista após aplicação da etapa 3 no set-up de mudança de bobine de alimentação 56
Tabela 13- Otimização após aplicação da etapa 3 no set-up Mudança de bobine de alimentação 56
Tabela 14- Melhoria prevista após aplicação da etapa 3 no set-up de mudança de referência 57
Tabela 15- Otimização após aplicação da etapa 3 no set-up Mudança de referência..... 57

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

SMED - Single Minute Exchange of Die

OICA - Organization of Motor Vehicle Manufacturers

ACEA - European Automobile Manufacturers Association

OEM - Original Equipment Manufacturer (Fabricante de Equipamento Original

TIER - Fornecedor

AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel

PIB - Produto Interno Bruto

AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal

COF TN - Coficab Tunisia

COF PT - Coficab Portugal

COF GR - Coficab Guarda

PVC - Policloreto de vinil

PP - Polipropileno

PE - Polietileno

PUR - Poliuretano

I&D - investigação e desenvolvimento

ISO - Organização Internacional de Normalização

1. INTRODUÇÃO

A indústria automóvel assume uma importância decisiva na economia mundial, nesta atuam diversos intervenientes, nomeadamente construtores, fornecedores, clientes e estruturas de apoio. Ao longo dos últimos anos, a indústria automóvel tem vindo a sofrer mudanças significativas, apresentando uma constante evolução. A competição entre as diferentes marcas é permanente e as empresas que não acompanham a mudança acabam por perder clientes e consequentemente quota de mercado. Num mercado cada vez mais competitivo e industrializado, é essencial que a aposta das empresas passe pela otimização dos seus processos produtivos, diminuição de custos e aumento da qualidade dos seus produtos.

1.1. Objetivos

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo aluno no Estágio Curricular, integrado no Mestrado em Engenharia Mecânica, Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos.

Este foi realizado na empresa COFICAB Guarda – Companhia de fios e cabos, Lda., empresa multinacional e líder mundial do ramo com sede no distrito da Guarda, tendo a duração de sete meses, decorridos entre 14 de setembro de 2019 e 31 de maio de 2020.

O estágio realizou-se no departamento de Performance Industrial tendo como objetivo:

- *Commissioning* de novas linhas de extrusão;
- Industrialização e localização de produtos;
- Aplicação da Metodologia SMED a uma linha de extrusão.

1.2. Estrutura do relatório

O relatório de estágio encontra-se subdividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo diz respeito à introdução, objetivos e estrutura do presente relatório. No segundo capítulo faz-se um enquadramento da indústria automóvel, indústria na qual se insere a COFICAB. No terceiro capítulo dá-se a conhecer a empresa onde foi realizado o estágio. O capítulo quatro tem como objetivo a exposição dos principais conceitos utilizados ao longo deste trabalho. No quinto capítulo são abordadas as atividades desenvolvidas durante o estágio. O sexto e último capítulo é reservado para a conclusão e reflexão do trabalho desenvolvido durante o estágio.

2. INDÚSTRIA

Neste capítulo é feito um enquadramento da indústria automóvel, sector no qual a COFICAB se insere, atuando como *tier*[2] 2 e por vezes *tier* 1.

Numa primeira parte é abordada a temática da indústria automóvel global, apresentado alguns dados e conceitos essenciais, como a cadeia de abastecimento.

Em seguida é feito um levantamento do panorama a nível nacional evidenciando alguns dados estatísticos que permitem analisar o *status* da indústria automóvel Portuguesa.

2.1. Indústria automóvel

A indústria automóvel de hoje é uma indústria altamente competitiva, com uma abrangência global, de fulcral importância na dinâmica da economia mundial sendo um dos principais motores responsáveis pelo crescimento dos países mais desenvolvidos e, é já, uma das indústrias mais importantes nas economias emergentes.

Recorrendo a dados da OICA (*Organization of Motor Vehicle Manufacturers*) torna-se evidente que o volume de vendas mundial de automóveis tem apresentado uma tendência de crescimento desde 2009, tendo desde essa altura um crescimento de cerca de 30%, como se pode ver na figura 1. A indústria automóvel é o maior motor de crescimento económico do mundo e se a indústria automóvel fosse um país, seria a sexta maior economia mundial. (Triconsulte, 2016)

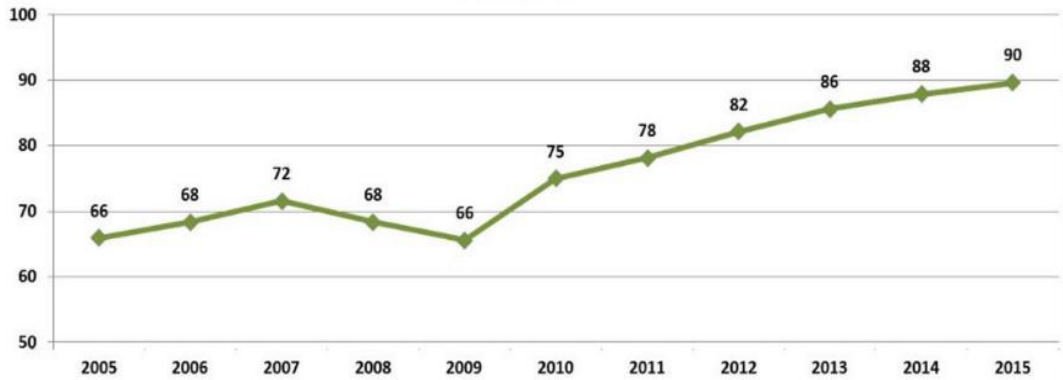

Figura 1- Evolução do volume mundial de vendas de automóveis em milhões de unidades (Fonte: Triconsulte, 2016)

[2]***Tier*:** É a nomenclatura usada na indústria para se referir aos fornecedores do fabricante de equipamento original (OEM)

A nível de emprego, além do que o sector gera diretamente no fabrico dos veículos e dos componentes que incorpora, estima-se que por cada posto de trabalho direto existam pelo menos 5 empregos indiretos de suporte à indústria automóvel, num total de mais de 60 milhões de postos de trabalho. Na Europa, a indústria automóvel emprega direta e indiretamente mais de 13,8 milhões de pessoas. (ACEA, 2019)

De acordo com os dados da European Automobile Manufacturers Association e como se pode ver na figura 2, em 2018 cerca de 80 milhões de carros de passageiros foram produzidos em todo o Mundo.

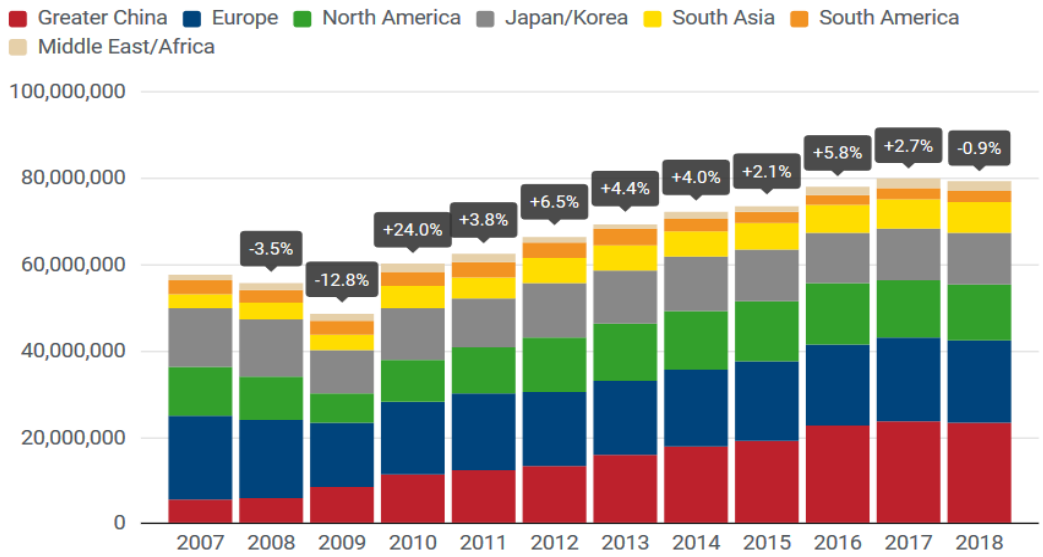

Figura 2- Produção mundial de carros de passageiros (Fonte: ACEA, 2018)

Atualmente, em termos volume de vendas de automóveis, a China ocupa a primeira posição, seguindo-se a União Europeia na segunda posição e os Estados Unidos ocupando o terceiro lugar como se pode concluir a partir da figura 3.

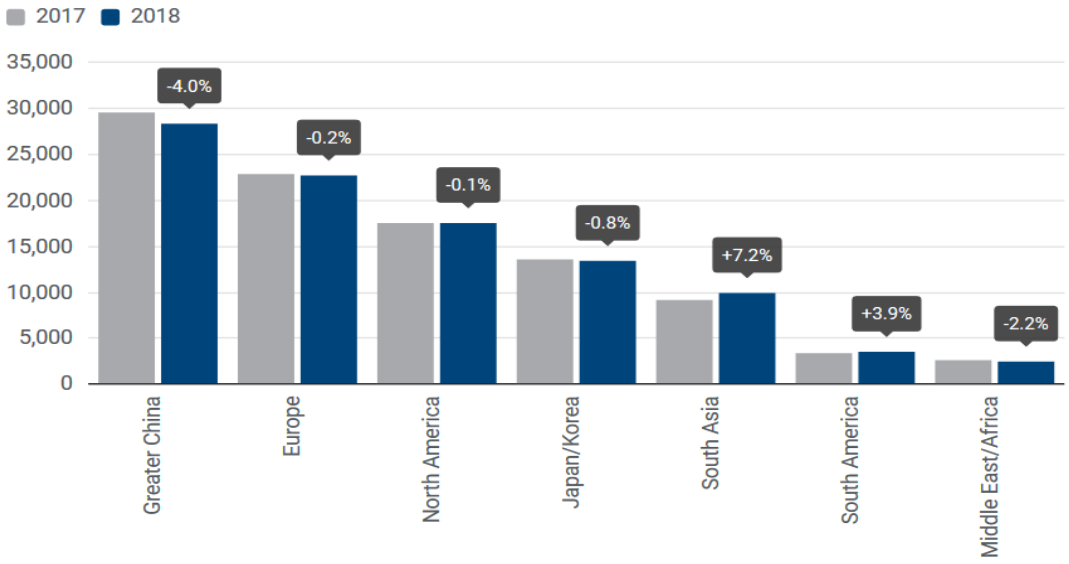

Figura 3- Produção mundial de veículos a motor por pais (Fonte: ACEA, 2018)

No que diz respeito aos fabricantes, em termos de volume de vendas de automóveis, em 2019 a Volkswagen lidera com mais de 10 milhões de unidades vendidas, seguindo-se a Toyota na segunda posição e a aliança Renault-Nissan-Mitsubishi ocupando o terceiro lugar, como se pode ver na figura 4.

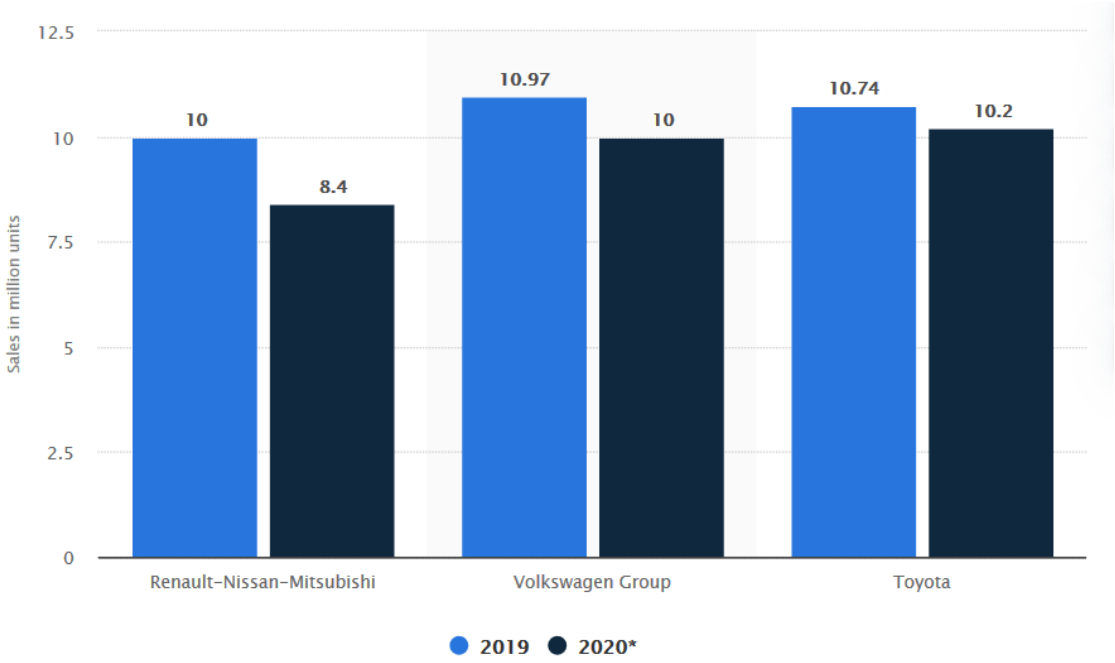

Figura 4- Principais fabricantes de automóveis em volume de vendas (fonte: www.statista.com/statistics/275520/ranking-of-car-manufacturers-based-on-global-sales/, acedido em: 11/01/2021)

Os fabricantes de automóveis de modo a obter maior produtividade e preços cada vez mais competitivos, recorrem a empresas que desenvolvem e produzem os componentes que irão incorporar os veículos.

Assim, no que diz respeito a fornecedores da indústria automóvel a Bosch, Denso e Magna destacam-se como alguns dos principais fornecedores, como se pode ver na figura 5:

2015 rank	Company	Address	Executive	Total global OEM automotive parts sales (dollars in millions) 2015		Total global OEM automotive parts sales (dollars in millions) 2014		Percent North America 2015	Percent Europe 2015	Percent Asia 2015	Percent rest of world 2015	Products	2014 rank
1	**Robert Bosch GmbH** (49) 711-811-0; bosch.com	Postfach 106050 Stuttgart D-70049, Germany	Volkmar Denner chairman	**$44,825**	e	$44,240	e	20	47	31	2	Gasoline systems, diesel systems, chassis system controls, electrical drives, starter motors & generators, car multimedia, electronics, steering systems, battery technology, exhaust gas turbochargers & treatment systems, service solutions	1
2	**Denso Corp.** (81) 566-25-5511; globaldenso.com	1-1 Showa-cho Kariya-Aichi, 448-8661, Japan	Nobuaki Katoh chairman	**36,030**	fe	32,365	fe	25	13	61	1	Thermal, powertrain control, electronic & electric systems; small motors, telecommunications	4
3	**Magna International Inc.*** (905) 726-2462; magna.com	337 Magna Drive Aurora, Ontario L4G 7K1, Canada	Donald Walker CEO	**32,134**		36,325		58	33	8	1	Body, chassis, exterior, seating, powertrain, electronic, vision, closure & roof systems & modules	2
4	**Continental AG** (49) 511-938-01; conti-online.com	Vahrenwalder Strasse 9 Hanover, 30165, Germany	Elmar Degenhart CEO	**31,480**		33,287		26	49	20	5	Advanced driver assistance systems, electronic brakes, stability management systems, tires, foundation brakes, chassis systems, safety system electronics, telematics, powertrain electronics, interior modules, instrumentation, technical elastomers	3
5	**ZF Friedrichshafen AG** (49) 7541-77-0; zf.com	Graf-von-Soden-Platz 1, Friedrichshafen Baden-Wuerttemberg 88046, Germany	Stefan Sommer CEO	**29,518**	f	22,192	f	28	47	22	3	Transmissions, chassis components and systems, steering systems, clutches, dampers, active and passive safety systems	9
6	**Hyundai Mobis** (82) 2-2018-5114; mobis.co.kr	679-4 SI Tower, Yeoksam1-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-977, Korea	Young Deuk Lim CEO	**26,262**	f	27,405	f	21	11	67	1	Chassis, cockpit & front-end modules; stability control steering, airbags, LED lamps, ASV parts, sensors, electronic control systems, hybrid car powertrains, parts & power control units	6
7	**Aisin Seiki Co.** (81) 566-24-8441; aisin.co.jp	2-1 Asahi-Machi Kariya, Aichi 448-8650, Japan	Kanshiro Toyoda chairman	**25,904**	f	26,522	f	19	9	71	1	Body, brake & chassis systems, electronics, drivetrain, &engine components	5
8	**Faurecia** (33) 1-72-36-70-00; faurecia.com	2 Rue Hennape Nanterre, 92735, France	Yann Delabriere chairman & CEO	**22,967**		25,043		27	54	15	4	Seating, emissions control technologies, interior systems, exterior components, modules & structural parts	7
9	**Johnson Controls Inc.** (414) 524-1200; johnsoncontrols.com	5757 N. Green Bay Ave. Milwaukee, WI 53201, USA	Alex Molinaroli chairman, president & CEO	**20,071**	f	22,041	f	50	39	8	3	Complete automotive seats & seat components	8
10	**Lear Corp.** (248) 447-1500; lear.com	21557 Telegraph Road Southfield, MI 48033, USA	Matthew Simoncini president & CEO	**18,211**		17,727		43	37	18	2	Seating & electrical distribution systems	10
11	**Valeo SA** (33) 1-40-55-20-20; valeo.com	43 Rue Bayen Paris, 75017, France	Jacques Aschenbroich CEO	**16,088**	e	16,878	e	22	49	27	2	Micro hybrid systems, electrical & electronic systems, thermal systems, transmissions, wiper systems, camera/sensor technology, security systems, interior controls	11
12	**Delphi Automotive** (248) 813-2000; delphi.com	5725 Delphi Drive Troy, MI 48098, USA	Kevin Clark president & CEO	**15,165**		16,002	e	37	35	25	2	Mobile electronics; powertrain, safety, thermal, controls & security systems; electrical/electronic architecture, in-car entertainment technologies	13
13	**Yazaki Corp.** (81) 0559-65-3002; yazaki-group.com	1500 Mishuku, Susono City Shizuoka Prefecture 410-1194, Japan	Shinji Yazaki president	**14,104**	e	15,200	e	28	–	–	–	Wiring harnesses, connectors, junction boxes, power distribution boxes, instrumentation, high voltage systems	14
14	**Sumitomo Electric Industries** (81) 6-6220-4141; sei.co.jp	5-33 Kitahama, 4-chome, Chuo-ku Osaka City, 541-0041, Japan	Masayoshi Matsumoto president & CEO	**13,510**	fe	12,384	f	25	–	–	–	Electrical distribution systems, electronics, connection systems	17
15	**JTEKT Corp.** (81) 52-527-1900; jtekt.co.jp	15th Floor, Midland Square, 4-7-1 Meieki Nakamura-ku, Nagoya 450-8515, Japan	Tetsuo Agata president	**11,670**	f	11,284	f	23	15	60	2	Bearings, steering systems, driveline systems and machine tools	19

Figura 5- Maiores Fabricantes de Componentes em 2015 (Fonte: www.autonews.com/assets/PDF/CA105764617.PDF, acedido em: 23/11/2020)

2.1.1. A cadeia de abastecimento automóvel

A cadeia de abastecimento automóvel é um sistema altamente complexo devido ao número elevado de parceiros, fornecedores (*tiers*), produtores, distribuidores, retalhistas e clientes e também devido ao grande número de componentes diferentes que são necessários para o produto final.

"As cadeias de abastecimento da indústria automóvel estão entre as mais complexas do mundo, em que cada veículo contém 20.000 peças originárias de milhares de fornecedores diferentes" (Kapadia, 2018).

A cadeia de abastecimento automóvel inclui todas as atividades de gestão do canal de vendas, distribuição, armazenamento, produção, transporte, fornecedores, e funções relacionadas com instalações (direta ou indiretamente) no fluxo de transformação de bens e serviços, desde a fase inicial de matérias-primas, até aos módulos de submontagem (componentes, peças, acessórios) aos produtos acabados (veículo) e entrega ao cliente (Lešková, 2012).

A cadeia de abastecimento automóvel é geralmente dividida em 3 níveis hierárquicos, como se pode ver na figura 6.

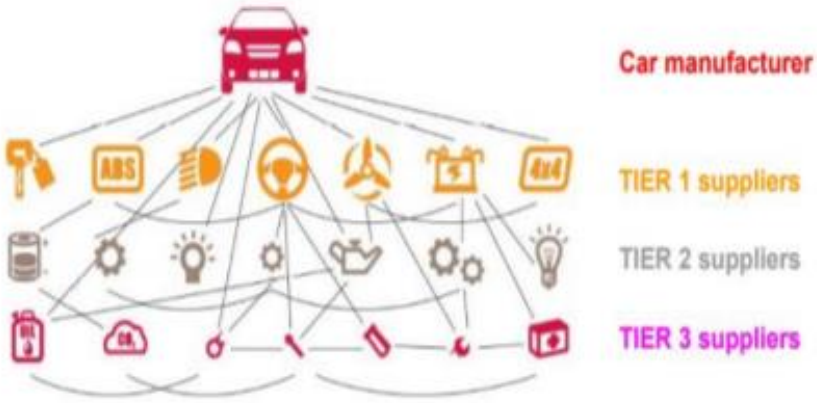

Figura 6- Estrutura da cadeia de abastecimento e suas interconexões (Fonte: Kapadia, 2018)

Fabricante de Equipamento Original (OEM)- Concentram a sua atividade na fabricação de motores, montagem, projeto de veículos e comercialização de produtos finais. Realizam pesquisas de marketing, desenvolvem e concebem as especificações do veículo, incluindo os seus módulos principais e sistemas, investindo na pesquisa, desenvolvimento e engenharia de processos. Cabe ao OEM programar o fornecimento de milhares de subconjuntos e componentes em veículos, com milhões de combinações possíveis. (Bonaparte, 2019)

Atualmente, os OEM´s terceirizam não apenas a fabricação, mas também o desenvolvimento de módulos completos. Assim, as empresas de serviços de engenharia desempenham um papel cada vez mais importante na rede de

desenvolvimento de novos carros. A maioria dos OEM´s cria 30 a 35% de valor internamente, os restantes 65% a 70% delega ao seu fornecedor. (Bonaparte, 2019)

Fornecedor de primeiro nível (*Tier 1*): Fabricam de acordo com a especificação e exigências dadas pelos OEM´s, projetam e montam os principais módulos e sistemas para montagem final. Geralmente, são produtores mundiais localizados globalmente, e fornecem módulos completos, como por exemplo painel de instrumentos, motor e assentos. Normalmente estão posicionados perto das fábricas de automóveis. (Bonaparte, 2019)

Fornecedor de segundo nível (*Tier 2*): São aqueles que fornecem peças para os módulos dos fornecedores de nível 1. São empresas com produção própria que se posicionam perto dos fornecedores de nível 1. (Bonaparte, 2019)

Fornecedor de terceiro nível (*Tier 3*): São produtores de matérias-primas e empresas de capacidade de fabricação de pequenas peças simples e componentes individuais (por exemplo, peças plásticas, peças metálicas, etc), que satisfazem principalmente as condições de qualidade e volume de fornecedores de nível 2. (Bonaparte, 2019)

Na figura 7 podemos ver o como funciona a cadeia da indústria automóvel, e a forma como os diferentes participantes interagem entre si.

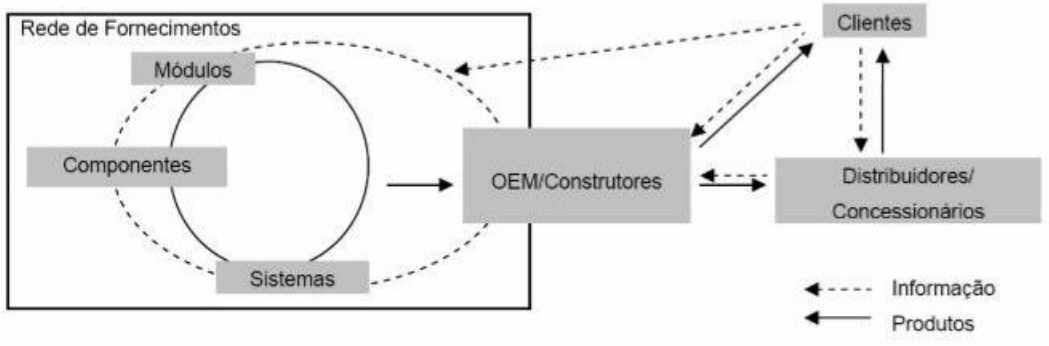

Figura 7- Cadeia de valor da Indústria Automóvel (Fonte: Inteli, 2003)

Realizando o paralelismo para a realidade da empresa onde foi realizado o estágio, podemos afirmar que a COFICAB atua normalmente como *tier* 2, visto que abastece as empresas de cablagem. Pontualmente, poderá atuar como *tier* 1 quando abastece diretamente o OEM.

2.1.1. Indústria automóvel em Portugal

Como em qualquer parte do mundo desenvolvido, também em Portugal, o sector da indústria automóvel assume uma elevada importância. Segundo a Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP, 2016) a indústria automóvel em Portugal é particularmente significativa, tendo um forte contributo no emprego e no PIB português.

As suas três principais áreas de atividade são o fabrico de moldes, o fabrico de componentes e o fabrico de viaturas automóveis.

Segundo dados da Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA, 2020), o sector de componentes para automóveis é o mais significativo, agregando cerca de 240 empresas, o que representa 59.000 postos de trabalho.

Em Portugal, a indústria dos componentes para automóveis gerou em 2019, segundo dados da AFIA (2020), um volume de negócios de 12 mil milhões de euros. O que representou, 6% do PIB, 8% do emprego da indústria transformadora e 16% das exportações nacionais de bens, contribuindo fortemente para a economia do país. No entanto, além do impacto direto, a indústria automóvel tem efeitos indiretos muito fortes, através duma extensa cadeia de subfornecedores e prestadores de serviços, sendo também uma importante fonte de atração de investimento direto estrangeiro (AFIA, 2012).

A indústria dos componentes é altamente exportadora, não dependendo exclusivamente da produção automóvel instalada em Portugal, ainda que seja um cliente estratégico, sendo que as exportações representam 9,7 mil milhões de euros do volume de negócios. Como se pode ver na figura 8.

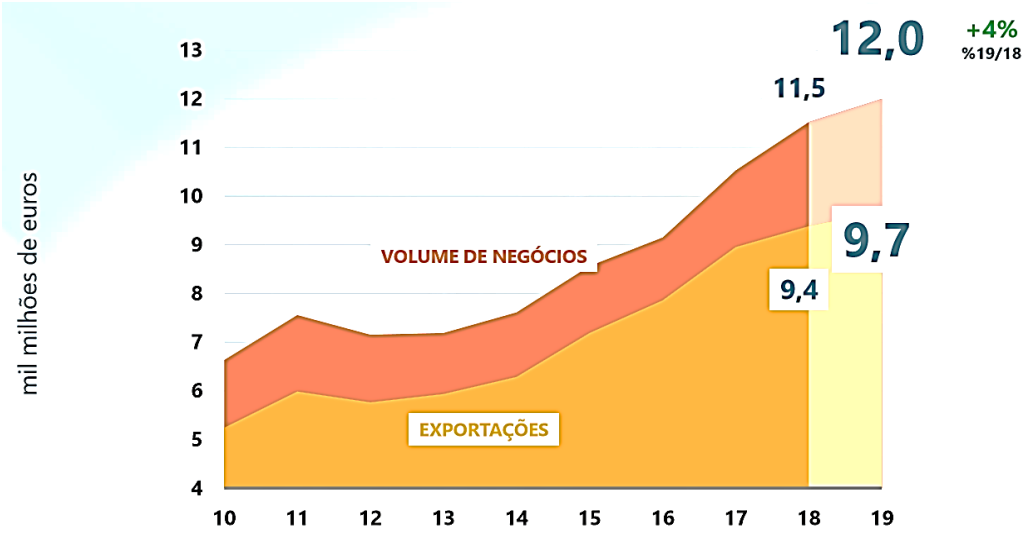

Figura 8- Volume de negócios e exportações (Fonte: AFIA, 2020)

Os principais mercados de exportação deste sector são Espanha, Alemanha, França e Reino Unido, como é visível na figura 9, o que demonstra a importância do mercado europeu para o sector.

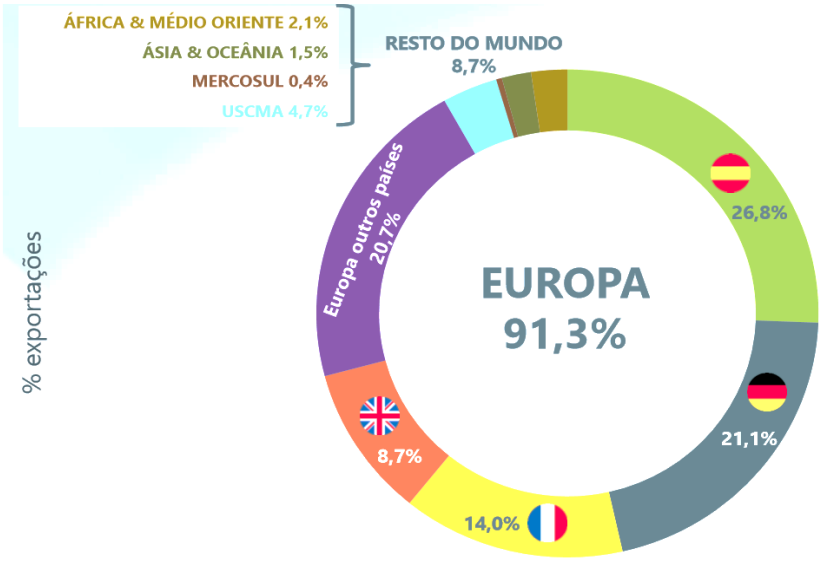

Figura 9- Destino das exportações (Fonte: AFIA, 2020)

De referir que o volume de negócios deste sector é mais elevado na atividade metalúrgica e metalomecânica (32%), seguida pela atividade elétrica e eletrónica (29%). Os plásticos e as borrachas dizem respeito a 19%, os têxteis e outros revestimentos a 10 %, a montagem de sistemas a 8% e as outras atividades a 2%. A maior parte das empresas deste sector produz componentes e acessórios para veículos automóveis, mais especificamente 48,5%. De seguida, surgem as empresas, cerca de 14,5%, que produzem artigos de matérias plásticas, e cerca de 6% das empresas produz artigos de borracha. Cerca de 51% das empresas instaladas em Portugal têm capital maioritariamente estrangeiro, enquanto as restantes 49% apresentam capital maioritariamente nacional.

Em termo de localização, a maior parte das empresas deste sector encontra-se no Norte do país, nos distritos de Aveiro, Porto e Braga. Isto deve-se ao facto de o custo da mão de obra e dos terrenos ser menor no Norte, gerando um fator de atração á fixação empresarial. Alem disso, permite uma maior proximidade a grandes fábricas de automóveis, como a Renault e a PSA. (AICEP, 2016)

3. A COFICAB

Nesta parte do trabalho será dada a conhecer a empresa onde foi realizado o estágio, sendo esta uma empresa do setor automóvel que se dedica ao fabrico de componentes, mais concretamente fios e cabos.

3.1. Apresentação da empresa

A COFICAB integra o grupo ELLOUMI, fundado em 1946 pelo Sr. Taoufik Elloumi na Tunísia. Este grupo foi desenvolvendo-se e constituindo um vasto império empresarial, que vai desde fios elétricos para automóveis, até ao setor imobiliário, passando por utensílios de cozinha, telecomunicações, indústria agrícola e de transformação alimentar.

Na figura 10 podemos observar a evolução do grupo ELLOUMI.

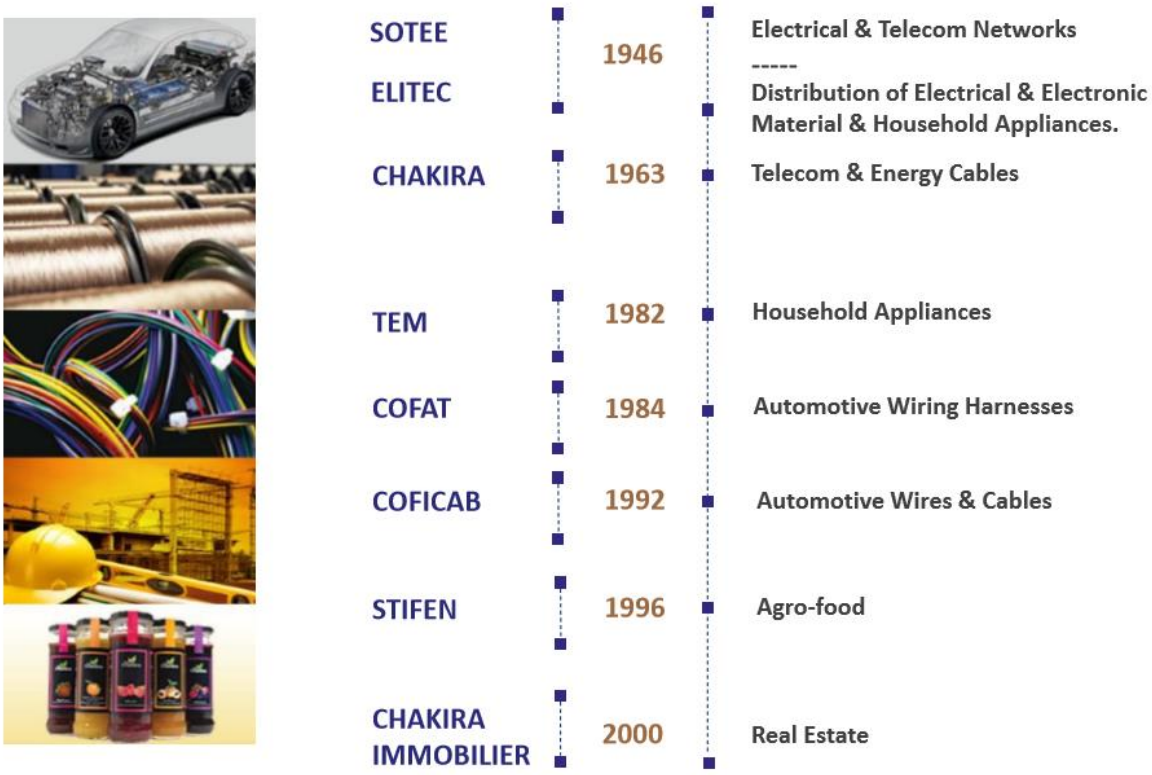

Figura 10- Evolução do grupo ELLOUMI (Fonte: COFICAB, 2019)

No ano de 1992, a COFICAB abre a sua primeira unidade industrial na Tunísia (COF TN). No ano seguinte com base numa estratégia de expansão é inaugurada a COFICAB Portugal (COF PT) na cidade da Guarda. A implantação da COFICB na cidade da Guarda, esteve fundamentalmente associada ao crescimento das atividades de cablagens na Península Ibérica, sendo atraída para a cidade devido ao

seu principal cliente, a Delphi, cuja presença na Guarda durou até à primeira década dos anos 2000.

Ao longo das 2 últimas décadas, o Grupo COFICAB teve uma expansão global, com presença em 4 continentes como evidencia a cronologia da Figura 11.

Figura 11- Evolução do grupo COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019)

Desde a sua fundação em 1992, a COFICAB tem-se concentrado numa produção de alta eficiência, qualidade e grande volume, bem como em servir melhor os seus clientes.

As equipas da COFICAB mantêm-se no topo das tendências mundiais de cabos para a indústria automóvel para ajudar a sua empresa a manter-se à frente de um mercado em rápida evolução. A COFICAB e as suas equipas valorizam a inovação tecnológica sobretudo no seu trabalho diário. As fábricas da COFICAB estão convenientemente localizadas perto das fábricas dos seus clientes na Tunísia, Portugal, Marrocos, Roménia, Sérvia, México e China. Os Centros de Excelência em investigaçao e desenvolvimento (I&D) estão localizados na Tunísia, em Portugal e no México. A COFICAB tem também escritórios de vendas e representação na Alemanha, Índia, Coreia do Sul, Espanha, China e Estados Unidos, bem como centros logísticos na China, Honduras, Tunísia, Marrocos e Macedónia. (COFICAB, 2019). Como podemos ver na figura seguinte:

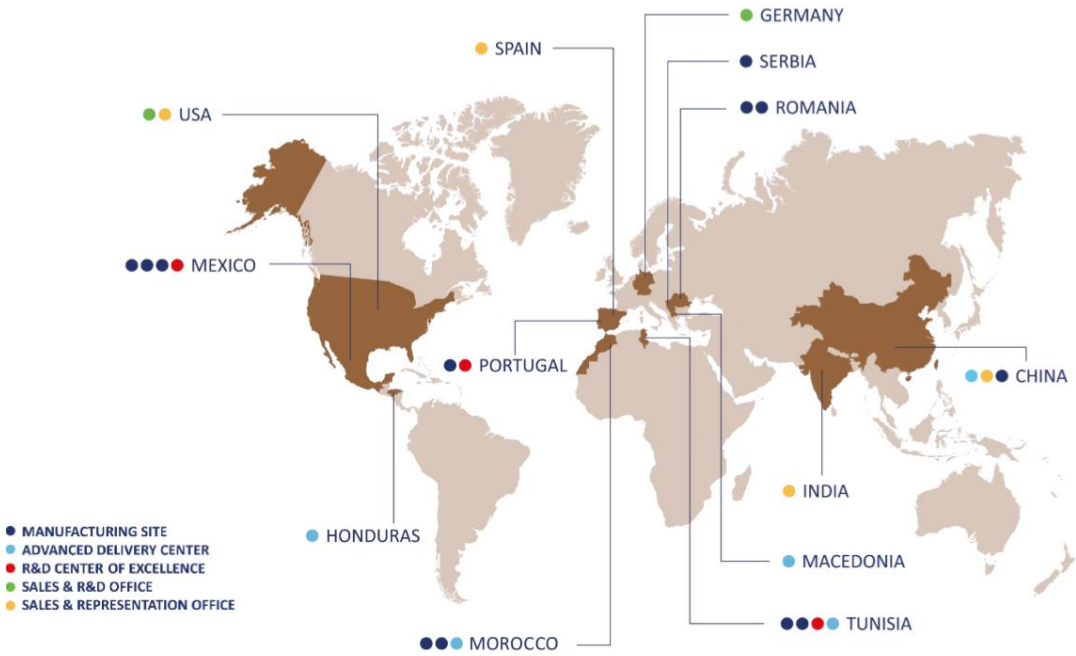

Figura 12- Localizações COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019)

3.2. Missão e Visão

- **Missão**

"Criar cabos para as futuras tecnologias do ramo automóvel, oferecendo aos nossos clientes soluções competitivas e inovadoras. Ser o melhor em termos de Qualidade, garantindo o total respeito pela Saúde, Segurança e Requisitos Ambientais. Ser um empregador de eleição e um parceiro confiável para todos os nossos investidores." (COFICAB, 2019)

- **Visão**

"Ser reconhecido como o melhor parceiro na indústria de cabos e fios automóveis, estar comprometido em exceder as expetativas dos nossos clientes, estar focado num crescimento sustentável, através de: Expandir a nossa presença global; Procurar a Tecnologia e Excelência; Partilhar Valores e Sucesso." (COFICAB, 2019)

3.3. Clientes e Homologações

A COFICAB é uma empresa internacionalizada que mantém relações económicas internacionais com vários países do continente Europeu e do Norte de África. Mais de 85% dos produtos fabricados pela COFICAB destinam-se às indústrias de cablagens para automóveis e, deste modo, a maioria dos seus clientes pertencem também ao ramo automóvel. Atualmente, a estratégia do Grupo COFICAB passa pela constante diversificação da sua carteira de clientes, alargando o leque a outros fabricantes de cablagens e fidelizando os existentes. A figura 13 mostra os principais Clientes da COFICAB.

Figura 13- Clientes (Fonte: COFICAB, 2019)

Os produtos produzidos pela COFICAB são vendidos diretamente aos seus clientes. Por conseguinte, os seus clientes vendem às marcas de automóveis, ou seja, para a COFICAB os seus clientes são considerados intermediários do cliente final.

Para que a COFICAB produza produtos que posteriormente serão vendidos pelos intermediários ao cliente final, os produtos têm que estar auditados e autorizados pelo consumidor final. Assim sendo, a figura 14 mostra as homologações dos clientes finais.

Figura 14- Homologações – OEM's (Fonte: COFICAB, 2019)

3.4. Certificações

Ao nível do sistema de gestão da Qualidade a empresa encontra-se certificada pela ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016 (referencial específico do sector automóvel).

Ao nível do sistema de gestão laboratorial, a empresa encontra-se certificada pela norma portuguesa NP EN ISO/ IEC 17025:2005, que cumpre com os requisitos de acreditação para laboratório de ensaio.

Em termos de sistema de gestão ambiental, a empresa efetuou a transição da certificação da norma internacional ISO 14001:2004 para a ISO 14001:2015. A COFICAB Portugal está ainda registada no EMAS (Sistema Comunitário de Eco-gestão e Auditoria). Em 2018 foi auditada e certificada segundo o novo regulamento 1505/2017. (COFICAB, 2019)

Podemos ver na figura 15 todas estas certificações.

Figura 15- Certificações (Fonte: COFICAB, 2019)

3.5. Processo Produtivo

Ao longo do seguinte subcapítulo será abordado o processo produtivo da empresa. Este é um processo complexo e com bastantes variáveis, deste modo serão apenas abordados os três principais e imprescindíveis processos para produzir fio e cabos: a trefilagem, torção e extrusão.

3.5.1. Trefilagem

A trefilagem é um processo que consiste na redução do diâmetro dos fios de cobre e cobre estanhado através de deformação plástica, o seu volume permanece o mesmo, o diâmetro diminui e o seu comprimento aumenta.

Podemos ver na imagem seguinte o modelo de uma linha de trefilagem que é habitualmente constituída por: *pay-off* / cestos, trefiladora (conjunto cabrestantes e fieiras), recozedor e bobinadoras.

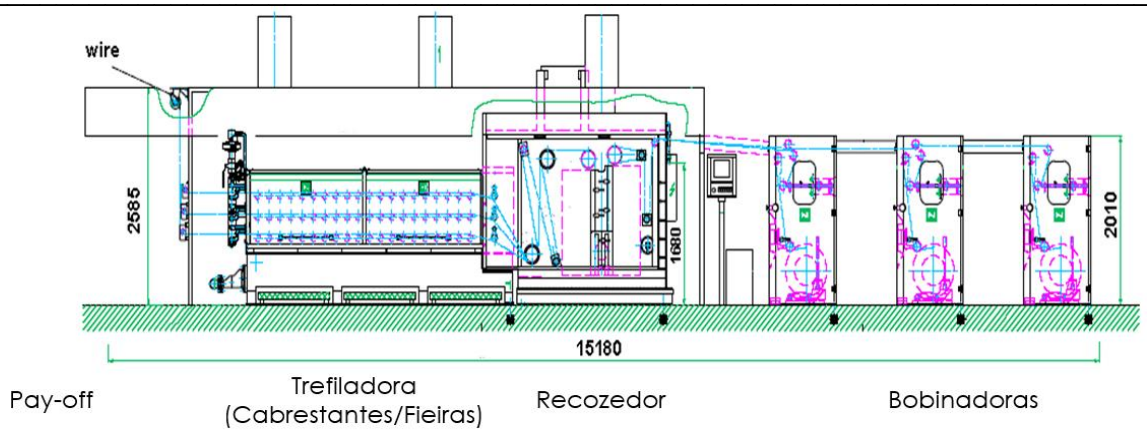

Figura 16 - Esquema linha de trefilagem (Fonte: COFICAB, 2019)

Um conjunto de fios, fornecidos pelas *pay-off's*, entram na trefiladora onde são puxados por cabrestantes e forçados a passar por fieiras diamantadas que reduzem sucessivamente o seu diâmetro até obter a secção pretendia. Nas figuras seguintes é possível observar os cabrestantes no interior da trefiladora e a forma como as fieiras vão reduzindo sucessivamente o diâmetro do fio.

Figura 17- Cabrestantes (Fonte: Elaboração própria, 2019)

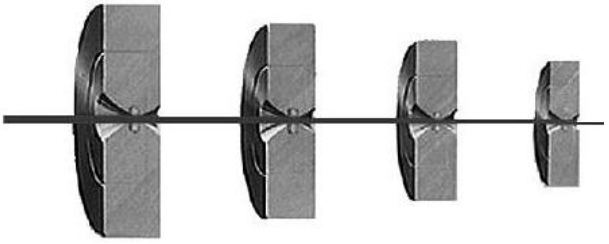

Figura 18- Representação do funcionamento das feiras de trefilagem (Fonte: COFICAB, 2019)

Durante este processo circula no interior da máquina uma emulsão de trefilagem constituída na sua maioria por água e óleo que tem como função lubrificar, refrigerar e eliminar todos os resíduos gerados no processo.

Acoplado com a trefiladora existe um recozedor, que se pode observar na figura 19, que restitui ao cobre as propriedades mecânicas (alongamento e ductilidade) perdidas durante o processo.

Figura 19- Recozedor (Fonte: Elaboração própria, 2019)

3.5.2. Torção

Este processo consiste em unir vários feixes de cobre/ cobre estanhado trefilado e até mesmo “singles” (metal já extrudido) com o objetivo de formar uma determinada composição de acordo com o tipo de fio e secção a produzir.

Podemos ver na imagem seguinte o modelo de uma linha de torção que é habitualmente constituída por: *pay-off* e torcedora.

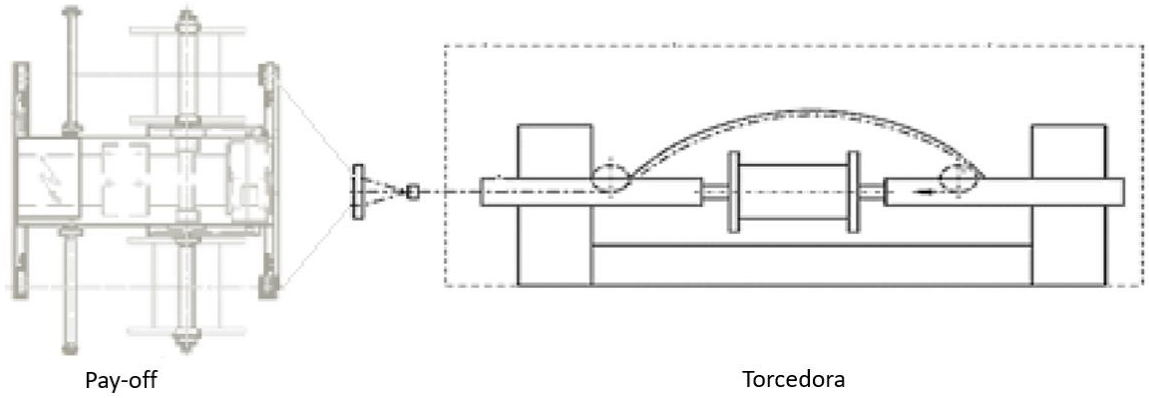

Figura 20- Esquema linha de torção (Fonte: COFICAB, 2019)

A torcedora, abastecida pelas *pay-off’s*, vai puxando e torcendo os fios que passam por um conjunto de raquete e fieira que guiam os fios, como conseguimos ver na figura 21 e 22, de forma a conseguir obter-se o formato desejado.

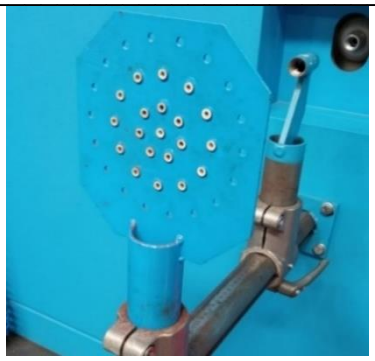

Figura 21- Raquete (Fonte: Elaboração própria, 2019)

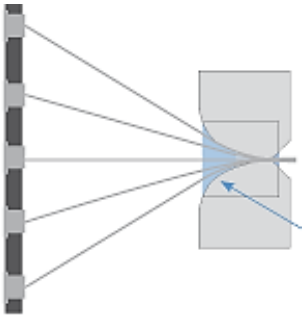

Figura 22- Representação do funcionamento do conjunto raquete / feira (Fonte: COFICAB, 2019)

3.5.3. Extrusão

Obtida a composição pretendida inicia-se o processo de revestimento, em que se aplica sobre a alma (condutor) material isolante. Este isolante é composto por um material neutro (PVC, PP, PE, PUR, …) ao qual é adicionado um "colorizante". O conjunto dos dois permite efetuar o revestimento/ isolamento da alma, conferindo-lhe assim o aspeto e cor pretendida.

Podemos ver na imagem seguinte o modelo de uma linha de extrusão que é habitualmente constituída por: *pay-off*, extrusora, caleiras de arrefecimento, equipamentos de controlo e medição e bobinadora.

Figura 23- Representação linha de extrusão (Fonte: COFICAB, 2019)

O fio, originado nos processos anteriores, desbobinado pela *pay-off* e encaminhado por um guia passa então pela cabeça de extrusão onde será feito o seu revestimento.

A cabeça de extrusão integra a extrusora, como representado na figura 24, que funde e mistura os materiais poliméricos. O material fundido é transportado sob alta pressão e temperatura pelo fuso da extrusora, na figura 25 podemos ver o esquema de um fuso, até à cabeça de extrusão onde pela ação de um distribuidor, como representado na figura 26, passa por uma fieira que irá dar a forma e o diâmetro desejado ao fio. Na figura 27 podemos ver o funcionamento do conjunto guia/feira.

O fio é então arrefecido por um conjunto de caleiras de arrefecimento e de seguida passa pelos dispositivos de controlo de qualidade (câmara de diâmetro, câmara de nódulos e afundamentos, *spark-test* (controlo de isolamento), etc) a fim de verificar se o fio cumpre com os parâmetros definidos.

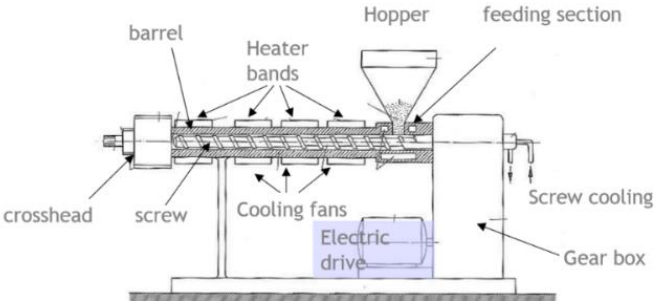

Figura 24- Esquema Extrusora (Fonte: COFICAB, 2019)

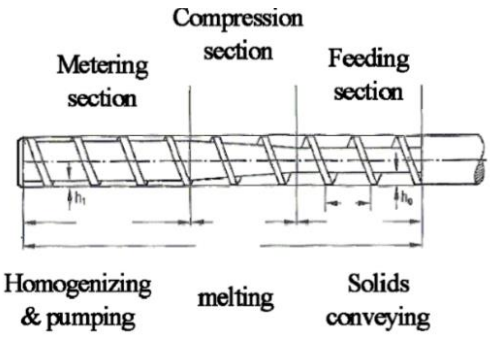

Figura 25- Esquema fuso (Fonte: COFICAB, 2019)

Figura 26- Distribuidor (Fonte: Elaboração própria, 2019)

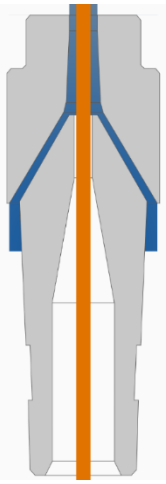

Figura 27- Representação do funcionamento guia / fieira (Fonte: COFICAB, 2019)

3.6. Gama de produtos

A COFICAB produz os mais diversos tipos de fios e cabos. Estes podem ter inúmeras finalidades que vão desde cabos para baterias a fio de dados.

Os fios/ cabos podem apresentar condutores de cobre, alumínio ou ligas de cobre sendo que vão de uma secção de a 0,22mm^2 a 120mm^2.

São utilizados os mais diversos polímeros como matérias de isolamento e os fios vão de encontro às mais diversas especificações como se pode ver na figura seguinte.

CABLES	CROSS SECTIONS & CONDUCTORS	INSULATION MATERIALS	SPECIFICATIONS
Primary	Copper:	PVC	ISO
Battery	0.22mm² - 120mm²	PA	FORD
Multicore		PP	GMW
High Temperature	Copper Alloys	PUR	FCA
High Voltage	(CuSn, CuMg, CuAg):	TPE	LV 112
Data	0.08mm² - 0.75mm²	XLPE	JASO
Customized		XLPO	SAE
	Aluminum:	ETFE	PSA
	1.5mm² - 120mm²	FEP	Renault
		SiR	UL

Figura 28- Produto range COFICAB (Fonte: COFICAB, 2019)

Na figura 29 podemos ainda observar onde são utilizados os fios de "*data cable*" (fio de dados) num automóvel:

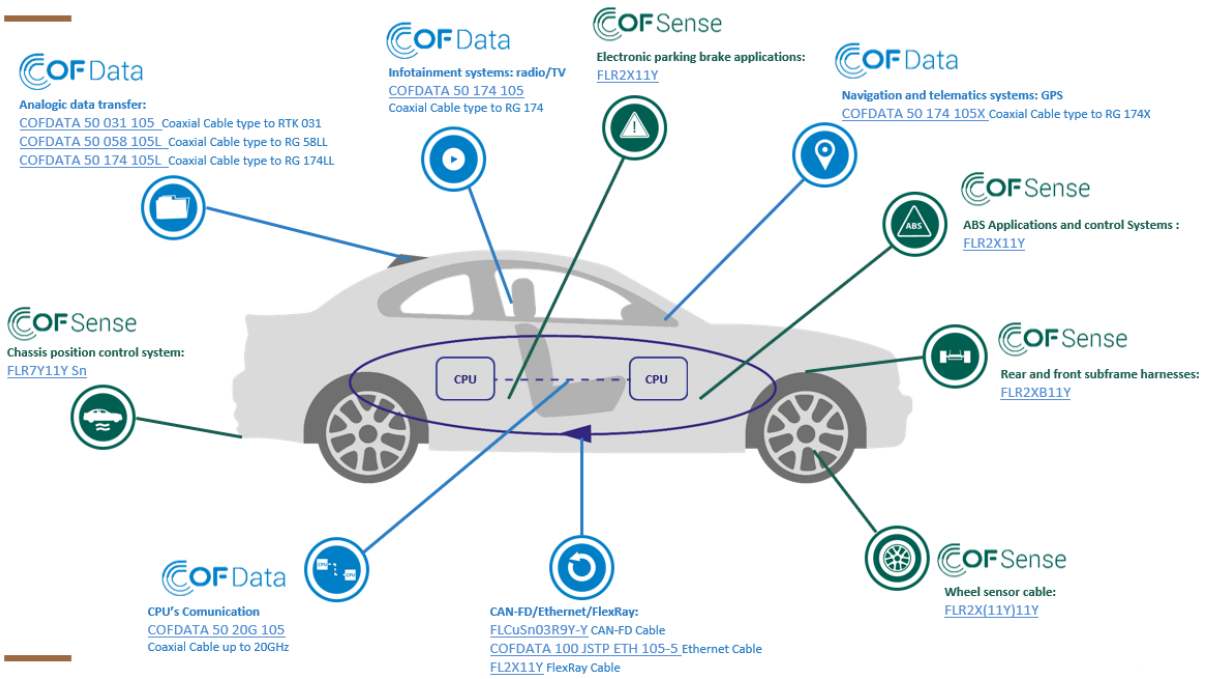

Figura 29- Utilização dos fios "Data cable" num automóvel (Fonte: COFICAB, 2019)

4. Revisão da Literatura

Como principal objetivo deste capítulo, tem-se a revisão e exposição dos principais conceitos utilizados ao longo deste trabalho, e como tal, serão abordados essencialmente os conceitos associados à filosofia *Lean Manufacturing*. Será também abordada a metodologia SMED, que serviu de base ao trabalho efetuado na empresa.

As gestões dos processos produtivos têm vindo a evoluir ao longo dos tempos. Os últimos 45 anos constituíram uma época de grandes mudanças na gestão e organização do sistema produtivo das empresas. Dois grandes grupos de mudanças foram marcantes nesse período:

O primeiro foi o grande desenvolvimento tecnológico ocorrido em termos de máquinas, sistemas de informação, automação, robótica, telecomunicações, entre outros, que tornaram possível um planeamento e controlo mais eficiente das operações, e consequentemente, um elevado aumento da produtividade. O segundo está relacionado com as transformações relativas às novas filosofias, conceitos e métodos de gestão.

Estes novos conceitos e filosofias são elementos diferenciadores, que, bem geridos, podem colocar a empresa em patamares de crescimento e desenvolvimento significativos. (Cleto, 2002)

4.1. Lean Manufacturing

4.1.1. História

Na segunda metade do séc. XIX os custos de produção eram elevados e os produtos destinados a um mercado muito restrito de pessoas com elevada capacidade monetária, foi então que no início do sec. XX aparece a produção em massa a qual tem em Henry Ford o nome mais sonante.

Ford tornou possível a reprodução de um modelo, decomposto em peças produzidas de forma padronizada e em grande escala, numa linha de montagem em série. Assim, com esta medida foi possível reduzir drasticamente os custos de produção unitários, pois estes passaram a ser diluídos em volumes de produção elevados.

Na figura 30 podemos observar como eram as linhas de produção da Ford na altura.

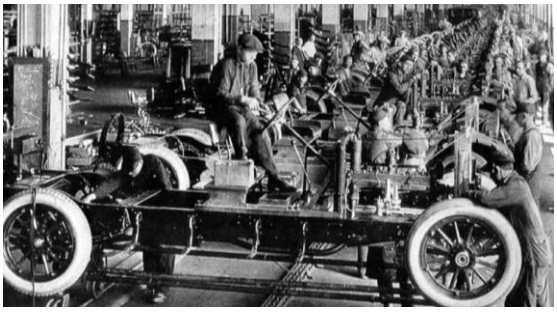

Figura 30- Linha de produção Ford (Fonte: www.todoestudo.com.br/geografia/fordismo, acedido em: 9/05/2020)

No Japão, após a devastação causada pela segunda guerra mundial, começava uma nova filosofia que mais tarde viria a dar origem ao *Lean Manufacturing.*

Na figura seguinte é feita uma comparação entre as Filosofias da produção em massa, *Lean Manufacturing, e Produção artesanal.*

	Produção artesanal	**Produção em massa**	**Produção *lean***
Origem	–	Início do século XX Henry Ford	Final do século XX Eiji Toyoda e Taiichi Ohno
Operadores	Profissionais altamente qualificados	Profissionais não ou pouco qualificados	Profissionais polivalentes em todos os níveis da organização com tarefas de alto valor agregado
Equipamentos	Simples e altamente flexíveis	Dispendiosos e com um único propósito	Flexíveis e com sistemas automatizados que permitem produzir uma vasta variedade de produtos agregados
Produtos	Produtos únicos, customizados e individualizados	Baixa variedade de produtos	Alta variedade de produtos
Produção	Baixa produção e de custo elevado sob encomenda do cliente	Produção elevada e padronizada de elevado custo para armazenamento em *stock*	Produção variável em função das vendas e de custo reduzido
Nível de inventário	Reduzido	Elevado	Reduzido
Produtividade	Baixa produtividade	Elevada produtividade	Elevada produtividade
Estrutura organizacional	–	Hierárquica – a gestão toma a responsabilidade	Delegação da responsabilidade na hierarquia da organização
Filosofia	Qualidade elevada	Qualidade suficiente	Atingir a perfeição – zero defeitos

Figura 31- Comparação entre os três sistemas de produção (Fonte: Ribeiro, 2015)

As raízes do *Lean* podem ser encontradas na empresa japonesa Toyota. O aparecimento do *Toyota Production System* (TPS) data do início do século XX. Os pais do sistema foram Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda (filho de Sakichi Toyoda), Eiji Toyoda (primo de Kiichiro), e contaram ainda com a colaboração de Taiicho Ohno, engenheiro-chefe da empresa e Shigeo Shingo que desenvolveu muitos dos conceitos.

Sakichi Toyoda, que tinha trabalhado na indústria têxtil, criou um mecanismo que permitia parar imediatamente o tear se alguma falha ocorresse durante o processo de tecelagem. Com a utilização deste sistema o homem foi separado da máquina e nascia aqui o conceito de automação O mecanismo tornou-se mais tarde uma fundação para o *Jidoka* um dos dois principais pilares sobre os quais o TPS foi construído.

Após a criação da empresa de Toyoda, Kiichiro viajou para os Estados Unidos da América (EUA) onde teve a oportunidade de se conectar com a indústria automóvel. A partir do final da década de 1930 e com a venda da patente relacionada com os teares foi possível dedicar-se à indústria automóvel, sendo então constituída a Toyota Motor Company (TMC).

Após a derrota da 2ª Grande Guerra (1939/45), o Japão depara-se com escassez de recursos humanos, financeiros e materiais necessários à reconstrução do país. Por outro lado, as indústrias europeias e norte-americana tinham elevadas capacidades e recursos e, por isso, dominavam os mercados. (Ribeiro, 2015)

Perante este cenário o então presidente da Toyota Motors Company (TMC), Eiji Toyoda e o engenheiro Taiichi Ohno, decidem passar três meses no complexo da Ford nos Estados Unidos a estudar e a compreender os métodos de produção daquela empresa, uma vez que a produtividade dos operários americanos era dez vezes superior à dos orientais. (Ribeiro, 2015)

Toyoda e Ohno identificaram os problemas da produção em massa e entenderam que, o sistema de produção em larga escala e padronizada utilizada pela Ford, não podia ser adaptada à indústria automóvel japonesa pois tinha apenas como objetivo a redução do custo final de cada unidade produzida o que não lhes interessava porque, para além dos elevados tempos de *set-up*, havia baixa procura. Notaram também que as indústrias ocidentais, para além de muito rígidas, apresentavam processos de fabrico e de gestão complexos e pouco flexíveis, oferecendo uma fraca diversidade de produtos ao consumidor. (Ribeiro, 2015)

Logo, a TMC descobriu que nem o sistema de produção em massa nem o sistema artesanal eram indicados e, por isso, a solução passaria por adaptar os dois sistemas, criando um sistema novo que aumentasse a eficiência da produção através da identificação e eliminação de perdas. A única forma de sobreviver seria oferecer algo que os seus concorrentes ocidentais não podiam: variedade de produto, enquanto mantinham qualidade elevada e custo reduzido. (Ribeiro, 2015)

Como resultado, surgiu o desenvolvimento do sistema TPS (Toyota Production System), o qual metodicamente elimina o desperdício e orienta a sua atenção para a satisfação do cliente. O sistema TPS é normalmente representado através de uma casa e possui um conjunto de elementos fundamentais que lhe servem de suporte, como é visível na figura 32.

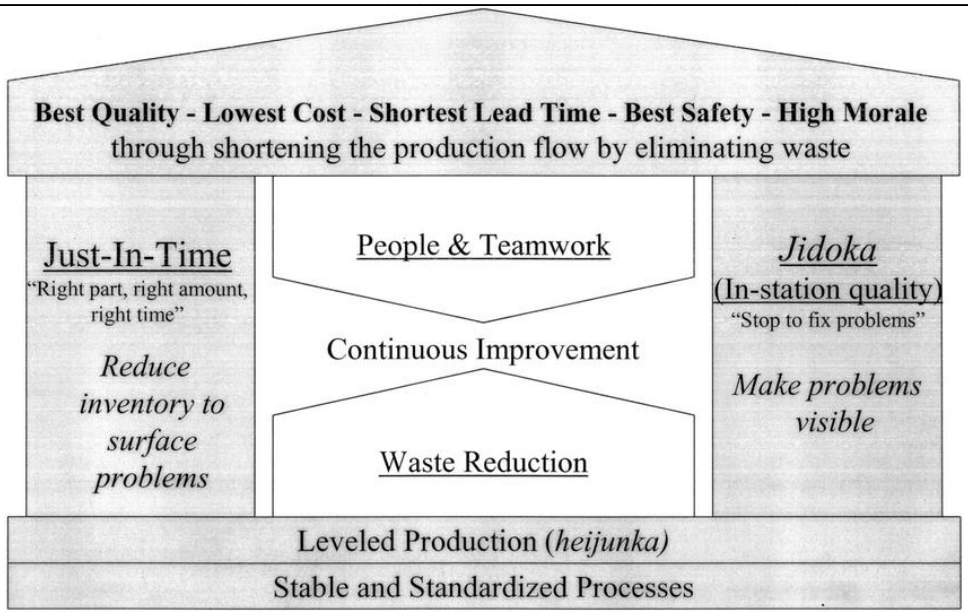

Figura 32- Estrutura do sistema de produção da Toyota (Fonte: Liker, 2006)

Começando pela descrição do telhado, o TPS tem como objetivo melhorar a qualidade, baixar os custos, com o mínimo tempo de entrega possível. Seguidamente existem dois pilares, o *Just-in-time* e o *Jidoka*.

o *Just-in-time* procura produzir apenas o necessário no tempo certo à hora certa (diminuir o mínimo possível os stocks usados para compensar eventuais problemas na produção), auxiliado por sistemas de controlo *Kanban* e Sistemas *pull*;

O *Jidoka* que na sua essência significa nunca deixar um defeito passar para a próxima estação, introduzindo a automação com características humanas, através da criação de práticas de prevenção de erros como o uso de *poka-yoke*.

Por fim, alguns elementos fundamentais como a Standardização, estabilidade, fiabilidade de processos e o *Heijunka*. Este último significa nivelar o planeamento de produção em volume e variedade. Nas fundações da casa está a estabilidade, que é necessária para que todo o sistema funcione continuamente. Ou seja, com a ajuda da manutenção gerir corretamente as suas paragens, não comprometendo a produção, alcançando desta forma um equilíbrio. (Ferreira, 2017)

O TPS revolucionou a indústria automóvel e o seu sucesso transformou-o num sistema produtivo altamente eficiente no que toca à eliminação de desperdícios e flexibilização da produção sempre focada na qualidade (Bidarra,2011). Esta filosofia foi evoluindo ao longo do tempo, passando de Toyota Production System para Lean Manufacturing, como é chamada atualmente e tendo sido assim chamado pela primeira vez por Womack e Jones em 1990 em *"The machine that changed the world"*.

Utiliza-se a palavra "Lean", em língua portuguesa significa "magro" ou "sem gordura", porque o princípio condutor sugere a utilização de "apenas o necessário, nem mais cedo, nem mais tarde", o que a nível operacional traduz-se em menos pessoas, menos

espaço, menos materiais, menos energia, menos stocks, menos desvios, enquanto o principal objetivo é reforçar a qualidade, a flexibilidade e o serviço ao cliente (Pinto, 2008).

4.1.2. Conceito *Lean*, princípios e desperdícios

O conceito *Lean* pode ser visto como um processo que tende a solucionar problemas, a sua essência resume-se na capacidade de eliminar continuamente os desperdícios, criar valor e resolver os problemas de forma sistemática com o objetivo de aumentar a produtividade, fazendo mais com menos recursos, ou seja, mais qualidade que melhor atenda à procura dos clientes com menos esforço humano, tempo, materiais e espaço (Austin, 2013).

Segundo Carvalho (2017), os princípios que constituem e caracterizam o *Lean Manufacturing* podem ser distinguidos em 5 categorias:

➢ **O Valor:** São os clientes que definem o que é o valor, quer seja de um produto ou de um serviço, cabendo às empresas identificar as necessidades dos clientes, atendendo-as da melhor forma possível, com qualidade e numa relação vantajosa de custo-benefício.

➢ **A Definição da Cadeia de Valor**: A cadeia de valor assume a identificação de todas as atividades que agregam valor numa unidade de negócio, desde a entrada do pedido do cliente e da matéria-prima até à entrega do produto acabado ao cliente. Num processo produtivo, pode considerar-se a existência do seguinte tipo de atividades: Que agregam valor (atividades necessárias na transformação de matéria-prima em produto acabado e, que realmente criam valor para o cliente); Atividades que não agregam valor, mas que se tornam necessárias (atividades administrativas); E, atividades que não agregam valor relativo (stocks, transportes, esperas, entre outros tipos de desperdícios).

➢ **Otimização do Fluxo:** Princípio que indica que o produto deve fluir livremente no processo produtivo, sem interrupções e sem desperdícios. O fluxo deve ter: conteúdo, sequência, passos envolvidos, tempo e resultados.

➢ **Orientação do Fluxo pela Procura - Sistema Pull:** Através da eliminação dos desperdícios e da criação de um fluxo contínuo eficiente, as empresas conseguem trabalhar de acordo com a procura do consumidor, fazendo com que o cliente possa ter exatamente o que deseja, no tempo certo. Considera-se que as empresas já não precisam de “empurrar” os seus produtos para os clientes, nem de ter grandes quantidades de stock de matéria-prima e produtos acabados, reduzindo assim custos, através da libertação de espaços e eliminação da necessidade de fazer grandes promoções ou descontos, com o fim de reduzir o excesso de stocks produzidos.

➢ **A Perfeição:** Corresponde à busca incessante da melhoria contínua dos processos e pessoas, com o objetivo de agregar cada vez mais valor ao produto e de garantir a satisfação do cliente.

Na Figura 33 pode-se ver um esquema resumo de como funciona esta filosofia.

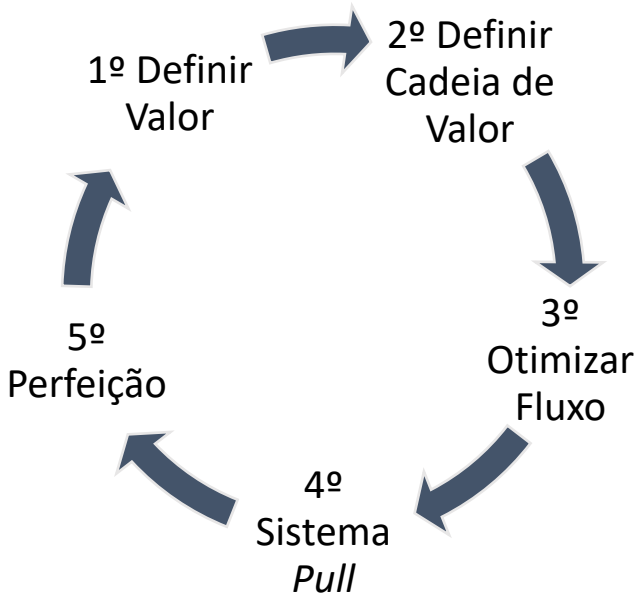

Figura 33- Ciclo da filosofia Lean (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Segundo Martins (2017), o objetivo principal da filosofia *Lean Manufacturing* é o de criar uma fábrica onde não existam desperdícios.

Entende-se por desperdício qualquer atividade que não acrescenta valor. Ou seja, qualquer atividade e recurso usado indevidamente que contribui para o aumento dos custos, do tempo e da não satisfação do cliente ou demais partes interessadas no negócio.

A Figura 34 torna percetível a diminuição do tempo gasto com "desperdícios" e, consequentemente, o aumento do valor acrescentado ao produto:

Figura 34- Relação entre os desperdícios e o valor acrescentado (Fonte: Pinto, 2009)

De acordo com Martins (2017), na filosofia *Lean Manufacturing*, existem 8 tipos de desperdícios em qualquer indústria:

➢ **Defeitos:** Constituem o tipo de desperdício mais comum, têm geralmente origem nos problemas internos da qualidade, com produtos rejeitados ou danificados durante

o armazenamento ou no transporte. Para resolver este tipo de defeito, deve-se investir num maior controlo da qualidade, com total rastreabilidade dos processos, sendo que a tecnologia poderá constituir um importante aliado.

➢ **Excesso de Produção:** A filosofia de produção em massa defendia que uma fábrica deveria estar sempre em plena capacidade produtiva e de utilização. Contudo, o pensamento de que eventualmente todos os produtos acabam por ser escoados, mesmo com desconto, irá levar a que surjam outros custos associados e ao aparecimento de outros desperdícios, sem qualquer adição de valor para a empresa. O pensamento *Lean Manufacturing* defende, que em vez de estar sempre em plena capacidade produtiva, a empresa deve conseguir adaptar a capacidade de produção à procura existente, num dado momento. Para tal, necessita de ser suficientemente flexível.

➢ **Tempos de Espera:** Este tipo desperdício ocorre quando os recursos (pessoas ou máquinas) têm de esperar, desnecessariamente, devido a atrasos na chegada de materiais ou indisponibilidade de outros recursos, incluindo informações. Uma vez que se consigam reduzir os tempos de espera, os benefícios para a empresa são quase imediatos, levando à redução de custos e ao aumento da produção.

➢ **Talento não Utilizado:** Constitui um tipo de desperdício recentemente considerado. A maioria das empresas ainda não valoriza um dos seus principais ativos - os colaboradores. Muitas vezes, a criatividade e a sabedoria dos colaboradores não são tidas em conta, sendo que podem fazer toda a diferença, em termos de desempenho. As ideias e a criatividade dos colaboradores (por exemplo, na simplificação de processos internos) são únicas e devem ser encorajadas.

➢ **Transporte:** É um tipo de desperdício que provém do deficiente transporte ou movimentações desnecessárias de produtos e materiais. Incluem-se, casos onde é necessário arrumar artigos, que estejam a obstruir passagens ou quando o layout do local de trabalho não permite a fluidez desejável.

➢ **Excesso de *Stock*:** Esta categoria de desperdício refere-se a todos os produtos produzidos em excesso que dão origem a ***stock's*** excedentários, que permanecem indefinidamente em inventário. Pode ter origem na ocupação desnecessária de espaços de armazenagem, de problemas no controlo da qualidade, ou ainda, na existência de produtos desatualizados. Para se evitar este desperdício, deve investir-se no planeamento das necessidades, procurando possuir apenas em *stock*, o material necessário para a produção (*Just-In-Time*).

➢ **Movimentações Desnecessárias:** Ao conseguir-se reduzir os movimentos associados a um processo ou operação, é possível obter uma redução de tempo e de energia utilizados nesse mesmo processo. Este é um dos desperdícios mais difíceis de identificar e de solucionar, e a sua resolução não é tão sentida como em outros desperdícios. De qualquer modo, não deixa de constituir um desperdício e deve por isso, ser eliminado.

➢ **Processos sem Valor Acrescentado:** Embora todos os negócios sejam constituídos por múltiplos processos operativos, o "desperdício" começa a fazer-se sentir, quando existe um excesso de operações e procedimentos que, não são cruciais nem acrescentam qualquer valor ao resultado final. Neste âmbito, podem-se incluir os casos de instruções de trabalho pouco claras, requisitos de clientes não definidos, ou ainda, especificações de qualidade excessivas. Para evitar este tipo de desperdício, deve apostar-se na "padronização do trabalho" e na elaboração de instruções de trabalho claras.

Na Figura 35 pode-se ver um esquema dos oitos desperdícios fundamentais do *Lean*.

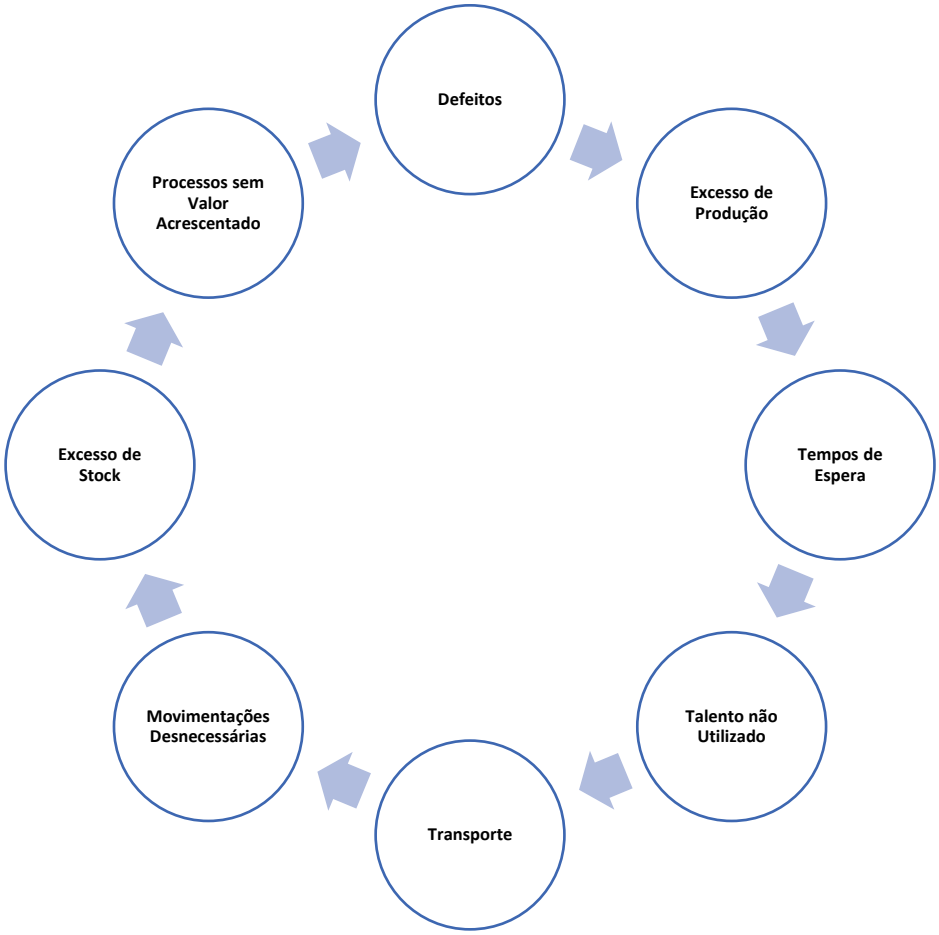

Figura 35- Oito desperdícios fundamentais (Fonte: Elaboração própria, 2019)

4.1.3- Ferramentas *Lean Manufacturing*

Várias ferramentas e técnicas podem ser implementadas para manter e melhorar a filosofia *Lean* dentro das organizações. Estas ferramentas são as principais aliadas á eliminação de desperdícios e ao crescimento das organizações.

Nesta parte do trabalho são apresentadas as ferramentas *Lean* mais importantes sendo que algumas delas fazem parte deste projeto.

- **Metodologia 5S**

Esta ferramenta tem com o principal objetivo de organizar os locais de trabalho, de forma a aumentar a produtividade e de diminuir os desperdícios associados aos processos.

A sigla 5S deriva das iniciais de 5 palavras japonesas*: Seiri, Seiton, Seison, Seiketsu e Shitsuke.*

- ***Seiri* (Separar):** Inicialmente é preciso definir qual material é necessário para a realização das operações referentes ao posto de trabalho. O material que é considerado desnecessário deve ser descartado do posto de trabalho;
- ***Seiton* (Arrumar):** Após a eliminação do material desnecessário, deve-se proceder à organização dos materiais que são efetivamente necessários. A organização dos materiais consiste na identificação de cada um desses materiais, e a alocação a um lugar específico para tornar fácil a "procura" do material;
- ***Seison* (Limpar):** O terceiro "S" resume-se à limpeza do local de trabalho. Esta operação ajuda a manter o local de trabalho limpo e agradável para os operadores. Para ocorrer esta limpeza é necessário munir o posto de trabalho com material de limpeza necessário;
- ***Seiketsu* (Normalizar):** Nesta etapa, pretende-se normalizar os procedimentos de limpeza, e definir normas para se manter todas as alterações implementadas até este ponto. Deve-se aplicar as melhorias conseguidas a todos os postos de trabalho de modo a uniformizar toda a organização;
- ***Shitsuke* (Manutenção):** Por último, nesta fase pretende-se garantir que os quatro "S" anteriores estão a ser cumpridos, para isso poderá recorrer-se a auditorias periódicas. Esta é uma das etapas mais difíceis de implementar dado que por norma as pessoas tendem a resistir à mudança.

- **Ciclo PDCA *(Plan, Do, Check, Act)***

O ciclo PDCA é uma abordagem de melhoria contínua que que tem como objetivo agilizar e clarificar o processo de resolução de problemas das organizações.

É constituído em 4 passos:

- ***Plan* (Planear):** Nesta etapa deve-se estabelecer metas e identificar as causas que poderão impedir a concretização das mesmas, com o intuito de criar um plano de ação para a resolução de problemas.
- ***Do* (Fazer):** Nesta etapa são realizadas todas as atividades que tinham sido planeadas na etapa anterior.
- ***Check* (Verificar):** Após a execução do plano estipulado, é necessário verificar os resultados obtidos e comparar com os resultados que seriam esperados.

- ***Act* (Agir):** Após a análise dos resultados obtidos, é necessário atuar sobre o plano executado, melhorando-o se necessário, ou promovendo uma melhoria dos processos.

➢ ***Poka-Yoke***

É um sistema à prova de erros. *Poka* significa erro inadvertido e *yoke* significa prevenção. Este sistema reconhece que as pessoas ou as máquinas por vezes cometem erros e, portanto, tenta evitar que esses erros se tornem defeitos, através de inspeção para prevenção.

Na Figura 36 podemos ver um exemplo de aplicação de um *Poka-yoke*.

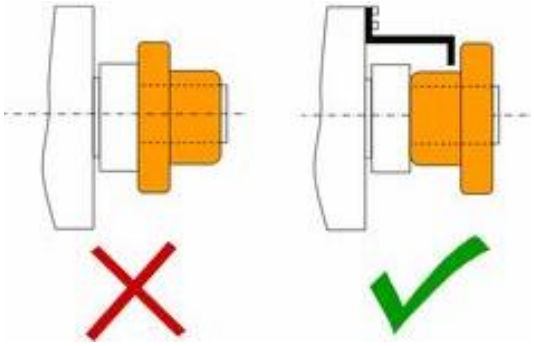

Figura 36- Exemplo de aplicação de um Poka-yoke (Fonte: https://br.pinterest.com/pin/722687071429563048/, acedido em: 20/07/2020)

➢ **JIT (*Just-in-Time)***

É uma metodologia que visa reduzir as restrições no sistema de produção e reduzir o tempo de resposta dos fornecedores e dos clientes.

Tem como “lema”: Fornecer a peça certa no lugar certo e na hora certa.

➢ ***Jidoka* (automação)**

Aumento da produtividade através da eliminação da necessidade de um operador a controlar e observar a máquina continuamente, uma vez que a máquina passa a não necessitar de operador quando trabalha normalmente, e para automaticamente perante situações anormais. Só nessas paragens, é que haverá necessidade de um operador.

Na Figura 37 podemos ver um exemplo de aplicação de *Jidoka*.

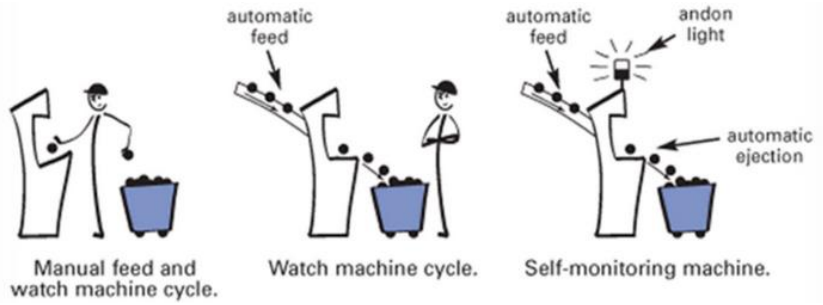

Figura 37- Exemplo de aplicação Jidoka (Fonte: www.lean.org/lexicon/jidoka, acedido em: 5/08/2020)

- **TPM (*Total Productive Maintenance*)**

O TPM procura melhorar a produtividade através do trabalho em equipa. Esta técnica procura eliminar as paragens desnecessárias das máquinas e consequente quebra de produtividade, reduz também as falhas nos equipamentos e os defeitos de produção. (Nakajima, 1988)

- **Fluxo contínuo de produção**

Cada etapa de um processo precedente termina exatamente antes do processo seguinte necessitar do item. Ou seja, o objetivo é interligar os processos de modo a eliminar desperdícios, reduzir *lead time*, aumentar a qualidade, promover trabalho em equipa, e aumentar a produtividade.

Na Figura 38 podemos ver um exemplo de aplicação de Fluxo contínuo de produção.

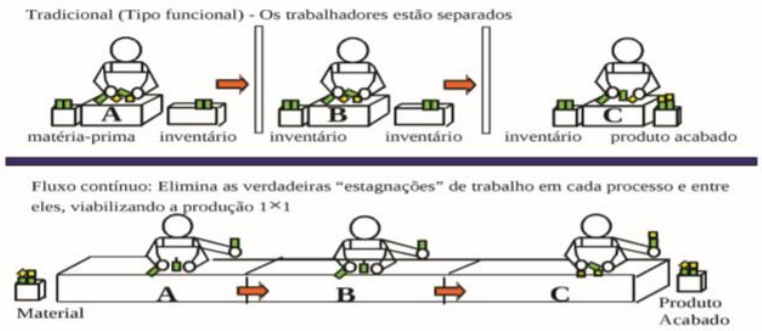

Figura 38- Exemplo aplicação do Fluxo continuo de produção (Fonte: http://proflogistica.blogspot.com/2016/07/fluxo-continuo-de-materiais.html, acedido em: 5/08/2020)

- **Sistema *Pull***

Vieram substituir os sistemas *push* de produção para *stock*, modificando a forma de produzir das empresas, atendendo às necessidades dos clientes e, portanto, produzindo apenas em caso de encomenda. *Kanbans* são utilizados frequentemente neste tipo de sistemas.

- ***Kaizen***

A metodologia *Kaizen* é um dos pilares da filosofia *Lean. Kaizen* é um termo japonês que significa melhoria contínua. A metodologia *Kaizen* procura eliminar desperdícios de forma contínua e gradual, com o intuito de aumentar a produtividade, sendo que a sua meta é a obtenção da perfeição.

Kaizen não é uma técnica que atua de forma independente, é uma técnica que engloba todas as técnicas de melhoria e faz a ligação entre cada ferramenta. (Cruz, 2013)

- **Gestão visual do posto de trabalho**

Consiste na organização da informação sobre os processos de produção, no local onde é necessária, e de modo a ser de fácil visualização e acesso.

- **Trabalho padronizado**

Define a forma mais fácil e segura de efetuar um trabalho, garantir que uma tarefa seja realizada sempre da mesma forma.

- ***Heijunka* (produção nivelada)**

Visa distribuir o volume de produção de forma nivelada e uniforme ao longo do tempo.

- ***Takt time***

É uma ferramenta de ligação entre a produção e o consumidor, adequando a produção à taxa de vendas.

- ***Andon* (paragem de linha)**

Sistema de aviso de problemas em equipamentos ou processos, que consiste na incorporação de sinais luminosos que indicam o local de ocorrência desse mesmo problema.

Na Figura 39 podemos ver um exemplo de aplicação de *Andon*.

Figura 39- Exemplo de aplicação Andon (Fonte: www.laboneconsultoria.com.br/o-que-e-andon/, acedido em: 6/08/2020)

- **SMED**

É uma ferramenta para redução de tempo de *set-up* de máquinas.

Esta ferramenta irá ser mais aprofundada no decorrer deste trabalho.

A constante perseguição ao desperdício e à sua eliminação é apoiada por diversas ferramentas que trabalham de forma interligada. Além de se tratar de um conjunto sinérgico, algumas dessas ferramentas estão agrupadas em campos de influência, na figura 40 pode ver-se a distribuição das ferramentas *Lean* em várias categorias. Não existe, contudo, uma generalização que defina claramente o grupo de todas as ferramentas que fazem parte do *Lean* e de facto, há autores que se focam mais em determinadas ferramentas em detrimento de outras. De todo o conjunto, o mais importante para as organizações é determinar qual ou quais as ferramentas *Lean* mais adequadas ao seu ambiente e aos seus objetivos, de modo que os resultados surtam efeitos positivos e úteis (Bidarra, 2011).

Grupo/Categoria	Ferramenta/Metodologia
Produção *Just in Time* (JiT)	*Heijunka* (Produção nivelada)
	Kanban
	Processos sincronizados
	Planeamento de acordo com o *takt time*
Redução de recursos	Redução do tempo de setup (SMED)
Gestão de recursos humanos	Trabalho em equipa
	Formação e treino polivalente
	Envolvimento de operadores
Estratégias de melhoria	*Kaizen*
	Análise das causas raiz (5 porquês)
Controlo de defeitos	*Jidoka* (automação)
	Poka Yoke (Prevenção de falhas)
	Andon (Paragem de linha)
Gestão da cadeia de valor	VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor)
	Envolvimento dos fornecedores
Standardization (Padronização)	5 S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketso e Shitsuke*)
	Trabalho *Standard*
	Gestão Visual
Gestão científica	Planeamento *Hoshin Kanri*
	Estudo de Métodos e Tempos
	Redução de mão-de-obra
	Ajustes de *Layout*
	Produção em células de trabalho
Técnicas integradas	SQC – Controlo estatístico de processo
	TPM – Manutenção Produtiva Total

Figura 40- Distribuição das diversas ferramentas/metodologias Lean por categorias (Fonte: Bidarra, 2011)

Além do conhecimento das ferramentas *Lean* mais adequadas ao ambiente industrial de uma organização, é necessário que a mesma tenha consciência que a implementação das mesmas significa uma mudança cultural. A gestão tem de estar comprometida com essa mudança cultural, e a sua estratégia tem de ser alinhada com a aplicação do *Lean Manufacturing*, porque caso assim não seja, o risco do insucesso na implementação é elevado e a eficácia das ferramentas e da filosofia *Lean* será posta em causa e abandonada erradamente. (Bidarra, 2011)

4.2. SMED – *Single minute exchange of die*

4.2.1. História e conceito

Single Minute Exchange of Die é uma ferramenta popular do *Lean manufacturing* que consiste na redução do tempo de *set-up* de uma máquina/equipamento. A metodologia SMED garante uma mudança rápida e eficiente do produto atualmente em execução para o próximo.

O tempo de *set-up* está, portanto, limitado ao período entre a produção da última peça da referência de saída e a produção da primeira peça, com qualidade, da referência de entrada (Min e Sui Pheng, 2007). Esse tempo é gasto na limpeza e na troca das peças da máquina e na configuração do próximo produto, Figura 41.

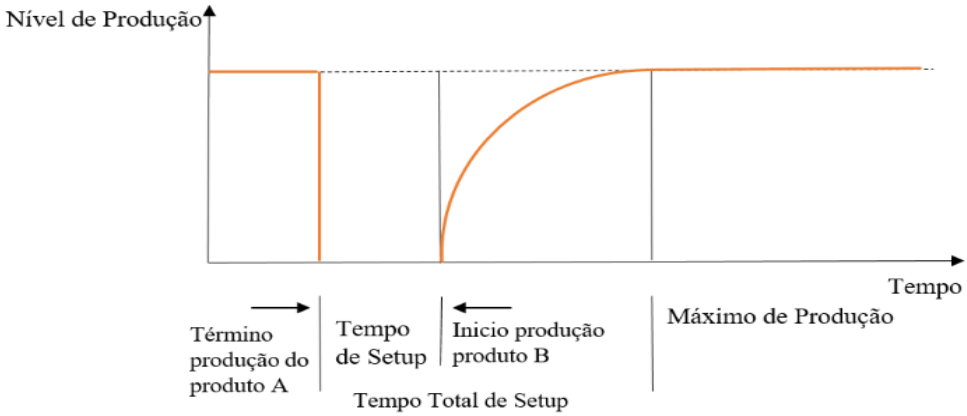

Figura 41- Descrição do tempo de set-up (Fonte: Brito et al, 2017)

Na metodologia SMED, as atividades de configuração são divididas em atividades internas e externas. As atividades externas podem ser executadas durante a operação normal de uma máquina quando ela ainda estiver em execução. As atividades internas podem ser executadas somente quando a máquina é desligada.

Esta ferramenta foi criada por Shigeo Shingo durante as décadas de 50 e 60. Shingo demorou 19 anos para desenvolver esta ferramenta tendo existido três momentos cruciais.

A primeira fase ocorreu na planta da Mazda Toyo Kogyo em 1950, na cidade de Hiroshima. Ao analisar as atividades de troca de matrizes de uma prensa, Shingo identificou e classificou como *set-up* interno o conjunto de atividades realizadas com a máquina parada, e *set-up* externo como o conjunto de operações realizadas com a máquina em funcionamento.

A segunda etapa foi no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, em Hiroshima no ano de 1957, na qual foi realizada a duplicação de ferramentas para que o *set-up* fosse feito separadamente, gerando aumento de 40% na produção. Conforme relato do

autor, apesar da euforia com o resultado, esta etapa de trabalho não contribuiu diretamente para formar o corpo da metodologia.

Por fim, a terceira e última etapa ocorreu em 1969 na Toyota Motors Company, em que cada operação de *set-up* de uma prensa de 1.000 toneladas exigia quatro horas de trabalho, enquanto uma prensa similar na Volkswagen exigia apenas duas horas. Em uma primeira fase do seu trabalho de consultoria, Shingo conseguiu uma redução desse tempo para 90 minutos. Após exigência da diretoria da Toyota, aplicaram-se mais esforços na redução do tempo, gerando o conceito de conversão de *set-up* interno em *set-up* externo, isto é, a transferência de algumas atividades com a máquina parada para o momento que esta estivesse em funcionamento. Dessa forma, houve uma considerável redução do tempo da máquina parada para apenas três minutos. Dessa forma, Shingo criou a sua metodologia. (Sugai et al, 2007)

4.2.3. Implementação da metodologia SMED

Segundo Shingo, o método deve ser aplicado de forma faseada, sendo que as etapas que compõe o método são apresentadas na figura seguinte, e descritas posteriormente.

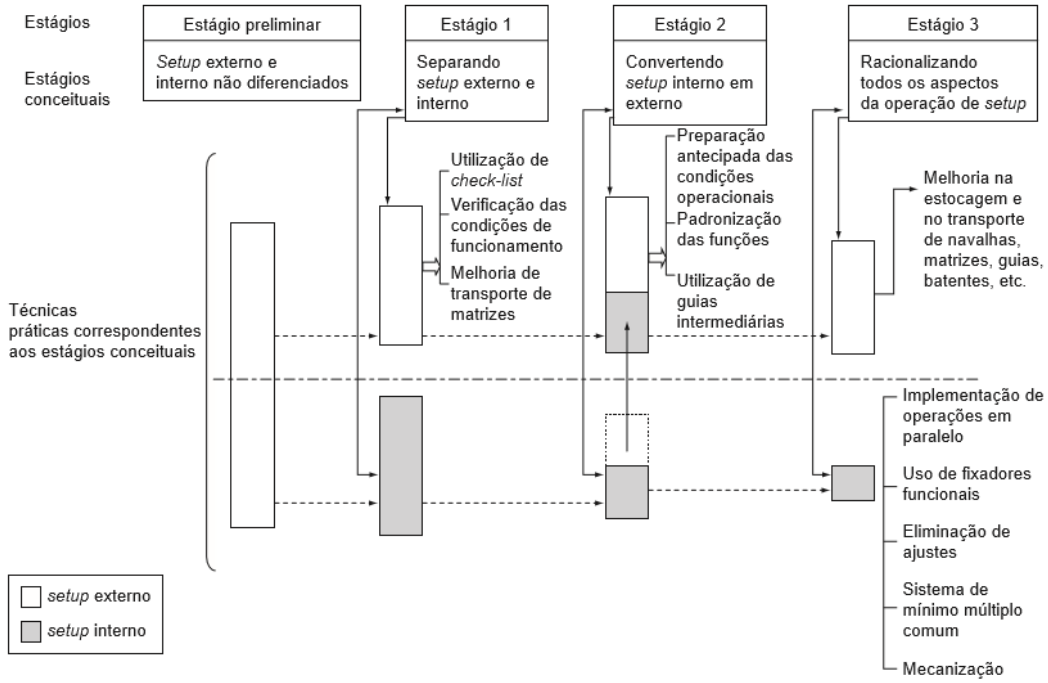

Figura 42- SMED (Fonte: Sugai et al, 2007)

Estágio preliminar: *set-up* interno e externo não se distinguem

O estágio preliminar oferece apenas os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *set-up*. Para obter os tempos das atividades, Shingo indica a possibilidade do uso do cronômetro, do estudo do método, de entrevista com operadores ou da análise da filmagem da operação. O autor também indica que "[...]

observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes.” (Sugai et al, 2007)

Estágio 1: separar *set-up* interno e externo

Esta fase corresponde à organização das atividades, classificando-as e separando-as como *set-up* interno, aquelas realizadas com a máquina parada e *set-up* externo como sendo atividades realizadas com a máquina em funcionamento. A respeito disso, Shingo comentava: “[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *set-up* como *set-up* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *set-up* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED.” (Sugai et al, 2007)

Estágio 2: conversão do *set-up* interno em *set-up* externo

A redução de tempo do *set-up* interno promovida pelo estágio 1 ainda não é suficiente para atingir a meta de tempo proposta pelo SMED. Ainda é necessário um reexame das operações para verificar se alguma operação foi erradamente alocada e para fazer um esforço para converter estas atividades em *set-up* externo. (Sugai et al, 2007)

Estágio 3: melhoria sistemática de cada operação básica do *set-up* interno e externo

O nome escolhido por Shingo para intitular este estágio não é muito fácil de traduzir. No original em inglês está nomeado como “*streamlining all aspects of the set-up operation*” e a tradução para o português do seu livro ficou como “racionalizando todos os aspetos do *set-up*”. Dentro do contexto da metodologia, a palavra racionalização não é a mais adequada, pois pode induzir a considerar esta fase como fixação de métodos ou procedimento. (Sugai et al,2007)

Figura 43- Esquema resumo da aplicação do SMED (Fonte: Shingo, 1985)

De acordo com (Kusar, et al., 2010), o sucesso na redução dos tempos de *set-up* deve-se a três aspetos fundamentais:

➢ Aos métodos aplicados para executar as atividades (como);

➢ À organização do trabalho que é necessário fazer (quem, o quê e quando);

➢ Às características técnicas dos equipamentos e ferramentas utilizados.

Tudo deve ser suportado por uma base de motivação bastante sólida, a qual tem que refletir os objetivos delineados, partindo da gestão até aos operadores.

A estrutura da metodologia SMED que procura otimizar os tempos de *set-up* pode ser ilustrada com a analogia à casa do TPS (*Toyota Production System*), como demonstra a Figura 44.

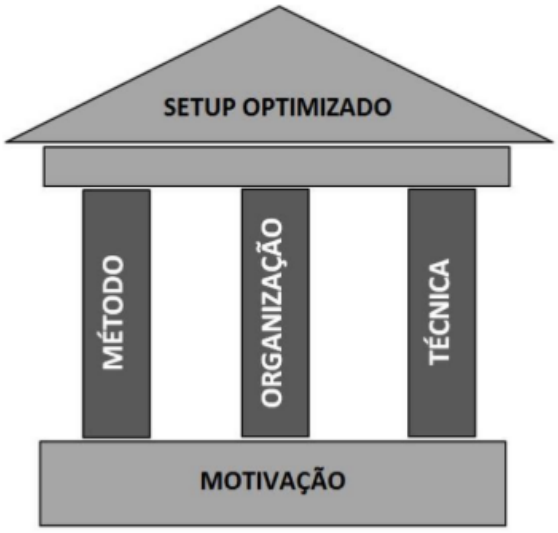

Figura 44- Adaptação da casa TPS para a metodologia SMED (Fonte: Kusar, et al., 2010)

4.2.2. Vantagens da implementação do SMED

A implementação desta metodologia pode ser de grande importância para uma empresa, pois atualmente, os clientes procuram para além de preços mais competitivos, também precisão, uma maior qualidade, e tempos mais reduzidos. O SMED ajuda as organizações a conhecer melhor as necessidades do cliente, proporcionando lotes mais reduzidos, mas com um número mais elevado de referências. Como vantagens, temos que permite:

• Flexibilidade, uma vez que não requer um elevado stock de matéria-prima devido à constante mudança de referência;

• Entregas mais rápidas devido à existência de lotes mais pequenos;

• Maior qualidade, decorrente da diminuição de tempos;

• Aumento da eficiência, pela redução dos períodos de mudança de ferramenta.

A figura seguinte identifica alguns dos benefícios da implementação da metodologia SMED.

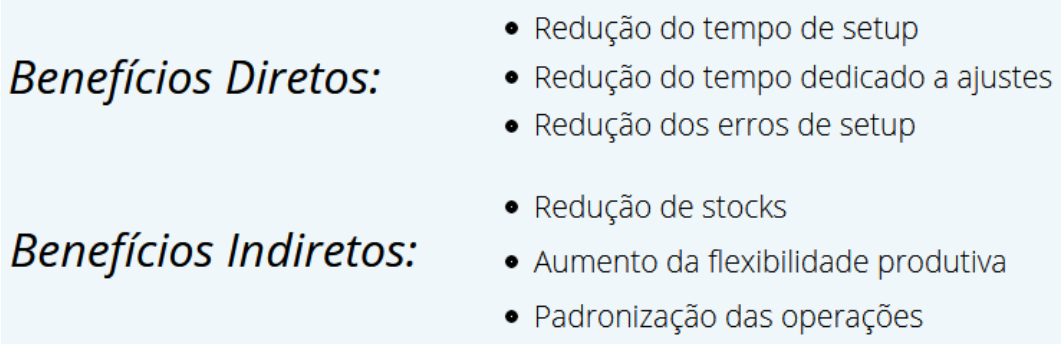

Figura 45- Benefícios diretos e indiretos da metodologia SMED (Fonte: adaptado de Ferreira, 2017)

5. Atividades desenvolvidas durante o estágio

Neste capítulo será descrito e explicado as atividades desenvolvidas na empresa durante o estágio curricular.

5.1. *Commissioning* de novas linhas de extrusão

Uma das atividades desenvolvidas ao longo do estágio, foi o *commissioning* de novos equipamentos, mais particularmente as novas linhas de extrusão.

Sendo a Coficab Guarda uma fábrica nova a chegada de novos equipamentos era uma constante e com a chegada destes era necessário proceder ao seu *commissioning*.

Basicamente o *commissioning* consiste em garantir que todos os sistemas e componentes de um equipamento são projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com os requisitos operacionais do proprietário e dos inquilinos.

Para isso, em conjunto com os fabricantes dos equipamentos, eram feitos testes com os equipamentos de modo a verificar se o equipamento conseguia produzir de acordo com as especificações exigidas.

5.2. Industrialização e localização de produtos;

Outra das atividades desenvolvidas na empresa foi a industrialização e localização de produtos.

Uma vez que a COFICAB Guarda é uma fábrica nova e com novos equipamentos foi necessário proceder à industrialização e localização dos produtos nestes novos equipamentos.

O termo Localização é utilizado quando o produto já era produzido e só é necessário começar a ser produzido numa nova linha/ equipamento.

O termo Industrialização é utilizado quando um novo produto desenvolvido pelo R&D é produzido pela primeira vez.

Basicamente estas duas ações consistem em criar e definir os parâmetros de produção (velocidades, temperaturas, ferramentas) de modo a conseguir produzir em série esse produto cumprindo certos objetivos (desperdício, *running time*, FTQ) e respeitando as características técnicas com que era desenvolvido pelo R&D (diâmetro, alongamento, resistência, …)

Para tal, eram feitos vários testes com diferentes parâmetros e recolhidas amostras, as quais eram verificadas pelo departamento da qualidade de modo a assegurar que cumpriam com os requisitos.

5.3. Aplicação da Metodologia SMED a uma linha de extrusão

Após o *commissioning* das linhas de extrusão e a sua entrada em funcionamento, era necessário melhorar a sua produtividade tendo sido decidido aplicar a metodologia SMED a fim de diminuir os tempos de *set-up* da linha e aumentando assim a flexibilidade e produtividade da linha.

Na figura seguinte podemos observar um exemplo de uma metodologia, que serviu de modelo para a aplicação do SMED a uma linha de extrusão.

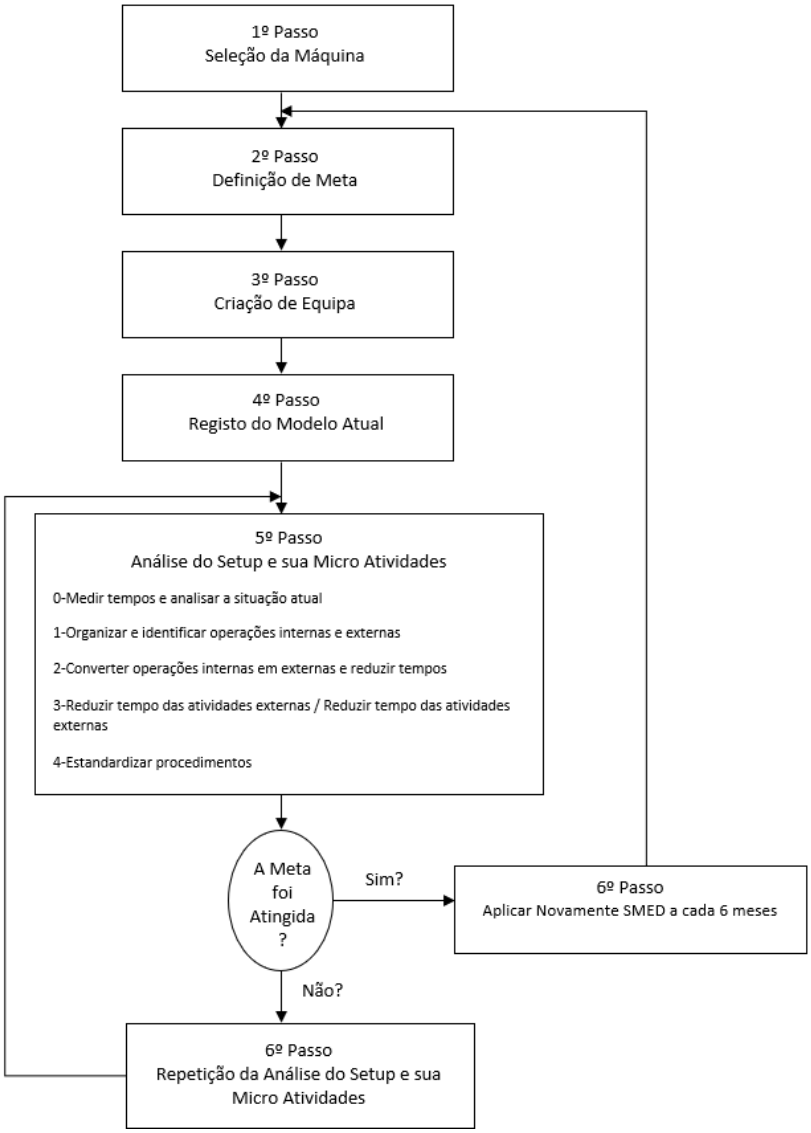

Figura 46- Exemplo de metodologia para a implementação do SMED (Fonte: Kusar, et al., 2010)

5.3.1 Seleção da máquina

A máquina escolhida para a aplicação do SMED foi a DEXT04 uma linha de extrusão da marca Siebe que tinha entrado em funcionamento há pouco tempo e era necessário logo desde início otimizar o processo de produção desta linha.

Na figura 48 podemos ver o esquema da linha de extrusão DEXT04.

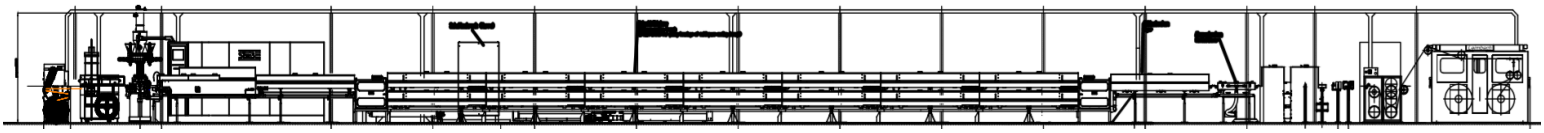

Figura 47- Esquema da linha de extrusão DEXT004 (Fonte: COFICAB, 2019)

- **Caracterização da linha de produção**

Na tabela seguinte podemos ver algumas características da linha em questão:

Tabela 1- Características da linha DEXT004 (Fonte: COFICAB, 2019)

Características	Valor
Tipo de Produto	Cabos Automóvel
Ø do Material de entrada (mm)	1.00mm - 4.00mm
Material do Revestimento	PVC/PP/TPU/XLPE
Espessura do Revestimento (mm)	0.40mm-1.00mm
Diâmetro max. do Revestimento (mm)	6.5mm
Velocidade máxima da Linha (m/min)	400 m/mim

A linha é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Desbobinadora (*Niehoff ARP payoff D630*) (conectada via *Profinet*)
- Enfitadora (*Niehoff tape machine ALB 600*) (com monotorização da tensão da fita)
- Máquina de talco (*Rolf Schlicht talc machine*) (com controlo de fluxo)
- Extrusora (*Main extruder 60-24D*)
- Estação de dosagem (*Dosing station*)
- Cabeça de extrusão (*Crosshead microdia*)
- Bomba de vacuo (*Vacuum pump*)
- Equipamentos de controlo (conectados via *Profinet*)
  -Spark tester (*SPARK 2030-UL*)
  -Câmara de diâmetro e centragem (*Centerview 8010e*)
  -Detetor de nódulos e afundamentos (*Lump 2010 XY*)
- Calha de arrefecimento
- Compensador (Control *dancer capstan HPS 05/300*)
- Bobinadora (*Dual take-up CDH(P)08 Leimbach*)
- Unidade de controlo

De seguida serão apresentadas algumas imagens dos equipamentos que constituem a linha.

Figura 48- Bobinadora (Fonte: Elaboração própria, 2019)

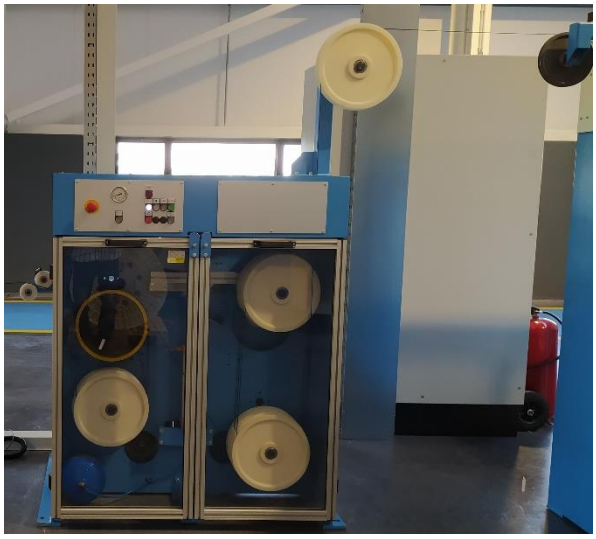

Figura 49- Compensador (Fonte: Elaboração própria, 2019)

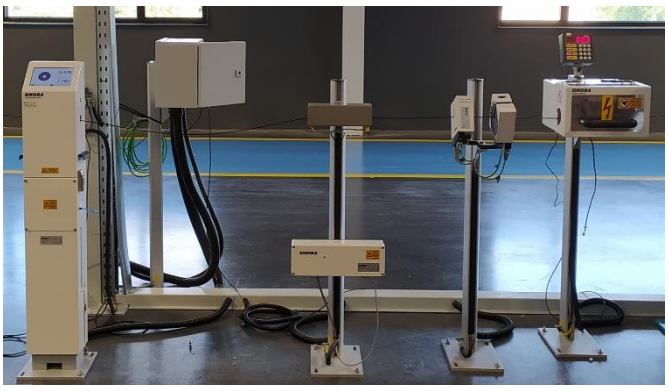

Figura 50- Equipamentos de controlo (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 51- Calha de arrefecimento (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 52- Desbobinadora (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 53- Unidade de controlo (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 54- Extrusora e Estação de dosagem (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 55- Enfitadora (Fonte: Elaboração própria, 2019)

Figura 56- Máquina de talco (Fonte: Elaboração própria, 2019)

5.3.2 Etapa 0 (Caracterização dos *set-up's*)

Antecedendo a aplicação da metodologia SMED, tornou-se necessário efetuar um "diagnóstico", que começou pelo estudo e caracterização dos tipos de *set-up* que eram efetuados nesta linha. Geralmente, este procedimento constitui a etapa zero da metodologia SMED, correspondendo a uma prévia preparação para uma posterior implementação.

Foram identificados três tipos diferentes de *set-up*:

- Mudança de Bobine de alimentação: Ocorre quando uma bobine de alimentação acaba, mas a ordem de fabrico ainda não está completa, sendo necessário carregar uma nova.
- Mudança de referência: ocorre quando a ordem de fabrico está completa e é necessário começar a produzir uma nova, alterando o tipo de fio, cor, etc.
- Quebra de fio: ocorre quando durante a produção existe uma quebra sendo necessário efetuar um *set-up* a fim de corrigir a situação e voltar a arrancar com a produção.

Neste trabalho apenas serão abordados os dois primeiros *set-up's*.

Após a caracterização dos *set-up's* existentes foram identificadas as atividades existentes em cada um.

- Caso *Set-up* Mudança de Bobine de alimentação

Para proceder à realização deste *set-up* o operador deve, após a paragem da linha, proceder à abertura do bypass da cabeça de extrusão, de modo a que o material isolante não obstrua a cabeça de extrusão e a fieira. De seguida é necessário preencher as folhas de produção e imprimir a etiqueta de identificação do produto.

Posteriormente deve remover a bobine produzida do interior da bobinadora e proceder á sua etiquetagem, plastificação e arrumação e é necessário carregar a bobinadora com uma nova bobine vazia. De seguida, o operador terá de marcar a zona de validação de *set-up* com fita-cola de modo a que, posteriormente, seja possível identificar os metros de fio correspondentes ao *set-up* e proceder á sua remoção. Após isto é necessário retirar a anterior bobine de alimentação vazia da desbobinadora e carregar a nova bobine de alimentação. Depois é necessário descarnar o fio de "alimentação" e proceder ao enfiamento da linha e efetuar o nó, unindo assim o fio de alimentação com o restante fio que permanece na linha resultante da produção da bobine anterior.

Após a realização destas atividades, o operador procede ao arranque da linha, a uma velocidade de *set-up*, sendo que este é realizado para cima de uma bobine já produzida que se encontra ainda dentro da bobinadora (a bobinadora tem capacidade para duas bobines). O operador realiza os ajustes necessários na marcação e na porca de ajuste de fieira e antes de dar a velocidade de produção à linha tem de

proceder ao corte do material em excesso no fio resultante do arranque. Seguidamente o operador deve aumentar a velocidade da linha até á velocidade de produção em série e após garantir que a linha está a produzir de forma “estável” deve dar “qualidade”, sendo que o produto começa a ser bobinado para a segunda posição da bobinadora onde se encontra uma bobine vazia.

Na tabela seguinte podem ser vistas as atividades do *set-up* de mudança de bobine de alimentação.

Tabela 2- Atividades do set-up Mudança de bobine de alimentação

Nº	Descrição das atividades	Responsável pelas atividades
1	Parar linha	Operador
2	Abrir bypass	Operador
3	Preencher folha de produção	Operador
4	Tirar etiqueta de produção	Operador
5	Tirar bobine produzida	Operador
6	Etiquetar bobine	Operador
7	Plastificar e arrumar bobine	Operador
8	Carregar nova bobine na bobinadora	Operador
9	Colocar fita-cola (validação fio set-up)	Operador
10	Tirar bobine de alimentação vazia	Operador
11	Preparar nova bobine de alimentação	Operador
12	Carregar nova bobine de alimentação cheia	Operador
13	Descarnar fio/ preparar fio de alimentação	Operador
14	Enfiar linha/ cabeça de extrusão	Operador
15	Dar nó	Operador
16	Arranque da linha	Operador
17	Ajustar porca	Operador
18	Ajustar marcação	Operador
19	Cortar material em excesso	Operador
20	Dar velocidade de produção	Operador
21	Dar qualidade/ troca de bobine	Operador

- Caso *Set-up* Mudança de referência

Para proceder à realização deste *set-up* o operador deve, após a paragem da linha, proceder à abertura do bypass da cabeça de extrusão, de modo a que o material isolante não obstrua a cabeça de extrusão e a fieira. De seguida o operador deverá obter as novas ferramentas de produção (guia, fieira), proceder à paragem do fornecimento do material isolante e purgar a extrusora. Enquanto a extrusora purga deve limpar os colorímetros e as tremonhas, após a purga, deve retirar todas as peças da cabeça de extrusão (distribuidor, filtros, guia, fieira, peça de bypass e redes) e proceder á limpeza destas. Posteriormente o fuso deve ser retirado e limpo tal como a camisa da extrusora. Em seguida o operador deve obter as novas bobines de alimentação e o material isolante necessário para a produção da nova referência. De acordo com o material isolante que irá utilizar deve montar o fuso indicado e de

seguida proceder à montagem da cabeça de extrusão. Após isto deve abastecer a extrusora com material isolante, purgar pela cabeça até obter um material homogéneo e preparar a nova marcação.

Na tabela seguinte podem ser vistas as atividades do *set-up* de mudança de referência

Tabela 3- Atividades do set-up Mudança de referência

Nº	Descrição das atividades	Responsável pelas atividades
1	Obter ordem de produção	Operador
2	Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	Operador
3	Paragem do fornecimento de material isolante	Operador
4	Purgar extrusora	Operador
5	Limpar colorímetros e tremonhas	Operador
6	Retirar distribuidor	Operador
7	Retirar filtros	Operador
8	Retirar guia/ fieira	Operador
9	Retirar bypass	Operador
10	Retirar redes	Operador
11	Limpar distribuidor	Operador
12	Limpar filtros	Operador
13	Limpar guia/ fieira	Operador
14	Limpar bypass	Operador
15	Limpar redes	Operador
16	Retirar fuso	Operador
17	Limpar fuso	Operador
18	Limpar a camisa da extrusora	Operador
19	Obter novo material isolante	Operador
20	Obter bobines de alimentação	Operador
21	Montar fuso a utilizar	Operador
22	Montar cabeça de extrusão	Operador
23	Carregar nova receita	Operador
24	Abastecer extrusora com material isolante	Operador
25	Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	Operador
26	Preparar nova marcação	Operador

Nesta fase verificou-se logo que era possível diminuir os tempos de *set-up* através da organização e padronização das atividades de modo a criar uma sequência de trabalho lógica e evitar assim perdas de tempo desnecessárias. As tabelas utilizadas ao longo do trabalho já apresentam a sequência lógica de trabalho embora o levantamento de tempos nas etapas seguintes seja feito segundo a forma como os operadores procedem e não segundo esta ordem (esta medida será apenas implementada na etapa 3 da metodologia).

5.3.3 Etapa 1 (Levantamento de tempos e Identificação das Atividades Externas e Internas)

Após a determinação e caracterização dos diferentes *set-up's* foi feita uma análise da situação atual, sendo feito um levantamento dos tempos através de observação no terreno e cronometragem. Foram também identificadas as atividades externas e internas.

Para proceder a este levantamento foram utilizadas as seguintes tabelas:

Tabela 4- Tabela levantamento de tempos set-up Mudança bobine de alimentação

COFICAB SMED Linha 4 Set-up: Mudança Bobine Alimentação				Turno: Operadores:			Issued by: Bruno Ferreira Date: 25/01/2020
Nº	Descriçao das actividades	Responsável pelas act.	Duração (mim)	Tempo Acumulado	Interna	Externa	comentário
1	Parar linha	Operador	00:05:00	00:05:00	X		
2	Abrir bypass	Operador	00:05:00	00:10:00	X		
3	Prenxer folha de podução	Operador	00:19:00	00:29:00		X	
4	Tirar etiqueta de produção	Operador	00:12:00	00:41:00		X	
5	Tirar bobine produzida	Operador	00:35:00	01:16:00		X	
6	Etiquetar bobine	Operador	00:12:00	01:28:00		X	
7	Plastificar e arrumar bobine	Operador	00:20:00	01:48:00		X	
8	Carregar nova bobine na bobinadora	Operador	00:18:00	02:06:00		X	
9	Colocar fita-cola (validação fio set-up)	Operador	00:20:59	02:26:59	X		
10	Tirar bobine de alimentação vazia	Operador	00:17:16	02:44:15	X		
11	Preparar nova bobine de alimentação	Operador	00:15:00	02:59:15	X		
12	Carregar nova bobine de alimentação cheia	Operador	00:42:04	03:41:19	X		
13	Descarnar fio/ preparar fio de alimentação	Operador	00:22:04	04:03:23	x		
14	Enfiar linha/ cabeça de extrusão	Operador	01:11:54	05:15:17	X		
15	Dar nó	Operador	00:27:44	05:43:01	X		
16	Arranque da linha	Operador	00:31:16	06:14:17	X		
17	Ajustar porca	Operador	00:00:00	06:14:17	X		
18	Ajustar marcação	Operador	00:00:00	06:14:17	X		
19	Cortar material em excesso	Operador	00:56:06	07:10:23	X		
20	Dar velocidade de produção	Operador	00:05:00	07:15:23	X		
21	Dar quallidade/ troca de bobine	Operador	00:34:38	07:50:01	X		
		Totais		07:50:01	15	6	

Tabela 5- Tabela levantamento de tempos set-up Mudança de referência

COFICAB SMED Linha 4 Set-up: Mudança de Referencia				Turno: Operadores:			Issued by: Bruno Ferreira Date: 20/01/2020
Nº	Descriçao das actividades	Responsável pelas act.	Duração (mim)	Tempo Acumulado	Interna	Externa	comentário
1	Obter ordem de produção	Operador	0:00:00	0:00:00		x	
2	Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	Operador	2:00:00	2:00:00	x		
3	Paragem do fornecimento de material isolante	Operador	0:20:00	2:20:00	x		
4	Purgar extrusora	Operador	8:10:00	10:30:00	x		
5	Limpar colorímetros e tremonhas	Operador	1:27:00	11:57:00	x		
6	Retirar distribuidor	Operador	1:42:00	13:39:00	x		
7	Retirar filtros	Operador	1:57:00	15:36:00	x		
8	Retirar guia/ fieira	Operador	1:12:00	16:48:00	x		
9	Retirar bypass	Operador	1:40:00	18:28:00	x		
10	Retirar redes	Operador	0:10:00	18:38:00	x		
11	Limpar distribuidor	Operador	0:30:00	19:08:00	x		
12	Limpar filtros	Operador	1:30:00	20:38:00	x		
13	Limpar guia/ fieira	Operador	0:30:00	21:08:00	x		
14	Limpar bypass	Operador	1:10:00	22:18:00	x		
15	Limpar redes	Operador	0:20:00	22:38:00	x		
16	Retirar fuso	Operador	1:30:00	24:08:00	x		
17	Limpar fuso	Operador	3:30:00	27:38:00	x		
18	Limpar a camisa da extrusora	Operador	1:22:00	29:00:00	x		
19	Obter novo material isolante	Operador	0:55:00	29:55:00		x	
20	Obter bobines de alimentação	Operador	0:40:00	30:35:00		x	
21	Montar fuso a utilizar	Operador	0:40:00	31:15:00	x		
22	Montar cabeça de extrusão	Operador	3:42:00	34:57:00	x		
23	Carregar nova receita	Operador	0:30:00	35:27:00		x	
24	Abastecer extrusora com material isolante	Operador	0:20:00	35:47:00	x		
25	Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	Operador	4:56:00	40:43:00	x		
26	Preparar nova marcação	Operador	0:33:00	41:16:00	x		
		Totais		41:16:00	19	7	

De seguida foi feito um estudo para perceber qual era o tempo médio de cada *set-up* e atividade e perceber quais as atividades com mais impacto nos tempos de *set-up*, tendo assim uma melhor ideia das atividades a melhorar.

Nas tabelas seguintes podemos ver a vermelho as atividades dos diferentes *set-up's* que tiveram tempos de execução superiores à média. Nas duas últimas colunas do lado direito são apresentados os tempos médios de cada atividade e o tempo médio acumulado. Podemos ver ainda no canto inferior direito e a amarelo o tempo médio do *set-up*.

Tabela 6- Tabela estudo do set-up Mudança de bobine de alimentação

								Média de tempos	
Nº	Descriçao das actividades	1	2	3	4	5	6	Duração (mim)	Tempo Acumulado
1	Parar linha	00:05:00	00:04:00	00:05:00	00:05:00	00:05:00	00:06:00	00:05:00	00:05:00
2	Abrir bypass	00:05:00	00:05:00	00:05:00	00:04:00	00:06:00	00:04:00	00:04:50	00:09:50
3	Preencher folha de produção	00:19:00	00:22:00	00:21:00	00:21:00	00:28:00	00:24:00	00:22:30	00:32:20
4	Tirar etiqueta de produção	00:12:00	00:14:00	00:16:00	00:15:00	00:14:00	00:13:00	00:14:00	00:46:20
5	Tirar bobine produzida	00:35:00	00:34:00	00:42:00	00:33:00	00:45:00	00:36:00	00:37:30	01:23:50
6	Etiquetar bobine	00:12:00	00:11:00	00:12:00	00:10:00	00:11:00	00:10:00	00:11:00	01:34:50
7	Plastificar e arrumar bobine	00:20:00	00:19:00	00:21:00	00:20:30	00:20:00	00:24:00	00:20:45	01:55:35
8	Carregar nova bobine na bobinadora	00:18:00	00:22:00	00:18:00	00:18:00	00:18:00	00:18:00	00:18:40	02:14:15
9	Colocar fita-cola (validação fio set-up)	00:20:59	00:17:58	00:24:04	00:17:32	00:15:42	00:15:12	00:18:34	02:32:50
10	Tirar bobine de alimentação vazia	00:17:16	00:30:16	00:19:00	00:35:10	00:29:10	00:26:19	00:26:12	02:59:01
11	Preparar nova bobine de alimentação	00:15:00	00:17:00	00:16:00	00:15:00	00:14:00	00:17:00	00:15:40	03:14:41
12	Carregar nova bobine de alimentação cheia	00:42:04	01:02:00	01:20:12	00:53:04	01:07:14	01:10:14	01:02:28	04:17:09
13	Descarnar fio/ preparar fio de alimentação	00:22:04	00:20:00	00:18:00	00:28:00	00:23:00	00:19:39	00:21:47	04:38:56
14	Enfiar linha/ cabeça de extrusão	01:11:54	00:47:23	01:40:54	00:42:35	00:52:55	00:42:55	00:59:46	05:38:43
15	Dar nó	00:27:44	00:44:44	00:40:37	00:39:46	00:39:56	00:28:36	00:36:53	06:15:35
16	Arranque da linha	00:31:16	00:35:16	00:27:33	00:26:17	00:26:17	00:20:17	00:27:49	06:43:25
17	Ajustar porca	00:00:00	00:00:00	00:37:00	00:00:00	00:00:00	00:10:17	00:07:53	06:51:18
18	Ajustar marcação	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:19:39	00:03:16	06:54:34
19	Cortar material em excesso	00:56:06	00:50:19	00:00:00	01:22:26	00:56:22	00:51:16	00:49:25	07:43:59
20	Dar velocidade de produção	00:05:00	00:04:00	00:06:00	00:07:00	00:06:00	00:09:00	00:06:10	07:50:09
21	Dar qualidade/ troca de bobine	00:34:38	00:32:08	00:39:38	00:43:34	00:53:14	00:43:14	00:41:04	08:31:13
	total	07:50:01	08:12:04	09:08:53	08:36:54	08:50:50	08:28:38	--	08:31:13

Tabela 7- Tabela do estudo do set-up de Mudança de referência

								Média de tempos	
Nº	Descriçao das actividades	1	2	3	4	5	6	Duração (mim)	Tempo Acumulado
1	Obter ordem de produção	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
2	Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	2:00:00	2:22:00	3:02:00	1:30:00	1:30:00	2:05:00	2:04:50	2:04:50
3	Paragem do fornecimento de material isolante	0:20:00	0:23:00	0:10:00	0:15:00	0:15:00	0:18:00	0:16:50	2:21:40
4	Purgar extrusora	8:10:00	6:50:00	7:50:00	7:10:00	6:30:00	8:20:00	7:28:20	9:50:00
5	Limpar colorímetros e tremonhas	1:27:00	1:47:00	1:27:00	1:27:00	1:44:00	1:17:00	1:31:30	11:21:30
6	Retirar distribuidor	1:42:00	1:32:00	1:42:00	1:32:00	1:59:00	1:46:00	1:42:10	13:03:40
7	Retirar filtros	1:57:00	2:12:00	1:52:00	1:47:00	2:11:00	2:21:00	2:03:20	15:07:00
8	Retirar guia/ fieira	1:12:00	1:08:00	1:27:00	1:25:00	1:45:00	1:18:00	1:22:30	16:29:30
9	Retirar bypass	1:40:00	1:31:00	1:51:00	1:40:00	2:03:00	1:49:00	1:45:40	18:15:10
10	Retirar redes	0:10:00	0:11:00	0:14:00	0:10:00	0:14:00	0:11:00	0:11:40	18:26:50
11	Limpar distribuidor	0:30:00	0:27:00	0:37:00	0:32:00	0:39:00	0:37:00	0:33:40	19:00:30
12	Limpar filtros	1:30:00	1:59:00	2:32:00	1:30:00	1:44:00	2:13:00	1:54:40	20:55:10
13	Limpar guia/ fieira	0:30:00	0:24:00	0:44:00	0:30:00	0:39:00	0:34:00	0:33:30	21:28:40
14	Limpar bypass	1:10:00	1:29:00	1:39:00	1:10:00	1:26:00	1:19:00	1:22:10	22:50:50
15	Limpar redes	0:20:00	0:15:00	0:11:00	0:10:00	0:12:00	0:14:00	0:13:40	23:04:30
16	Retirar fuso	1:30:00	2:39:00	1:19:00	2:50:00	1:55:00	1:46:00	1:59:50	25:04:20
17	Limpar fuso	3:30:00	4:44:00	2:54:00	3:45:00	3:27:00	3:24:00	3:37:20	28:41:40
18	Limpar a camisa da extrusora	1:22:00	2:52:00	1:52:00	2:22:00	2:52:00	2:22:00	2:17:00	30:58:40
19	Obter novo material isolante	0:55:00	0:47:00	1:10:00	0:53:00	1:30:00	0:40:00	0:59:10	31:57:50
20	Obter bobines de alimentação	0:40:00	0:33:00	0:44:00	0:39:00	0:30:00	0:25:00	0:35:10	32:33:00
21	Montar fuso a utilizar	0:40:00	0:33:00	0:33:00	0:43:00	0:53:00	0:41:00	0:40:30	33:13:30
22	Montar cabeça de extrusão	3:42:00	3:53:00	4:12:00	4:25:00	4:25:00	3:13:00	3:58:20	37:11:50
23	Carregar nova receita	0:30:00	0:25:00	0:25:00	0:35:00	0:41:00	0:35:00	0:31:50	37:43:40
24	Abastecer extrusora com material isolante	0:20:00	0:18:00	0:12:00	0:18:00	0:15:00	0:16:00	0:16:30	38:00:10
25	Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	4:56:00	5:10:00	4:58:00	5:26:00	5:56:00	5:50:00	5:22:40	43:22:50
26	Preparar nova marcação	0:33:00	0:35:00	0:29:00	0:23:00	0:33:00	0:35:00	0:31:20	43:54:10
	totais	41:16:00	44:59:00	44:06:00	43:07:00	45:48:00	44:09:00	--	43:54:10

Com base no estudo efetuado aos processos de *set-up* estabeleceram-se gráficos, presentes nas figuras 57 e 58, com a distribuição em percentagem de tempo no *set-up* de cada uma das atividades. Percebeu-se que as etapas que consumiam a maior tempo eram:

- No caso Mudança de Bobine de alimentação:

Carregar nova bobine de alimentação cheia (12%), enfiar linha/ cabeça de extrusão (12%) e cortar material em excesso (10%)

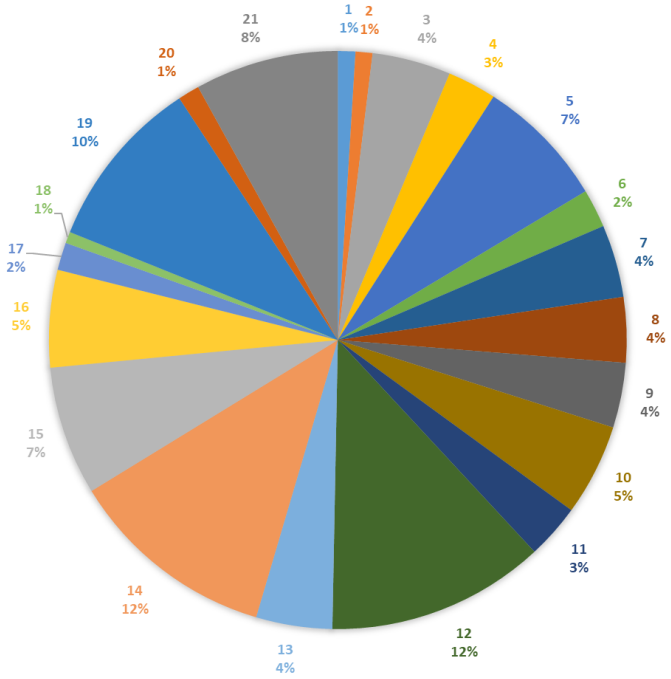

Figura 57- Distribuição em percentagem de tempo no set-up de mudança de bobine de alimentação de cada uma das atividades

- No caso Mudança de referência:

Purgar extrusora (17%), purgar pela cabeça até obter material homogéneo (13%) e montar cabeça de extrusão (9).

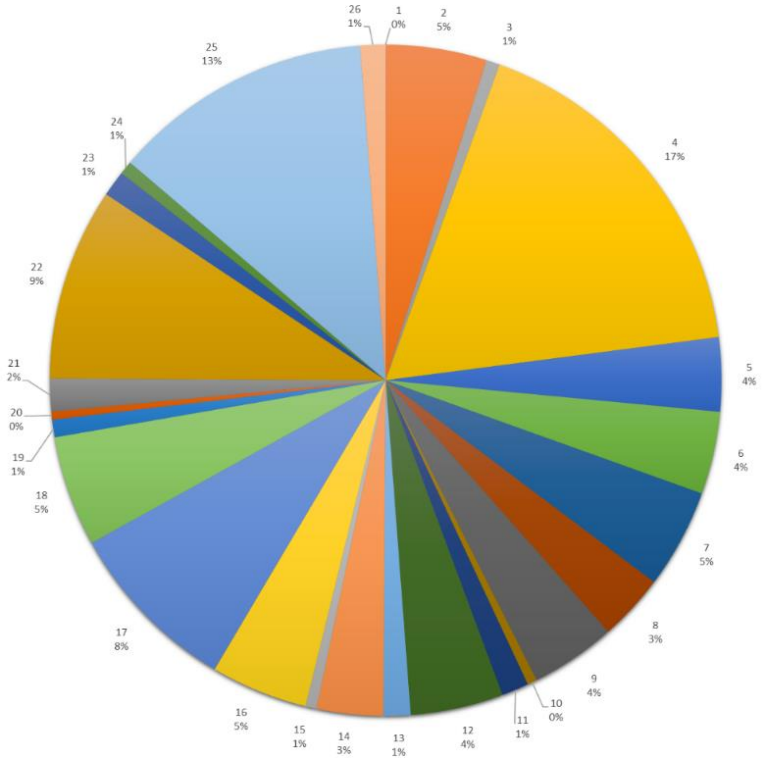

Figura 58- Distribuição em percentagem de tempo no set-up de mudança de referência de alimentação de cada uma das atividades

5.3.4 Etapa 2 (Converter Atividades Internas em Externas)

A próxima fase consistiu em transformar as tarefas internas em externas.

Após a análise dos tempos e Identificação das Atividades Externas e Internas verificou-se que algumas atividades internas podiam ser transformadas em atividades externas, ou seja, podiam ser executadas com a linha em produção e desta forma não contribuir para o tempo de paragem da linha. Nas figuras seguintes podemos ver quais as atividades internas e externas antes e depois da conversão.

- Caso Mudança de Bobine de alimentação

Tabela 8- Conversão das atividades internas em externas no set-up Mudança de bobine de alimentação

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Parar linha	00:05:00	Prenxer folha de produção	00:22:30
Abrir bay-pass	00:04:50	Tirar etiqueta de produção	00:14:00
Colocar fita-cola (validação fio set-up)	00:18:34	Tirar bobine produzida	00:37:30
Tirar bobine de alimentação vazia	00:26:12	Etiquetar bobine	00:11:00
Preparar nova bobine de alimentação	00:15:40	Plastificar e arrumar bobine	00:20:45
Carregar nova bobine de alimentação cheia	01:02:28	Carregar nova bobine na bobinadora	00:18:40
Descarnar fio/ Dreparar fio de alimentação	00:21:47	**6**	**02:04:25**
Enfiar linha/ cabeça de extrusão	00:59:46		
Dar nó	00:36:53		
Arranque da linha	00:27:49		
Ajustar porca	00:07:53		
Ajustar marcação	00:03:16		
Cortar material em excesso	00:49:25		
Dar velocidade de produção	00:06:10		
Dar quallidade/ troca de bobine	00:41:04		
15	**06:26:48**		

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Parar linha	00:05:00	Prenxer folha de poduçao	00:22:30
Abrir bay-pass	00:04:50	Tirar etiqueta de produçao	00:14:00
Colocar fita-cola (validação fio set-up)	00:18:34	Tirar bobine produzida	00:37:30
Tirar bobine de alimentação vazia	00:26:12	Etiquetar bobine	00:11:00
Carregar nova bobine de alimentação cheia	01:02:28	Plastificar e arrumar bobine	00:20:45
Enfiar linha/ cabeça de extrusão	00:59:46	Carregar nova bobine na bobinadora	00:18:40
Dar nó	00:36:53	Preparar nova bobine de alimentação	00:15:40
Arranque da linha	00:27:49	Descarnar fio/ Preparar fio de alimentação	00:21:47
Ajustar porca	00:07:53	**8**	**02:41:52**
Ajustar marcação	00:03:16		
Cortar material em excesso	00:49:25		
Dar velocidade de produção	00:06:10		
Dar quallidade/ troca de bobine	00:41:04		
13	**05:49:21**		

As atividades convertidas foram: Preparar nova bobine de alimentação e descarnar fio/ preparar fio de alimentação.

Ou seja, no primeiro caso era possível o operador retirar o plástico e colocar a nova bobine de alimentação próxima da *pay-off*, enquanto a linha ainda estava em produção.

O segundo ponto consiste em antecipar a preparação do fio, ou seja, descarnar o fio, para depois ser efetuado o enfiamento da linha de forma mais fácil.

Com estas mudanças prevê-se que haja uma melhoria de cerca de 31:47s o que equivale a uma otimização de 9,8%, como se pode ver pela tabela seguinte

Tabela 9- Otimização apos aplicação da etapa 2 no set-up Mudança de bobine de alimentação

Antes	Depois	Diferença
06:26:48	05:49:21	00:37:27
Otimização de:		9,80%

- Caso Mudança de referência

Tabela 10- Conversão das atividades internas em externas no set-up Mudança de referência

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	02:04:50	Obter ordem de produção	00:00:00
Paragem do fornecimento de material isolante	00:16:50	Obter novo material isolante	00:59:10
Purgar extrusora	07:28:20	Obter bobines de alimentação	00:35:10
Limpar colorimetros e tremonhas	01:31:30	Carregar nova receita	00:31:50
Retirar distribuidor	01:42:10	**4**	**2:06:10**
Retirar filtros	02:03:20		
Retirar guia/ fieira	01:22:30		
Retirar by-pass	01:45:40		
Retirar redes	00:11:40		
Limpar distribuidor	00:33:40		
Limpar filtros	01:54:40		
Limpar guia/ fieira	00:33:30		
Limpar by-pass	01:22:10		
Limpar redes	00:13:40		
Retirar fuso	01:59:50		
Limpar fuso	03:37:20		
Limpar a camisa da extrusora	02:17:00		
Montar fuso a utilizar	00:40:30		
Montar cabeça de extrusão	03:58:20		
Abastecer extrusora com material isolante	00:16:30		
Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	05:22:40		
Preparar nova marcação	00:31:20		
22	**41:48:00**		

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Paragem do fornecimento de material isolante	00:16:50	Obter ordem de produção	00:00:00
Purgar extrusora	07:28:20	Obter novo material isolante	00:59:10
Limpar colorimetros e tremonhas	01:31:30	Obter bobines de alimentação	00:35:10
Retirar distribuidor	01:42:10	Carregar nova receita	00:31:50
Retirar filtros	02:03:20	Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	02:04:50
Retirar guia/ fieira	01:22:30	Limpar filtros	01:54:40
Retirar by-pass	01:45:40	Limpar guia/ fieira	00:33:30
Retirar redes	00:11:40	Limpar fuso	03:37:20
Limpar distribuidor	00:33:40	**8**	**10:16:30**
Limpar by-pass	01:22:10		
Limpar redes	00:13:40		
Retirar fuso	01:59:50		
Limpar a camisa da extrusora	02:17:00		
Montar fuso a utilizar	00:40:30		
Montar cabeça de extrusão	03:58:20		
Abastecer extrusora com material isolante	00:16:30		
Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	05:22:40		
Preparar nova marcação	00:31:20		
17	**33:37:40**		

As atividades convertidas foram: Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira), limpar filtros, limpar guia/ fieira, limpar fuso.

Ou seja, no primeiro caso é possível a ferramentaria ou o chefe de equipa proceder previamente à entrega das ferramentas após conhecimento da próxima ordem de produção.

O segundo ponto consiste em proceder à limpeza do guia, feira e filtros na ferramentaria, apesar de depois de estes arrefecerem a sua limpeza ser mais difícil.

No caso da limpeza do fuso, caso o fuso a utilizar seja diferente do utilizado previamente, é possível proceder à limpeza deste depois do *set-up* estar concluído e a linha ter arrancado na produção de uma nova referência.

Com estas mudanças prevê-se que haja uma melhoria de cerca de 8:10:20 minutos o que equivale a uma otimização de 19,60%, como se pode ver pela tabela seguinte

Tabela 11- Otimização após aplicação da etapa 2 no set-up Mudança de referência

Antes	Depois	Diferença
41:48:00	33:37:40	8:10:20
Otimização de:		19,60%

5.3.5 Etapa 3 (Reduzir ou Eliminar as Atividades Internas e externas)

Esta etapa da metodologia SMED, teve como objetivo reduzir ou eliminar as atividades internas e externas.

Após um estudo das diversas ações possíveis, ficaram apresentadas as seguintes propostas de melhoria para reduzir tempos e facilitar o *set-up*:

- **Gerais**

➢ Organização e padronização das atividades de modo a criar uma sequência de trabalho lógica.
➢ Implementação da metodologia 5's com o objetivo de ter uma maior organização e limpeza e evitar perdas de tempo por exemplo com procura de ferramentas.

- ***Set-up* Mudança de Bobine de alimentação**

➢ Abrir bypass antes da paragem da linha a fim de evitar que fique material dentro da cabeça de extrusão e este material queime, o que irá dificultar o enfiamento e irá provocar a existência de material em excesso no arranque que terá de ser cortado a fim de não provocar uma quebra de fio.
➢ Estudar e definir uma velocidade de rotação do fuso no arranque de modo a ter um arranque mais suave e assim evitar existência de material excesso no arranque que terá de ser cortado a fim de não provocar uma quebra de fio.

Com estas propostas prevê-se a seguinte melhoria tabela 12:

Tabela 12- Melhoria prevista após aplicação da etapa 3 no set-up de mudança de bobine de alimentação

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Parar linha	00:05:00	Prenxer folha de poduçao	00:22:30
Abrir bay-pass	00:04:50	Tirar etiqueta de produçao	00:14:00
Colocar fita-cola (validação fio set-up)	00:18:34	Tirar bobine produzida	00:37:30
Tirar bobine de alimentação vazia	00:26:12	Etiquetar bobine	00:11:00
Carregar nova bobine de alimentação cheia	01:02:28	Plastificar e arrumar bobine	00:20:45
Enfiar linha/ cabeça de extrusão	00:59:46	Carregar nova bobine na bobinadora	00:18:40
Dar nó	00:36:53	Preparar nova bobine de alimentação	00:15:40
Arranque da linha	00:27:49	Descarnar fio/ Preparar fio de alimentação	00:21:47
Ajustar porca	00:07:53	**8**	**02:41:52**
Ajustar marcação	00:03:16		
Cortar material em excesso	00:24:42		
Dar velocidade de produção	00:06:10		
Dar quallidade/ troca de bobine	00:41:04		
13	**05:24:38**		

É espectável conseguir reduzir o tempo de uma atividade, sendo esta: Cortar material em excesso.

Prevê-se reduzir o tempo da atividade em cerca de metade perfazendo uma redução de cerca de 00:24:42 minutos em relação á etapa 2 da metodologia.

Com estas mudanças prevê-se que haja uma melhoria de cerca de 01:02:10 minutos no total o que equivale a uma otimização de 16,10%, do tempo total de *set-up*, como se pode ver pela tabela seguinte:

Tabela 13- Otimização após aplicação da etapa 3 no set-up Mudança de bobine de alimentação

Antes	Depois	Diferença
06:26:48	05:24:39	01:02:10
Otimização de:		16,10%

- ***Set-up* Mudança de referência**

➢ Antecipar a paragem de fornecimento de material para que seja possível previamente esvaziar os colorímetros e tremonhas e de modo a começar a purgar a extrusora durante a produção dos últimos metros de fio (necessário estudar a quantidade de metros que é possível produzir após a paragem de fornecimento do material).

Com estas propostas prevê-se a seguinte melhoria tabela 14:

Tabela 14- Melhoria prevista após aplicação da etapa 3 no set-up de mudança de referência

Actividades internas	Tempo médio	Actividades externas	Tempo médio
Paragem do fornecimento de material isolante	00:00:00	Obter ordem de produção	00:00:00
Purgar extrusora	03:44:10	Obter novo material isolante	00:59:10
Limpar colorimetros e tremonhas	00:45:45	Obter bobines de alimentação	00:35:10
Retirar distribuidor	01:42:10	Carregar nova receita	00:31:50
Retirar filtros	02:03:20	Obter novas ferramentas de produção (guia, fieira)	02:04:50
Retirar guia/ fieira	01:22:30	Limpar filtros	01:54:40
Retirar by-pass	01:45:40	Limpar guia/ fieira	00:33:30
Retirar redes	00:11:40	Limpar fuso	03:37:20
Limpar distribuidor	00:33:40	**8**	**10:16:30**
Limpar by-pass	01:22:10		
Limpar redes	00:13:40		
Retirar fuso	01:59:50		
Limpar a camisa da extrusora	02:17:00		
Montar fuso a utilizar	00:40:30		
Montar cabeça de extrusão	03:58:20		
Abastecer extrusora com material isolante	00:16:30		
Purgar pela cabeça até obter material homogéneo	05:22:40		
Preparar nova marcação	00:31:20		
17	**28:50:55**		

É espectável conseguir reduzir o tempo de três atividades, que são elas: Paragem do fornecimento de material isolante, purgar extrusora, limpar colorímetros e tremonhas.

Prevê-se reduzir na totalidade a primeira atividade e as outras duas em cerca de metade perfazendo uma redução de cerca de 4:46:45 minutos em relação á etapa 2 da metodologia.

Com estas mudanças prevê-se que haja uma melhoria de cerca de 12:57:05 minutos o que equivale a uma otimização de 31,00%, do tempo total de *set-up*, como se pode ver pela tabela seguinte:

Tabela 15- Otimização após aplicação da etapa 3 no set-up Mudança de referência

Antes	Depois	Diferença
41:48:00	28:50:55	12:57:05
Otimização de:		31,00%

Não foi possível verificar na prática o resultado destas propostas devido à falta de produção e tempo provocados pela pandemia do covid-19.

As medidas “gerais” não foram contempladas nesta previsão visto que apenas seria possível saber a seu impacto através da sua execução prática.

5.3.6 Análise dos Resultados Obtidos

Não foi possível verificar os resultados do SMED na prática devido à falta de produção e tempo provocados pela pandemia do covid-19, sendo só possível ter me ficado por uma previsão teórica.

No seguimento dos capítulos anteriores e em jeito de previsão é espectável que com as medidas mencionadas ao logo deste trabalho fosse atingida uma otimização de 31% no *set-up* de mudança de referência e 16,1% no *set-up* de mudança de bobine de alimentação.

Embora considerando que estes resultados não passam de uma previsão os resultados da implementação da metodologia SMED são considerados bastante positivo pois a COFICAB é uma empresa com bastantes anos de atividade, ao logo dos quais os seus processos foram evoluindo e sendo otimizados, tornando mais difíceis novas otimizações.

Para esta metodologia continuar a ser bem-sucedida é necessário o envolvimento de toda a organização, desde a gestão de topo até aos colaboradores da linha de produção. Este envolvimento por parte de toda a equipa é um ponto fundamental para o sucesso e continuidade da implementação desta filosofia.

Um dos objetivos iniciais, focava-se na implementação das propostas de melhoria para que fosse possível fazer uma comparação entre os resultados obtidos antes da implementação das propostas e os resultados após. A realização deste ponto não foi possível devido ao covid-19.

6. CONCLUSÃO

Inserido no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos este relatório de estágio vem culminar um percurso de formação académica e fazer a ponte com o mundo do trabalho.

Apesar de por vezes atribulado, o estágio foi bastante enriquecedor, pois permitiu colocar em prática ou observar alguns dos conceitos teóricos estudados durante estes anos de formação, e um primeiro contacto com a indústria. As principais dificuldades sentidas no decurso do estágio, prenderam-se com a adaptação a um ambiente industrial e com grandes exigências a todos os níveis da indústria automóvel.

Sendo o principal objetivo deste relatório de estágio a implementação da Metodologia SMED, com o foco na diminuição dos tempos de *set-up*, considera-se que o objetivo foi alcançado, já que foram identificados os “problemas” que causavam a demora e atingido uma otimização, embora teórica, de 31% no *set-up* de mudança de referência e 16,1% no *set-up* de mudança de bobine de alimentação.

Este trabalho poderia ser ainda mais completo se tivesse sido possível realizar de facto a implementação das propostas de melhoria e comparar os tempos antes e depois da aplicação da metodologia.

Como trabalho futuro, e considerando, não só, os resultados obtidos, mas também o ponto que ficou por realizar, é proposto realizar a implementação das ações de melhoria propostas para que deste modo seja possível obter resultados comparativos que levem à proposta de novas ações que poderão assim otimizar cada vez mais a linha de produção.

Ainda ao nível de sugestões para trabalhos futuros, temos a implementação da metodologia SMED em outras linhas de produção da empresa.

Em conclusão do trabalho realizado na COFICAB é importante realçar o desenvolvimento profissional e pessoal ao longo do estágio.

Com um ambiente de trabalho exigente e dinâmico onde houve imensas ocasiões de aprendizagem, pois diariamente surgiam novos desafios para ultrapassar, o que contribuiu para uma forte aquisição de competências técnicas e práticas.

Por fim, este estágio permitiu-me evoluir e estar melhor preparado para o mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEA (2018). *https://www.acea.be/*. European Automobile Manufacturers Association (página internet oficial), Bruxelas.

ACEA (2019). *The Automobile Industry Pocket Guide.* European Automobile Manufacturers Association, Bruxelas.

AFIA (2020). *https://afia.pt/*. Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (página internet oficial), Leça da Palmeira.

AFIA (2012). AFIA – Auto Components.

AICEP (2020). *http://www.portugalglobal.pt/*. Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (página internet oficial), Porto.

AICEP (2016). *Indústria Automóvel e Componentes*. Associação Automóvel de Portugal. Portugal Global, nº 87, Portugal.

Austin, A. (2013). *A case study of value streams and lean implementation for a small print shop*. Rochester Institute of Technology. Nova Iorque.

Badenhorst-Weiss, J. & Ambe, I. (2010). *Strategic supply chain framework for the automotive*. African Journal of Business Management.

Bidarra T. (2011). *Implementação da metodologia SMED numa empresa do sector da indústria automóvel*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências da Engenharia da Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Bonaparte M. E. (2019). *A Indústria Automóvel e o Caminho para a Sustentabilidade*. Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais – Ramo da Logística, Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal.

Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P. & Gonçalves, M. A. (2017). *Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area*. Manufacturing Engineering Society International Conference 2017. Procedia Manufacturing. Vol. 13, pp. 1112-1119. Vigo.

Carvalho, L. M. (2017). https://www.linkedin.com/pulse/os-5-princ%C3%ADpios-do-lean-manufacturing-rodrigues-de-carvalho*. Os 5 princípios do Lean Manufacturing*.

Cleto, M. (2002). *A gestão da produção nos últimos 45 anos*. FAE Business, nº4, pp. 39-41. Paraná.

COFICAB. (2019). Documentos facultados por COFICAB. Guarda.

Cruz N. M. P. (2013). *Implementação de ferramentas de Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga.

Domingues P. (2012). *Aplicação da Metodologia SMED em Linhas de Montagem de Correntes de Rolo*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Fernandes J. (2017). *Competitividade da Indústria Automóvel Portuguesa*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

Ferreira A. (2017). *Desenvolvimento da metodologia TPM numa empresa do ramo automóvel*. Relatório de Estágio de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.

Ferreira V. V. (2018). *Metodologia SMED – Estudo do Trabalho e Redução dos Tempos de Setup.* Tese de Mestrado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu do Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.

Inteli. (2003). Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal. Ministério da Economia e Inovação. Portugal.

Jordão M. (2019). *A Indústria Automóvel em Portugal*. Nota informativa, Estatísticas Setoriais, Direção-Geral das Atividades Económicas, Portugal.

Kapadia, S. (2018). *Moving parts: How the automotive industry is transforming*. Supply Chain Dive. Washington

Kusar, J., Berlec, T., Žefran, F. & Starbek, M. (2010). *Reduction of Machine Setup Time*. Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 56, nº 12, pp 833-844. Ljubljana.

Lešková, A. (2012). *Logistics concept of supply chain in automotive production*. Koncepce logistiky dodavatelského řetězce v automobilové výrobě. Eslováquia.

Liker, J., Morgan, J. (2006). *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*. Academy of Management Perspectives. Nova Iorque.

Lourenço E. (2019). *Process Optimization in the Core Manufacturing Department of a Foundry Industry.* Relatório de Estágio de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.

Martins, M. (*2017). O que é o Lean Manufacturing e como a tecnologia ajuda a reduzir desperdícios. Flowtech. Leça da Palmeira.*

Min, W. & Sui Pheng, L. (2007). *Modeling just-in-time purchasing in the ready mixed concrete industry.* International Journal of Production Economics. Vol. 107, nº1.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Productivity Press*. Nova Iorque.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production.*

OICA (2020). *https://www.oica.net/*. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (página internet oficial), Paris.

Paulo F. (2019). *Estudo de Implementação da metodologia SMED em linha de produção.* Relatório de Estágio de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.

Pinto, J. L. (2009). *Modelo de Implementação do pensamento JIT – Uma abordagem prática aos conceitos*. Publindustria Edições Técnicas. Porto.

Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking, Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking. Vol. 1, pp. 1-28.

Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel – Edições Técnicas, lda. Lisboa.

Ribeiro, M. (2015). *Aplicação da metodologia lean à melhoria dos processos na indústria dos resíduos de construção e demolição*. *O caso da Ambisider – Recuperações Ambientais, S.A.* Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Robalo M. M. (2016). *SMED implementation in electron beam machine applied in automotive industry*, Dissertação de Mestrado (Versão Provisória), Departamento de Ciências de Engenharias, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Selas J. M. (2012). *Aplicação de SMED a uma máquina de moldes*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro, Aveiro.

Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED System*. Cambridge: Productivity Press. Portland.

Statista, T. S. (2018). *Revenue of the leading automotive manufacturers worldwide in 2017*.

Sugai M., McIntosh R. I. e Novaski O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gest. Prod. Vol. 14, nº 2, pp. 323-335, São Carlos

Triconsulte. (2016). *Outlook do Setor Automóvel na Europa*. Portugal.