

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Flávio Pedro da Silva Costa

**Projeto e reconfiguração de linhas de montagem para novos produtos usando princípios Lean Thinking numa empresa de componentes eletrónicos**

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da Professora

Anabela Carvalho Alves

Julho de 2019

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

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

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

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

### **Licença concedida aos utilizadores deste trabalho**



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**

**CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

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

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



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço e dedico este trabalho à minha mãe, à Joana, à minha família e amigos.

Quero também deixar um agradecimento à excelente equipa docente que tive durante a minha formação académica na Universidade do Minho e, em especial, à minha orientadora de estágio Professora Doutora Anabela Alves.

Por fim, agradeço todo o apoio e disponibilidade demonstrada pela equipa da empresa Aptiv, onde realizei o meu estágio curricular e a dissertação.

## **RESUMO**

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho e decorreu numa empresa de produção de componentes eletrónicos para automóveis chamada Aptiv, em Braga. O principal objetivo do projeto foi projetar e reconfigurar sistemas de produção para a implementação de dois novos produtos na fábrica, usando princípios Lean Thinking. Relativamente ao primeiro produto, foi implementada uma nova linha de montagem final e o segundo produto foi integrado na produção através da reconfiguração de uma linha já existente.

Para realizar esta dissertação usou-se a metodologia de investigação-ação. A dissertação foi iniciada por uma revisão bibliográfica dos conceitos teóricos, ferramentas e técnicas mais relevantes e que foram utilizadas ao longo do projeto. Posteriormente, seguiu-se uma apresentação geral da empresa que inclui a explicação do processo produtivo e de todas as fases constituintes de um projeto para novos produtos. Foi também realizada uma análise das linhas de montagem dos produtos em estudo com o objetivo de identificar e implementar ações de melhoria. Nesta análise foram utilizadas ferramentas de identificação e resolução de problemas, nomeadamente, 5Why, Diagrama de Pareto, Diagrama de Análise de Processos, Diagrama de Sequência, Diagrama de Causa-Efeito. Foram também calculados indicadores de desempenho como Eficiência, Índice de Planura, OE, Capacidade e Produtividade.

A elaboração de um diagnóstico permitiu identificar oportunidades de melhoria nos processos produtivos tendo sido implementadas algumas ações como, por exemplo, projeto e reconfiguração das linhas que incluíram o balanceamento da carga entre postos de trabalho, a implementação de SMED, a implementação da metodologia 5S, a utilização de mecanismos poke-yoke, a criação de instruções de trabalho padronizadas, entre outros.

Através da implementação das ações de melhoria, obtiveram-se resultados bastante satisfatórios a nível de organização, redução de custos em investimento de novos equipamentos, redução de tempos de espera e mudança de equipamentos e economização de espaço, resultando em ganhos na ordem dos 72.979€ por ano.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Lean Thinking, Linhas de montagem, Novos produtos, Componentes Eletrónicos

## **ABSTRACT**

The present dissertation was carried out within the scope of the Integrated Masters in Industrial Engineering and Management of the University of Minho and took place in a company of production of electronic components for automobiles called Aptiv, in Braga. The main goal of the project was to design and reconfigure production systems for the implementation of two new products at the plant using Lean Thinking principles. Regarding the first product, a new final assembly line was implemented and the second product was integrated into production through the reconfiguration of an existing line.

To carry out this dissertation the action-research methodology was used. The dissertation was initiated by a bibliographical review of the most relevant theoretical concepts, tools and techniques that were used throughout the project. Subsequently, it followed a general presentation of the company that includes the explanation of the productive process and all the constituent phases of a project for new products. An analysis of the assembly lines of the products under study was also carried out with the objective of identifying and implementing improvement actions. In this analysis, tools were used to identify and solve problems, namely, 5Why, Pareto Diagram, Process Analysis Diagram, Sequence Diagram, Cause-Effect Diagram. Performance indicators such as Efficiency, Planura Index, OE, Capacity and Productivity were also calculated.

The elaboration of a diagnosis made it possible to identify opportunities for improvement in the productive processes. Some actions were implemented, such as design and reconfiguration of the lines that included the load balancing between jobs, the implementation of SMED, the implementation of the 5S methodology, the use of poke-yoke mechanisms, the creation of standardized work instructions, among others.

Through the implementation of the improvement actions, satisfactory results were obtained in terms of organization, reduction of costs in investment of new equipment, reduction of waiting times and change of equipment and saving of space, resulting in gains in order of 72,979€ per year.

## **KEYWORDS**

Lean Thinking, Assembly lines, New products, Electronic Components.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão bibliográfica.....	7
2.1 Lean production.....	7
2.1.1 Origem e ascensão do Lean Production.....	7
2.1.2 Toyota Production System (TPS).....	8
2.1.3 Características e objetivos Lean Production.....	11
2.1.4 Princípios Lean Thinking.....	12
2.1.5 Técnicas e ferramentas lean.....	13
2.2 Sistemas de produção orientados ao produto (SPOP).....	19
2.2.1 Definição de SPOP.....	19
2.2.2 Projeto detalhado de células.....	19

2.3	Indicadores de desempenho.....	22
3.	Apresentação da Empresa .....	25
3.1	Aptiv global .....	25
3.2	Aptiv Braga .....	25
3.2.1	História da fábrica de Braga.....	26
3.2.2	Produtos e principais clientes.....	27
3.2.3	Descrição geral do sistema produtivo .....	27
4.	Descrição e análise crítica da situação atual .....	35
4.1	Fases de um projeto para novos produtos.....	35
4.1.1	Apresentação do conceito do produto .....	36
4.1.2	Cotação do projeto e aceitação do cliente.....	36
4.1.3	Apresentação do projeto à equipa .....	36
4.1.4	Identificação de melhorias .....	37
4.1.5	Planificação do projeto.....	37
4.1.6	Implementação do sistema produtivo .....	37
4.1.7	Arranque da produção em pre-série .....	38
4.1.8	Identificação de melhorias no processo produtivo.....	38
4.1.9	Início da produção .....	38
4.2	Produtos em estudo .....	39
4.2.1	Caraterização do produto V.....	39
4.2.2	Caraterização do produto C .....	40
4.2.3	Caraterização do produto M.....	43
4.3	Análise crítica da situação atual e identificação de problemas .....	44
4.3.1	Processo de montagem pouco ergonómico do produto V e necessidade de projetar sistema de produção.....	44

4.3.2	Subocupação da linha dos produtos F e PO e possível integração do produto C.....	44
4.3.3	Necessidade de espaço para o produto M e instruções desatualizadas .....	47
4.3.4	Impossibilidade de realizar teste de visão correta no produto P7 .....	47
4.3.5	Síntese dos problemas encontrados.....	48
5.	Apresentação de propostas e ações de melhoria .....	49
5.1	Projeto da linha de montagem para o produto V .....	49
5.1.1	Redefinição do processo e implementação da nova linha de montagem.....	49
5.1.2	Melhorias na montagem final.....	55
5.2	Reconfiguração da linha para o produto C .....	56
5.2.1	Cenários para a reconfiguração.....	57
5.2.2	Melhorias na montagem final.....	59
5.2.3	Criação de instruções de trabalho.....	90
5.3	Dimensionamento de supermercado e instruções de trabalho para o produto M .....	90
5.3.1	Dimensão do supermercado para o produto M.....	91
5.3.2	Criação de instruções para máquina de fresagem .....	93
5.3.3	Criação de instruções de trabalho para o produto M.....	94
5.4	Resolução de problema num teste de visão do produto P7.....	94
6.	Avaliação e discussão dos resultados .....	95
6.1	Resultados obtidos no produto V.....	95
6.2	Resultados obtidos no produto C .....	95
6.3	Resultados obtidos no produto M.....	97
6.4	Resumo dos resultados obtidos .....	98
7.	Conclusões.....	99
7.1	Considerações finais .....	99
7.2	Trabalhos futuros .....	100

Referências bibliográficas .....	101
Anexo I - Produto V: WCT (cenários 1 e 2) .....	103
Anexo II – Produto C: WCT (antes e depois das melhorias) .....	105
Anexo III - Produto C: ITs dos postos 1, 2, 3 e 4 da montagem final .....	107
Anexo IV – Produto M: Dimensionamento de supermercado.....	109
Anexo V - Produto M: Atualização de ITs.....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: The Action Research Spiral (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009) .....	5
Figura 2: Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006) .....	9
Figura 3: Exemplos de mecanismos Poka-yoke de prevenção: a) erros de posicionamento; b) erros no número de operações; c) erros na sequência de operações (Shimbun, 1988).....	15
Figura 4: Transformar conhecimento subjetivo e pessoal em conhecimento explícito (Ungan, 2006) ..	18
Figura 5: Tempos operacionais e takt-time (Feld, 2001) .....	22
Figura 6: Principais fábricas e centros de desenvolvimento Aptiv (Aptiv, 2019) .....	25
Figura 7: Edifício 1 da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019).....	26
Figura 8: Complexo da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019).....	26
Figura 9: Portfólio de produtos por cliente (Aptiv, 2019) .....	27
Figura 10: Layout do edifício 1 da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019) .....	27
Figura 11: Esquema das fases do processo SMT (Aptiv, 2019).....	28
Figura 12: Esquema das fases da secção CBA (Aptiv, 2019) .....	30
Figura 13: Esquema com as fases da secção Montagem final e Testes (Aptiv, 2019).....	32
Figura 14: Fluxograma das fases de projeto para novos produtos .....	35
Figura 15: Nivel de complexidade de um projeto (Aptiv, 2019) .....	36
Figura 16: Exemplar do Produto V.....	40
Figura 17: Exemplar do Produto C .....	40
Figura 18: Constituição do Produto M (Aptiv, 2019) .....	43
Figura 19: Front Panel – Exploded View – Assembly – Display DPC (Aptiv, 2019) .....	47
Figura 20: Cálculo e comparação do investimento e proveito das duas opções em estudo. ....	54
Figura 21: Primeiro cenário da integração do Produto C na linha de montagem do Produto PO .....	57
Figura 22: Segundo cenário da reconfiguração da linha de montagem para integração do Produto C .	59

Figura 23: Diagrama de Causa-efeito relativo às paragens no processo de montagem final do Produto C .....	63
Figura 24: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 1).....	63
Figura 25: Tempos de estação dos postos de trabalho .....	65
Figura 26: Cenário depois do balanceamento da carga nos postos de trabalho do Produto C.....	69
Figura 27: Tempos de paragem relacionados com esperas de material entre postos de trabalho ao longo das oito pre-séries .....	69
Figura 28: Carro changeover 1 e 2 com os equipamentos prontos para serem montados.....	72
Figura 29: Diagrama de Spaghetti das movimentações necessárias para troca de dispensador de parafusos .....	73
<i>Figura 30: Cronograma com todas as operações de mudança de equipamento do Produto PO para o Produto C.....</i>	<i>76</i>
Figura 31: Etiquetas nas prateleiras onde os dispositivos permanecem armazenados (uma côr diferente para cada produto).....	77
Figura 32: Tempos de paragem relacionados com a mudança de equipamento ao longo das oito pre-séries .....	78
Figura 33: Etiquetas nas rampas de abastecimento .....	81
Figura 34: Etiquetas nas caixas de abastecimento de componentes (uma côr diferente para cada produto) .....	82
Figura 35: Etiqueta de identificação do dispositivo (uma côr diferente para cada produto).....	82
Figura 36: Tempos de paragem relacionados com material trocado ao longo das oito pre-séries.....	83
Figura 37: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 2).....	83
Figura 38: Tempos de paragem relacionados com uma tarefa complexa ao longo das oito pre-séries.	84
Figura 39: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 3).....	84
Figura 40: Tempos de paragem relacionados com falhas no teste de visão ao longo das oito pre-séries .....	86

Figura 41: Scanners colocados na posição estratégica para leitura automática de código QR (Posto 1)	86
Figura 42: Scanners colocados na posição estratégica para leitura automática de código QR (Posto 4)	87
Figura 43: Tempos de paragem relacionados com demora na leitura do código QR ao longo das oito pre-séries .....	87
Figura 44: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 4).....	88
Figura 45: Tempos de paragem relacionados com erros de aparafusamento automático ao longo das oito pre-séries .....	88
Figura 46: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 5).....	89
Figura 47: Tempos de paragem relacionados com erros de processamento ao longo das 8 pre-séries	90
Figura 48: Rack para containers (Aptiv, 2019); Figura 49: Rack para tabuleiros (Aptiv, 2019) .....	91
Figura 50: Instrução para máquina de fresagem (Aptiv, 2019) .....	94
Figura 51: Tempo total de paragens ao longo das 8 pre-séries .....	96
Figura 52: IT da montagem final do produto C (posto 1).....	107
Figura 53: IT da montagem final do produto C (posto 2).....	107
Figura 54: IT da montagem final do produto C (posto 3).....	108
Figura 55: IT da montagem final do produto C (posto 4).....	108
Figura 56: IT do posto sub-assembly do produto M .....	110
Figura 57: IT da montagem final do produto M (posto 6) .....	111
Figura 58: IT do posto functional test do produto M.....	111
Figura 59: IT do posto packing do produto M .....	112



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Fases da Metodologia SMED .....	16
Tabela 2: Indicadores de desempenho utilizados no projeto .....	23
Tabela 3: Apresentação dos produtos em estudo e respetivas fases de projeto em que se encontram	39
Tabela 4: Tempos de processamento teóricos do Posto 1 do Produto C .....	41
Tabela 5: Tempos de processamento teóricos do Posto 2 do Produto C .....	41
Tabela 6: Tempos de processamento teóricos do Posto 3 do Produto C .....	42
Tabela 7: Tempos de processamento teóricos do Posto 4 do Produto C .....	42
Tabela 8: Volumes anuais de produção dos Produtos PO e C .....	45
Tabela 9: Volumes diários de produção dos Produtos PO e C .....	45
Tabela 10: Tempo produtivo diário dos Produtos PO e C .....	45
Tabela 11: Síntese dos problemas encontrados .....	48
Tabela 12: Previsão de volumes de produção e takt-time do Produto V .....	50
Tabela 13: Instruções de Trabalho do Produto V (Posto 1).....	51
Tabela 14: Instruções de Trabalho do Produto V (Posto 2).....	51
Tabela 15: Tempos de processamento do operador e do robot de aparafusamento .....	52
Tabela 16: Tempos de ciclo do processo de montagem final do Produto V para os dois cenários em estudo.....	52
Tabela 17: Investimento necessário para os dois cenários em estudo.....	53
Tabela 18: Tempos de ciclo e paragens numa pre-série do Produto V.....	55
Tabela 19: Volumes de produção e takt-time do Produto C.....	59
Tabela 20: Tempos de estação e de ciclo na montagem final do Produto C .....	60
Tabela 21: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 5).....	60
Tabela 22: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 6).....	61

Tabela 23: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 7) .....	61
Tabela 24: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 8) .....	61
Tabela 25: Causas e tempos de paragem no processo de montagem do Produto C .....	62
Tabela 26: Tempos de estação dos postos de trabalho .....	64
Tabela 27: Tempos de processamento do Posto 1 e 2 (com apenas 1 operador) .....	66
Tabela 28: Tempos de processamento do Posto 3 do Produto C .....	67
Tabela 29: Tempos de processamento do Posto 4 do Produto C .....	68
Tabela 30: Tempos de estação e tempo de ciclo do processo de montagem do Produto C .....	68
Tabela 31: Checklist das operações internas e externas na mudança de equipamento (Produto PO para C) .....	70
Tabela 32: Mudança de equipamento depois de aplicada a metodologia SMED (Produto PO para C) .	74
<i>Tabela 33: Legenda do cronograma e tempos das operações de mudança de equipamento .....</i>	<i>76</i>
Tabela 34: Cores das fitas sinalizadoras e respetivos significados .....	79
Tabela 35: Cálculos para dimensionamento de supermercado em racks para containers .....	91
Tabela 36: Cálculos para dimensionamento de supermercado em racks para tabuleiros .....	92
Tabela 37: Área necessária para supermercado .....	93
Tabela 38: Cálculo dos ganhos obtidos através da implementação de melhorias no produto C .....	97
Tabela 39: Cálculos dos ganhos através da economização de espaço na criação do supermercado ....	98
Tabela 40: Total de ganhos obtidos .....	98
Tabela 41: Cenário 1 - Processo com aparafusamento manual com quatro operadores .....	103
Tabela 42: Cenário 2 – Processo com aparafusamento automático com um operador .....	104
Tabela 43: WCT do produto C antes das melhorias .....	105
Tabela 44: WCT do produto C depois das melhorias .....	106
Tabela 45: Cálculos para dimensionamento de supermercado para o produto M .....	109

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

AOI – *Automatic Optic Inspection*

CBA – *Circuit Board Assembly*

ICT – *Integrated Circuit Testing*

IT – *Instrução de Trabalho*

JIT – *Just-In-Time*

LP – *Lean Production*

OE – *Operational Efficiency*

PCB – *Printed Circuit Board*

SMT – *Surface Mounted Technology*

SPI – *Solder Paste Inspection*

TC – *Tempo de Ciclo*

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt-Time*

WCT – *Work Combination Table*

WIP – *Work-In-Progress*

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo inicia com a secção do enquadramento do tema desta dissertação, seguido da apresentação dos objetivos e metodologia de investigação utilizada. Por fim, é descrita a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento

A constante evolução tecnológica, a inclusão de novos sistemas e técnicas, a personalização dos produtos e os seus ciclos de vida cada vez mais curtos levam a que a produção dos dias de hoje seja cada vez mais focada nos requisitos dos clientes. Deste modo, é desejável obter rápidos tempos de resposta ao mercado e elevar cada vez mais a qualidade dos produtos, mantendo sempre preços atrativos para permitir que as empresas sobrevivam à intensa competição global (Bhamu & Sangwan, 2014).

As pressões do mercado requerem, muitas vezes, mudanças nos processos produtivos e, por essa razão, a maioria das empresas, para se tornarem cada vez mais flexíveis e adaptáveis às mudanças, têm vindo a adotar a metodologia *Lean Production*. Este é um conceito conhecido em todo mundo e que está relacionado com o surgimento do *Toyota Production System (TPS)*, sistema de produção de automóveis desenvolvido por Taiichi Ohno durante o período de reconstrução do Japão, após a Segunda Guerra Mundial, entre 1947 e 1975. O livro “*The Machine That Changed The World*” (Womack, Jones, & Roos, 1990) foi o grande impulsionador da popularização desta nova metodologia, permitindo dar a conhecer ao mundo todos os seus conceitos desenvolvidos.

Os princípios metodológicos do *Toyota Production System* vão no sentido de melhorar um sistema existente baseando-se em quatro requisitos essenciais que são a produção *Just-In-Time (JIT)*, o *Autonomation* (Jidoka em japonês), a força de trabalho flexível e a criatividade (Monden, 1983).

O principal objetivo do *Lean Production* é eliminar os desperdícios, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir o tempo e custos de produção, mantendo a mesma produtividade dos sistemas de produção em massa anteriormente utilizados. São identificados sete tipos de desperdícios, nomeadamente, sobreprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, *stock*, movimento e defeitos (Ohno, 1988). Existem diversas ferramentas Lean que servem de apoio à redução de todos estes desperdícios como, por exemplo, *Single Minute Exchange of Die (SMED)* (Shingo, 1985), *Poke-Yoke* (Shimbun, 1988), *Design For Manufacturing and Assembly (DFMA)* (Asfahl, 1992), *Standard Work*

(Ungan, 2006), entre outras. Em Pettersen (Pettersen, 2009) são apresentadas todas as características associadas ao *Lean Production* e suas ferramentas.

Uma frase interessante do criador da Toyota e que resume a metodologia *Lean Production* é a seguinte: “*All we are doing is looking at the time line from the moment the customer gives us an order to the point when we collect the cash, and we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.*” (Ohno, 1988). Mais tarde, surge o termo *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996) que é definido como uma filosofia de gestão de uma organização, seguindo cinco princípios: definição de valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição, significando melhoria contínua.

Liker and Morgan (2006) descrevem os princípios de gestão do TPS e que podem ser aplicados, além da produção, em qualquer processo técnico ou de serviço. A primeira fase passa por explicar os princípios do processo de desenvolvimento de produto Lean, seguido dos princípios de pessoas do desenvolvimento de produto Lean e finalizando com a apresentação das ferramentas e princípios tecnológicos do desenvolvimento do produto Lean.

Em Warnecke and Huser (1995) são apresentados os aspectos essenciais do *Lean Production* que foram discutidos na Alemanha no âmbito do programa “*Humanization of Working Life*” nomeadamente: organização antes da automação, canais eficientes de comunicação, delegação de responsabilidade do trabalho em equipa, a empresa como uma experiência comunitária, erradicação sistemática das causas de defeitos, melhorias constantes nos produtos e processos, estreita colaboração com fornecedores, ciclos de vida curtos do produto e orientação ao cliente em todas as divisões da empresa.

Todas as metodologias e ferramentas referidas servem como suporte a inúmeras empresas de todo o mundo. Porém, poucas são as empresas que conseguem melhorar e se adaptar tão sistemática, eficaz e continuamente como o grupo Toyota. A abordagem *Toyota Kata* (Rother, 2010) explica como a Toyota gere as pessoas e que mais importante do que qualquer lista de práticas ou princípios organizacionais fornecidos pela maioria dos livros que abordam o *Lean Production*, é entender as rotinas de pensamento e o comportamento das pessoas numa empresa. A competitividade e capacidade de se adaptar a cultura de uma organização surgem das rotinas e hábitos através dos quais as pessoas nessa organização se guiam diariamente. “*Toyota views employees not just as pairs of hands but as knowledge workers who accumulate chie – the wisdom of experience – on the company’s front lines*” (Takeuchi, Osono, & Shimizu, 2008).

A empresa onde decorreu este projeto chama-se Aativ e situa-se em Braga. Esta empresa também segue os conceitos de *Lean Production* e melhoria contínua, tendo já sido realizados nos últimos anos alguns projetos relacionados com esta implementação tais como, por exemplo, Ferreira (2015), Oliveira (2018) e Gomes (2018). Esta é uma empresa de produção de componentes eletrónicos para automóveis sendo especializada em autorrádios, displays e sistemas de navegação.

O tema desta dissertação está relacionado com a implementação de novos produtos e, por isso, foi realizado em conjunto com a equipa *Pre Production Industrial Engineering* (PPIE) que é o nome dado pela empresa ao grupo de colaboradores responsáveis por desenvolver e implementar sistemas de produção orientados aos novos produtos, com especial foco nas linhas de montagem final que são as que sofrem mais alterações de produto para produto. Visto que a empresa está com diversos produtos em desenvolvimento, este projeto incidiu no acompanhamento de quatro novos produtos, designados nesta dissertação por Produto P7, Produto V, Produto C e Produto M.

Cada um destes produtos encontrava-se numa fase de projeto distinta e foram selecionados de forma a envolver todas as fases de projeto, desde a apresentação do conceito do produto ao início da sua produção. Assim sendo, o Produto P7 encontrava-se na fase inicial de projeto em que foi feito o acompanhamento da apresentação do conceito, da cotação do projeto, da apresentação e identificação de melhorias no *design* do produto e no seu processo produtivo. Foi também abordado o Produto V, em que se fez o acompanhamento da implementação de uma nova linha de produção e posteriormente analisado o seu processo produtivo. Relativamente ao Produto C, este foi integrado na produção através da reconfiguração de uma linha de montagem já existente e foram identificadas e implementadas diversas ações de melhoria no seu processo produtivo. Por fim, foram realizados cálculos para o dimensionamento de um supermercado para *stock* intermédio de dois componentes do Produto M.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo desta dissertação foi projetar e reconfigurar linhas de montagem orientadas a novos produtos. Recorreu-se a ferramentas e metodologia *Lean Production* de modo a obter a máxima eficiência nas linhas e cumprir os requisitos pré-estabelecidos. Para cumprir este objetivo foi necessário:

- Calcular a capacidade disponível das linhas de montagem final existentes na fábrica;
- Avaliar a necessidade de instalar uma nova linha ou reconfigurar uma já existente de modo a inserir os novos produtos na produção;

- Definir e estruturar os postos de trabalho necessários;
- Fazer o balanceamento da linha reduzindo desperdícios associados;
- Criar documentos de instruções de trabalho normalizadas;
- Dar apoio na formação dos trabalhadores relativo aos processos de produção dos novos produtos;
- Proceder ao acompanhamento da produção dos novos produtos nas linhas de montagem final de modo a identificar oportunidades de melhorias.

Cumprido o objetivo, pretendeu-se obter melhorias nas seguintes medidas de desempenho:

- Capacidade;
- Eficiência;
- Índice de planura;
- *Operational Efficiency* (OE);
- Produtividade.

### **1.3 Metodologia de investigação**

A estratégia de investigação usada nesta dissertação foi a metodologia *“Action Research”* que se distingue das outras abordagens pela ênfase na ação e na promoção de mudança na organização, sendo caracterizada por uma investigação ativa e com envolvimento dos trabalhadores, criando um ambiente colaborativo entre todos. As fases do *“Action Research”* são cinco: 1) Diagnóstico, 2) Elaboração de um plano de ações, 3) Implementação dessas ações, 4) Análise dos resultados obtidos e 5) Especificação de aprendizagem. Como estas fases são realizadas num ciclo, normalmente são representadas em espiral, como ilustra a Figura 1.

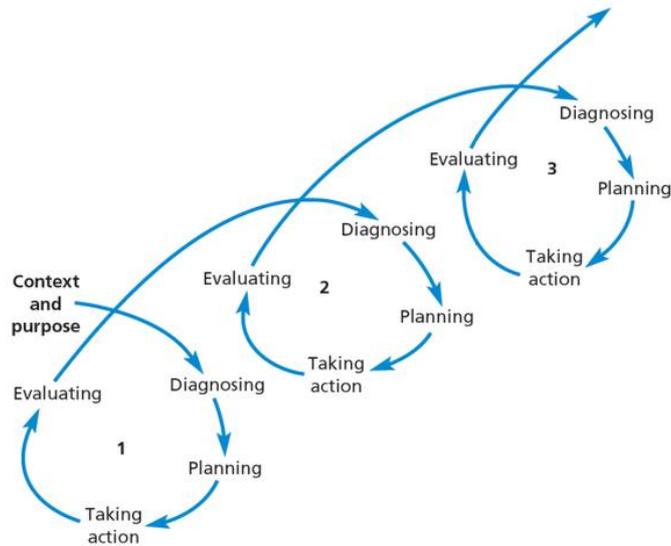


Figura 1: The Action Research Spiral (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009)

A filosofia de investigação foi baseada no realismo crítico que defende que apenas os fenómenos observáveis podem fornecer dados confiáveis para a investigação e esta teve uma abordagem indutiva uma vez que é um tipo de abordagem que formula uma teoria de acordo com a análise dos dados recolhidos. Foi também feita uma combinação de técnicas de recolha de dados como questionários, entrevistas e análise de dados (Fernandes, 2018).

#### 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos. O Capítulo 1 desta dissertação é inerente à introdução onde é feito o enquadramento do tema, uma descrição dos principais objetivos deste projeto, a apresentação da metodologia de investigação utilizada e, por fim, a estrutura da dissertação.

A revisão bibliográfica dos temas mais relevantes encontra-se no Capítulo 2, onde começa por abordar a metodologia Lean Production, incluindo temas como o Toyota Production System (TPS) e as Técnicas e Ferramentas Lean utilizadas neste trabalho. Os Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP) e os Indicadores de Desempenho são as secções que finalizam este capítulo.

No Capítulo 3 é feita uma apresentação geral da empresa Aptiv e também uma descrição do seu sistema produtivo.

Segue-se o Capítulo 4 que está relacionado com a análise da situação atual da empresa. A 1.ª secção deste capítulo consiste na apresentação das fases constituintes de um projeto para novos produtos. Na 2ª secção, é feita a apresentação dos produtos em estudo, nomeadamente, o Produto V em que foi feita

a implementação de uma nova linha de montagem, o Produto C em que foi integrado na produção através da reconfiguração de uma linha de montagem já existente e, por fim, o Produto M em que foi feito o dimensionamento de um supermercado de stock intermédio para dois dos seus componentes. O capítulo finaliza com a 3ª secção em que são identificados os problemas detetados.

As propostas e ações de melhoria implementadas ao longo deste projeto estão apresentadas no Capítulo 5. Nesta fase foram calculados os indicadores de desempenho, criados documentos de instruções de trabalho normalizadas (*standard work*), foi feito um balanceamento da carga nos postos de trabalho, criados mecanismos *poka-yoke*, recorreu-se à ferramenta SMED para reduzir tempos de mudança de equipamento, implementou-se a metodologia 5S, foram identificadas causas de paragens, entre outras melhorias identificadas nos processos de montagem dos produtos em estudo.

O Capítulo 6 é composto pela avaliação e discussão dos resultados desta dissertação, onde é feita a descrição de todas as aprendizagens, identificação dos obstáculos encontrados ao longo do projeto e um resumo das melhorias efetuadas e respetivos ganhos.

Por fim, segue-se o Capítulo 7 relativo às conclusões, onde se encontram descritas as considerações finais e algumas sugestões para trabalhos futuros que venham a ser desenvolvidos na empresa Aativ.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo inicia com uma abordagem da Metodologia Lean Production, onde inclui temas como Toyota Production System (TPS) e as técnicas e ferramentas Lean utilizadas neste trabalho. Segue uma breve apresentação dos Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP) e finaliza com a secção relativa aos Indicadores de desempenho.

### 2.1 Lean production

Nesta secção encontra-se a descrição da origem, ascensão e características do Lean Production e princípios Lean Thinking. É também abordados o tema Toyota Production System (TPS) onde teve origem a filosofia Lean. Por fim, são apresentadas as técnicas e ferramentas Lean que foram utilizadas neste projeto.

#### 2.1.1 Origem e ascensão do Lean Production

O *Lean Production* é derivado dos métodos do bem-sucedido fabricante de automóveis japonês, a *Toyota*, e tornou-se internacionalmente reconhecido como resultado do livro “*The Machine That Changed The World*”, escrito por Womack et al. (1990). O foco da Toyota, de acordo com Taiichi Ohno, era a eliminação absoluta de desperdícios, onde o desperdício é qualquer coisa que impeça o fluxo de valor agregado de material da matéria-prima para produtos acabados.

Os clientes de uma empresa são os juizes finais sobre se a empresa criou ou não valor. A abordagem *Lean* leva os profissionais a melhorar as suas organizações, concentrando-se na eliminação de todo e qualquer desperdício. *Lean* concentra-se na melhoria e defende técnicas para controlar o fluxo de material no chão de fábrica. Como as empresas implementaram o Lean na América do Norte, houve muitas variações do mesmo tema, mas vários princípios foram geralmente acordados:

1. O modo de operação em lote e fila, que incentiva o processamento em lotes grandes e foca na eficiência de máquinas e trabalhadores individuais, era um modelo desatualizado.
2. A manufatura enxuta, que vê o fluxo contínuo de peça única como a ideia e enfatiza a integração de sistemas de pessoas, máquinas, materiais e instalações, pode levar a melhorias significativas na qualidade, custo, entrega no prazo e desempenho.
3. A manufatura enxuta é uma transformação fundamental de uma empresa e precisa ser abordada como uma transformação organizacional e cultural total (Poppendieck, 2011).

### 2.1.2 Toyota Production System (TPS)

Esta secção aborda a origem, ascensão, definição e características do TPS. É também apresentada a casa do TPS e os seus pilares *just-in-time* e *autonomation*. Por fim, é apresentado o conceito dos sete tipos de desperdício.

#### 2.1.2.1. Origem e ascensão do TPS

O *Toyota Production System (TPS)* é um sistema de produção desenvolvido por Taiichi Ohno durante o período de reconstrução do Japão que ocorreu entre 1947 e 1975. Este sistema evoluiu da necessidade de produzir cada vez mais variedade de produtos e em pequenas quantidades, mantendo o mesmo nível de produtividade para que os fabricantes de carros japoneses pudessem competir com os sistemas de produção e de vendas em massa já estabelecidos nos Estados Unidos e na Europa.

Apesar da conceção e implementação do sistema Toyota ter começado logo após a 2ª Guerra Mundial, apenas a partir de 1973, devido à primeira crise do petróleo, este sistema de produção começou a ganhar mais visibilidade e a ser seguido por outras empresas quando estas foram confrontadas com o grande decréscimo de produção, levando à maior necessidade de eliminar desperdícios para conseguirem sobreviver.

O principal objetivo do TPS é aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios e o respeito para com a humanidade (Ohno, 1988).

No TPS os produtos são ciclicamente produzidos no mesmo sistema de produção de acordo com um plano de produção e podem ser misturados, a uma taxa diária idêntica à taxa da procura do produto. Os operadores executam operações inseridas em procedimentos normalizados que estudos prévios concluíram serem os mais corretos e eficientes, de modo a simplificar a execução da tarefa e melhorar a aprendizagem e o desempenho de quem a faz através da clarificação e repetitividade da tarefa.

Os objetivos principais são conseguir produtividade elevada através de trabalho eficiente sem movimentos desnecessários, atingir o balanceamento entre processos e operações de acordo com o tempo de ciclo da montagem final e manter uma quantidade mínima de trabalho em curso de fabrico (WIP) para eliminar excessivos *stocks* intermédios.

#### 2.1.2.2. Casa do TPS

A “Casa do TPS” representa todos os conceitos essenciais deste sistema de produção e encontra-se apresentada na Figura 2.



Figura 2: Casa do TPS (Liker & Morgan, 2006)

Os conceitos *Just-in-time* e *Autonomation* são considerados os dois pilares desta casa, brevemente explicados de seguida.

*Just-in-time* significa que os componentes de um determinado processo apenas serão produzidos a pedido do cliente e no momento e na quantidade necessária, ou seja, produção *pull*. Como meio de indicar as necessidades de produção, foi criado o conceito de *Kamban* que será abordado mais à frente. Neste sistema, o fim da linha de montagem é tomado como o ponto inicial e, por isso, o plano de produção com as quantidades, tipos de produto e datas de entrega vão diretamente para o último processo de produção. Nesta forma reversa, o processo de fabricação vai do produto acabado de volta para o departamento onde teve início. Cada elo na corrente *just-in-time* está conectado e sincronizado (Ohno, 1988). A abordagem JIT aponta estrategicamente para a supressão de tudo o que é desperdício. É também necessário garantir zero defeitos e zero avarias recorrendo a medidas de manutenção preventiva e esforços de garantia de qualidade.

*Autonomation* (*Jidoka* em Japonês) consiste em detetar possíveis erros colocando dispositivos nas máquinas que consigam distinguir entre condições normais e anormais de funcionamento, fazendo com que o sistema produtivo páre e envie um aviso de alerta, evitando assim continuar a funcionar de forma errada. Com a implementação destes métodos, não é mais necessário ter um operador parado a inspecionar uma máquina sem acrescentar valor enquanto esta estiver a funcionar normalmente, como acontecia nos antigos sistemas produtivos. Assim sendo, apenas é necessária mão humana se ocorrer uma situação anormal que pode ser facilmente detetada com os dispositivos de segurança e os sistemas

Poke-Yoke à prova de erro para impedir produtos defeituosos. Como resultado, um trabalhador pode ficar encarregue de diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar a eficiência da produção.

Olhando de outra perspectiva, se as máquinas e os materiais forem consertadas sem que o supervisor de operações tenha conhecimento disso, as melhorias nunca serão atingidas e os custos não serão reduzidos. Enquanto se a máquina parar e alertar para a ocorrência de um problema irá dar conhecimento a todos e o problema poderá ser claramente identificado e compreendido, fazendo com que seja possível implementar ações de melhoria.

Uma linha de produção onde o *just-in-time* e a autonomia funcionam juntos será mais eficaz do que outras linhas. A força está na sinergia destes dois fatores.

### *2.1.2.3. Sete tipos de desperdício*

Desperdício são todas as atividades que consomem recursos, sejam eles material, pessoas ou equipamentos, mas que não acrescentam valor ao produto. Visto que o cliente não está disposto a pagar mais por estas atividades, é necessário eliminá-las de todos os processos. Em Ohno (1988), pode-se encontrar os sete tipos de desperdício identificados pelo TPS, nomeadamente:

Superprodução: Produzir mais quantidade e mais cedo do que as necessidades do cliente interno ou externo. Este desperdício resulta em obsolescência, manipulação de danos e defeitos não detectados. Requer manipulação extra, espaço extra, cargas de interesse extra, máquinas extra e trabalho extra. As causas possíveis passam pela falta de comunicação, sistema de recompensa inadequada e foco em manter sempre o sistema produtivo ocupado em vez do que o cliente realmente precisa.

Esperas: São os tempos em que as pessoas estão à espera de máquinas, ferramentas, matérias-primas, manutenção, entre outros, e também os tempos em que as máquinas esperam por materiais, ferramentas, manutenção de pessoas, entre outros. A principal causa deste desperdício é o facto de os métodos de trabalho serem inconsistentes e desorganizados.

Transporte: Este tipo de desperdício acontece quando pessoas movimentam materiais em longas distâncias quando seria possível reduzir esses trajetos. Isto acontece devido à incorreta implementação do *layout*, falta de coordenação dos processos, má organização do local de trabalho e à existência de vários locais de armazenamento.

Processos: Desperdícios com processamentos desnecessários ou ineficientes ou processamento a mais do que necessário e que não acrescentam valor ao produto.

Inventário (stock): Inventário esconde problemas e causas extra manipulação, papelada extra, ocupam mais espaço e aumentam os custos. Estes desperdícios acontecem quando há longos tempos de transição, o fluxo é desequilibrado, os fornecedores não são certos, as previsões são imprecisas e também quando o tamanho dos lotes é grande.

Movimentos: Qualquer movimento de pessoas ou máquinas que não acrescenta valor ao produto ou serviço e sem transportar qualquer tipo de material. A falta de organização no local de trabalho, a incorreta implementação do *layout* e os métodos de trabalho inconsistentes são as causas para este desperdício.

Defeitos: Quando os produtos têm defeito leva a desperdícios com retrabalho, devoluções e insatisfação do cliente. As causas relacionadas são a incapacidade dos processos, formação insuficiente e falta de procedimentos padronizados. Este tipo de desperdício pode também estar associado com defeitos no *design* do produto, podendo levar à insatisfação das necessidades do cliente e a recursos extras desnecessários. A causa principal é a falta de sintonia do fornecedor com o cliente no desenvolvimento do *design* de um determinado produto.

### 2.1.3 Características e objetivos Lean Production

Lean Production é caracterizada por conseguir, através das suas metodologias e ferramentas, usar menos de tudo que a produção em massa. Ou seja, é necessário menos esforço humano na fábrica, menos espaço de fabricação, menos investimento em ferramentas, menos horas de engenharia para desenvolver um novo produto, menos inventário e menos defeitos. Tudo isto é realizado por meio de trabalho em equipa, comunicação, uso eficiente de recursos e melhoria contínua.

Esta metodologia trabalha para definir com precisão o valor em termos de produtos específicos, com capacidades identificadas oferecidas a preços fixos, por meio de um diálogo com os clientes. O processo envolve aprender a adotar e empregar uma série de ferramentas e técnicas para obter melhorias incrementais numa organização. Acima de tudo, estes métodos incluem todos os funcionários e envolvem uma mudança importante nas atitudes incorporadas das pessoas que compõem as organizações. Envolve pessoas, simplicidade, fluxo, visibilidade, parcerias e valor real, conforme

percebido pelo cliente e também apoia o crescimento, melhorando a produtividade e a qualidade, reduzindo os prazos de entrega e libertando enormes quantidades de recursos.

A produção *Lean* permite, por exemplo, reduzir espaço de escritórios e fábricas de maneira a possibilitar que as empresas adicionem mais linhas de produtos, produção de componentes na origem e aumentem a produção de produtos existentes, sem adquirir novas instalações. As empresas que implementam o *Lean* poderão agora aproveitar o crescimento renovado, aumentando as vendas sem aumentar os custos (Poppendieck, 2011).

O principal objetivo do *Lean Production* é eliminar os desperdícios, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir o tempo e custos de produção, mantendo a mesma produtividade dos sistemas de produção em massa anteriormente utilizados.

#### 2.1.4 Princípios Lean Thinking

Lean Thinking é uma filosofia para gerir uma organização no sentido de melhorar a produtividade, eficiência e qualidade dos seus produtos ou serviços. Especialistas em gestão japoneses e americanos desenvolveram as idéias e métodos na segunda metade do século passado. No setor de manufatura, o conceito é algumas vezes chamado de manufatura de classe mundial ou manufatura de alto desempenho (Poppendieck, 2011).

Womack et al. (1990) descrevem Lean Thinking como um modelo mental que tem foco em cinco aspetos:

1. Especificar o valor: o valor deve ser definido a partir da perspectiva do cliente final, em termos de um produto específico, com capacidades específicas, oferecidas a um preço e tempo específicos. Como Taiichi Ohno refere, todo o pensamento industrial deve começar por diferenciar o valor para o cliente.
2. Identificar o fluxo de valor: o fluxo de valor deve ser identificado para cada serviço, produto ou família de produtos a fim de eliminar o desperdício. A identificação do fluxo de valor quase sempre expõe muitos desperdícios na forma de etapas desnecessárias, retrocessos e refugos, à medida que o rendimento passa de um departamento para outro e de uma empresa para outra.
3. Garantir o fluxo de valor continuamente: fazer com que as etapas fluam significa trabalhar continuamente em cada projeto, pedido e produto, do começo ao fim, para que não haja espera, tempo de inatividade ou desperdício, dentro ou entre as etapas. Isto geralmente requer a introdução de novos tipos de organizações ou tecnologias e a remoção de obstruções.

4. Deixar os clientes definirem o que é o valor: deve-se projetar e fornecer o que o cliente quer e apenas quando o cliente quiser. Permitir que o cliente retire o produto ou serviço do fluxo de valor elimina os seguintes tipos de resíduos: projetos obsoletos antes de o produto ser concluído, produtos acabados, *stocks* e elaborados sistemas de controlo de stock e informação.

5. Perseguir a perfeição: uma empresa de pensamento lean procura a perfeição. A ideia da gestão da qualidade total é remover sistematicamente e continuamente as causas da má qualidade com o objetivo final de alcançar zero defeitos.

#### 2.1.5 Técnicas e ferramentas lean

Existem diversas técnicas e ferramentas *Lean* que têm como objetivo principal apoiar as empresas na implementação da melhoria contínua nos seus processos. Nesta secção é feita uma revisão de algumas técnicas e ferramentas *Lean* utilizadas ao longo deste projeto.

##### 2.1.5.1 Gestão visual e metodologia 5S

Um local de trabalho visual pode ser definido como um ambiente onde, dentro de 5 minutos, uma pessoa pode reconhecer a visão da área, a sua missão e as principais medidas de desempenho. Tudo isto é determinado sem a necessidade de uma conversa de qualquer tipo, através de indicadores visíveis como, por exemplo, em quadros, painéis, monitores, etc. (Poppendieck, 2011).

Este ambiente começa com a disciplina de 5S. Um ambiente limpo e bem organizado é fundamental não só para o bom funcionamento de uma empresa, mas também para transmitir uma imagem positiva a potenciais clientes que passam pelo local de trabalho dos fornecedores antes de se comprometerem com um contrato de fornecedor-cliente. Todos os funcionários desempenham um papel importante ao apresentar uma imagem de organização, ordem e limpeza. Os 5 pilares do local de trabalho visual, que devem funcionar em conjunto entre si, são designados pelos 5S, que correspondem às cinco iniciais em japonês das seguintes palavras:

- Utilização (seisei) - manter no espaço de trabalho apenas o que é necessário para o processo, eliminando o que seja inútil;
- Organização (seiton) – deverá existir um lugar para tudo e tudo no seu devido lugar de maneira a manter o espaço de trabalho bem organizado e eficaz;
- Limpeza (seiso) – Manter o local de trabalho limpo, imaculado e brilhante;

- Padronização (seiketsu) – Criar normas/padrões a seguir para respeitar e manter os três primeiros pilares;
- Disciplina (shitsuke) - Através da força da vontade pessoal e da auto-estima, todos devem criar o hábito de manter os procedimentos estabelecidos todos os dias incentivando a melhoria contínua.

O programa tem como objetivo mobilizar, motivar e conscientizar toda a empresa para a Qualidade Total, através da organização e da disciplina no local de trabalho. Alguns dos principais benefícios da metodologia 5S são:

- Maior produtividade pela redução da perda de tempo na procura por objetos;
- Redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais;
- Melhoria da qualidade de produtos e serviços;
- Redução de acidentes do trabalho;
- Maior satisfação das pessoas com o trabalho.

#### *2.1.5.2 Mecanismos poka-yoke*

Mecanismos Poka-yoke são técnicas para evitar erros (*evitar “yokeru”, erros “poka”*), que recorrem a dispositivos que podem ser puramente mecânicos ou incluir outros elementos do tipo elétricos, eletrônicos e pneumáticos. Este método procura assegurar a realização da inspeção na fonte de forma rápida e com poucos recursos. Mais importante do que conseguir detetar produtos com defeito, é conseguir evitar que sejam produzidos produtos com defeito (Shimbun, 1988).

Existem dois tipos de Poka-yoke:

- Poka-yoke de advertência: Quando ocorre um erro, o dispositivo poka-yoke alerta os operadores, mas não interrompe o funcionamento do sistema produtivo;
- Poka-yoke de controlo: Quando ocorre um erro, o dispositivo poka-yoke alerta os operários e interrompe o funcionamento do sistema produtivo.

As formas de prevenção e deteção de erros abordadas em Shimbun (1988) são (Figura 3):

- Prevenção de erros de posicionamento: através do contacto com uma característica física do produto, “*Contact Method*”;

- Prevenção de erros no número de operações: através da contagem do número de operações efectuadas, “*Fixed-value Method*”;
- Prevenção de erros na sequência de operações: através da verificação da sequência de operações, “*Motion-step Method*”.

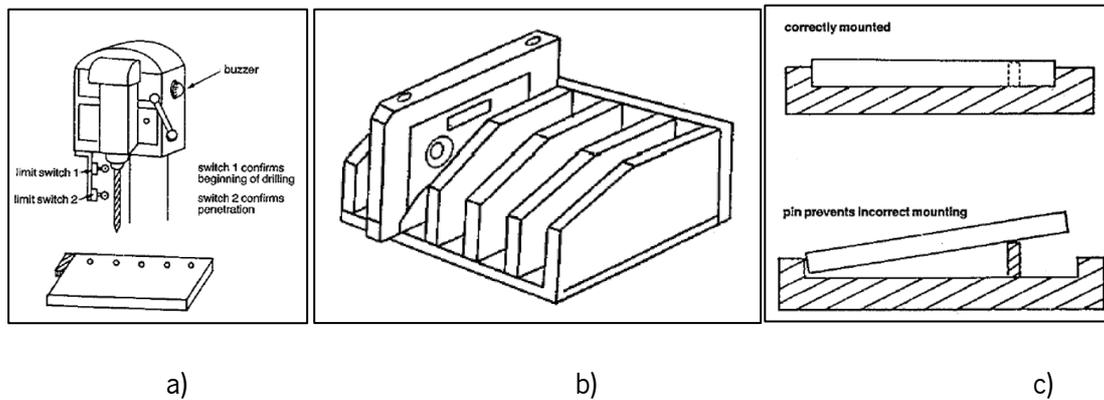


Figura 3: Exemplos de mecanismos Poka-yoke de prevenção: a) erros de posicionamento; b) erros no número de operações; c) erros na sequência de operações (Shimbun, 1988).

### 2.1.5.3 Single minute exchange of die (SMED)

A metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi desenvolvida pelo Professor Shigeo Shingo (Shingo, 1985) e tem como objectivo reduzir o tempo de preparação de máquinas para valores com apenas um dígito, ou seja, não ultrapassar os 9 minutos. O tempo de preparação nas operações de trabalho define-se pelo intervalo de tempo que decorre entre a produção do último artigo bom do lote atual e a produção do primeiro artigo bom do lote seguinte.

Muitas empresas ainda usam abordagens tradicionais como ter lotes de dimensão elevada e estratégia de lote económico com o objetivo de minimizar os efeitos do tempo de preparação. Obviamente, estas abordagens têm os seus benefícios como a redução do número de preparações (*setups*), aumento da taxa de produção e da produtividade e os *stocks* servem como “almofada” perante problemas. Mas, por outro lado, escondem muitos problemas como os elevados tempos de percurso, a deteção tardia de problemas de qualidade, o risco de deterioração e obsolescência de *stocks*, os elevados custos de posse de stocks e não permitem reduzir drasticamente os tempos de preparação dos equipamentos.

Para entender onde se poderá melhorar os processos de preparação de uma máquina, normalmente estes envolvem as seguintes tarefas e respetiva percentagem de tempo:

- Preparação e arrumação de materiais e ferramentas: 30%;

- Remoção e colocação de materiais e ferramentas: 5%;
- Medições e ajustes: 15%;
- Testes e afinações finais: 50%.

A metodologia SMED está dividida em três fases e aplica diversas técnicas e instrumentos de apoio com a finalidade de reduzir o tempo e custos de mudanças de setup, como apresenta a Tabela 1.

*Tabela 1: Fases da Metodologia SMED*

Etapa	Descrição	Técnicas/instrumentos aplicáveis
1	- Separação de operações de preparação em operações internas e operações externas	- Listas de verificação (check lists) - Verificação de funções - Melhoria dos transportes
2	- Conversão de operações internas em operações externas	- Antecipação de operações - Normalização de funções - Recurso a padrões auxiliares (jigs)
3	- Racionalização de operações internas e operações externas	- Racionalização do armazenamento e transporte de materiais e ferramentas - Implementação de operações paralelas - Recurso a fixadores rápidos - Eliminação de afinações finais - Automação

As operações de preparação são classificadas em duas categorias:

- Operações internas: só podem ser executadas com a máquina parada;
- Operações externas: podem ser executadas com a máquina em funcionamento.

O objetivo é transformar o máximo possível as operações internas em operações externas de maneira a evitar a paragem das máquinas quando é necessário proceder à mudança de equipamento.

#### *2.1.5.4 Standard work*

Um dos pilares do TPS é o *standard work*. Normalmente, se não houver um padrão, os funcionários executam a mesma tarefa de maneira diferente uns dos outros o que causa uma inconsistência nas operações e é por essa razão que o *standard work* é muito importante. É necessário obter a melhor forma de executar uma tarefa e esta deve ser bem documentada para que as empresas sejam capazes

de padronizar os seus procedimentos operacionais no seu potencial máximo. E, quando os funcionários seguem esses procedimentos, as variações são minimizadas e os produtos ou serviços serão entregues ao cliente com a melhor qualidade possível. É necessário haver consistência para aumentar a eficiência e facilitar o controlo do processo, criando assim uma percepção positiva de serviço ou qualidade do produto. A padronização do trabalho está positivamente relacionada com a percepção de qualidade de serviço porque permitirá que as empresas minimizem incerteza e variabilidade nos seus processos (Ungan, 2006).

Os documentos padronizados de cada processo precisam de ser claros e concisos. Os três elementos destes documentos são o tempo de ciclo, sequência de trabalho e inventário padrão (Ohno, 1988). O conhecimento do processo deve ser adquirido para criar os documentos. Por isso, é importante que as pessoas que documentam o processo sejam bem informadas sobre os tipos de conhecimento que irão adquirir. Segue a fase de definir o processo e estabelecer a sua finalidade. A equipa determina os limites do processo e divide-o em etapas. A lista de entradas, clientes, fornecedores, saídas e tarefas é identificada para cada etapa.

Deve ser adquirido o conhecimento para cada etapa. Durante o compartilhamento de experiência, os membros da equipa e o mestre do processo ajudam-se uns aos outros a articular o seu conhecimento e interpretação e os erros podem ser imediatamente corrigidos pelo uso de *feedback*.

Quando há um acordo entre os membros da equipa em relação à ação articulada, ela também deve ser verificada pelo mestre de processo. Se o mestre de processo o verificar, o processo de conversão é alcançado. Se não, o diálogo entre mestre de processo e a equipa continua até que haja acordo e, por fim, o mestre do processo verifica a ação articulada finalizada.

Modelos mentais compartilhados, metáforas, analogias e artefatos atuais e arquivados são fatores importantes na criação de um diálogo. A Figura 4 apresenta a maneira de como é feita a conversão do conhecimento subjetivo e individual (adquirido ao longo das experiências e vivências particulares de cada pessoa) em conhecimento explícito (conhecimento formal, sistemático, expresso por números e palavras) através de debate de ideias entre a equipa formada por pessoas entendidas acerca do processo em questão.

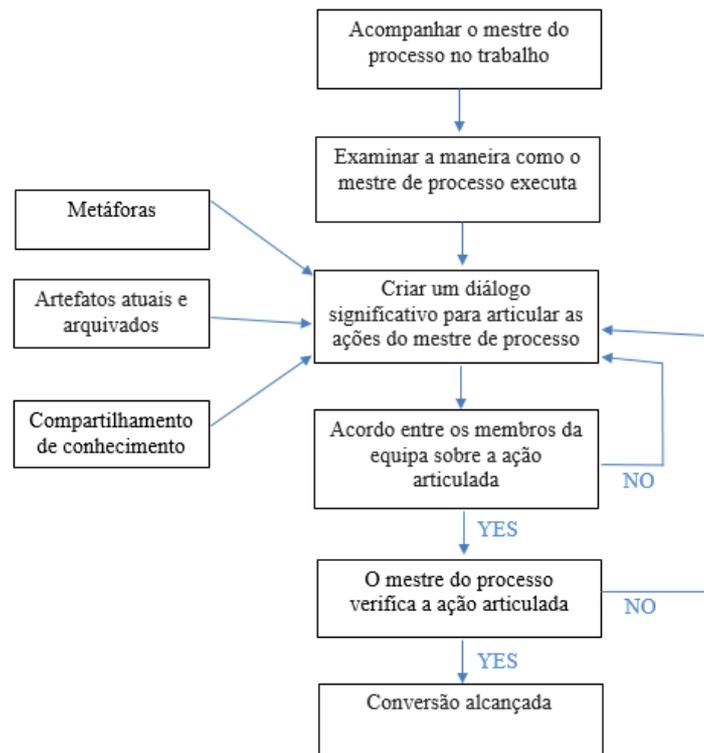


Figura 4: Transformar conhecimento subjetivo e pessoal em conhecimento explícito (Ungan, 2006)

O conhecimento adquirido deve ser escrito e apenas os membros da equipa devem desenvolver mapas de processo detalhados e depois deve ser feita uma revisão passo-a-passo até que as descrições sejam mutuamente acordadas.

A padronização requer que o significado das mensagens no documento seja claro para qualquer funcionário, uma vez que essas mensagens poderão ser usadas por muitos funcionários em diferentes localizações. A questão mais importante é eliminar ou minimizar as diferenças de interpretação pois é possível que diferentes palavras possam denotar a mesma coisa em diferentes locais de uma empresa. Pode, por isso, ser anexado um dicionário ao documento do processo.

Depois dos documentos serem criados para cada etapa, eles são combinados para criar um único documento que é verificado quanto à inconsistência pelas pessoas que aderiram ao procedimento de documentação. Então, o conhecimento é organizado numa forma padrão. O nível de detalhe na documentação do processo é determinado com base nos objetivos dos analisadores e determina o tipo de conhecimento a ser adquirido (Ungan, 2006).

Concluindo, mesmo que um processo tenha entradas, operações idênticas e pretenda produzir saídas, a sua padronização está longe de ser fácil. As maneiras pelas quais diferentes funcionários executam a

mesma operação de forma diferente causa variações na saída. Se o conhecimento da pessoa que conhece a melhor maneira de executar a sua tarefa pode ser documentada em detalhe, então as variações na saída do processo serão minimizadas. Os pontos mais importantes para a criação de documentação padronizada são: a conversão do conhecimento subjetivo e pessoal em conhecimento explícito, o papel da semântica ao codificar o conhecimento e, por fim, a representação do conhecimento num esquema de metadados para que a organização, armazenamento e reutilização sejam bem-sucedidos (Ungan, 2006).

## **2.2 Sistemas de produção orientados ao produto (SPOP)**

Nesta secção encontra-se a definição de SPOP e uma abordagem ao projeto detalhado de células.

### 2.2.1 Definição de SPOP

Um SPOP define-se como um conjunto organizado de sistemas, cada um concebido para a produção de um dado produto ou de produtos similares com idêntica forma de produção, podendo funcionar em células e linhas de produção. A produção é coordenada e sincronizada permitindo vantagens ao sistema de produção tais como produzir com rapidez, qualidade e uma boa utilização dos recursos. A reconfigurabilidade de um SPOP permite adapta-lo a outro produto ou família de produtos com o objetivo de ajustar o sistema às necessidades de produção que resultam da variação da procura e requisitos de mercado (Alves, 2007). Relativamente ao produto de um SPOP, este pode ser:

- Encomenda de um produto bem definida e especificada a entregar num dado prazo;
- Produto de um dado tipo a fornecer de forma continuada para satisfazer um número de encomendas ou quantidade variável durante um dado período;
- Família de produtos do mesmo tipo com exatamente o mesmo processo de fabrico podendo partilhar o mesmo SPOP.

### 2.2.2 Projeto detalhado de células

A reconfiguração frequente de um SPOP, resultante da variação da procura e requisitos de mercado, adapta-o a outro produto ou família de produtos recorrendo a estratégias facilitadoras, nomeadamente: normalização dos componentes e dos processos; modularização dos componentes e produtos, processos e sistemas; reconfigurabilidade; virtualidade e distributividade; competências das pessoas; integração e coordenação (Alves, 2007).

No entanto, projetar e/ou reconfigurar tais células envolve um procedimento que é independente do tipo de configuração. Assim, segundo Alves (2007) o projeto detalhado e/ou reconfiguração de células envolve cinco atividades: 1) seleção do produto e/ou formação da família de produtos; 2) instanciação de células; 3) Instanciação de postos de trabalho; 4) Organização e implementação intracelular; 5) Integração e coordenação da atividade intercelular.

Em cada atividade realiza-se um conjunto de tarefas que depende da estratégia da empresa, i.e., enquanto algumas empresas podem não saber para que produto se pretende projetar células e que só sabe que tem problemas associados ao sistema de produção existente e precisa de os reduzir (por exemplo, uma empresa metolomecânica), outras já costumam produzir em linhas e/ou células e pretendem apenas projetar uma célula para um novo produto ou reconfigurar uma existente para um produto (por exemplo, uma empresa de componentes eletrónicos). Assim, nestes casos, a primeira atividade está praticamente realizada pois o produto já foi selecionado.

A segunda atividade envolve conhecer o processo do produto e quantidade a produzir para calcular as máquinas e equipamentos necessários para a células/linhas. Ainda, no âmbito da concepção dos sistemas de produção interessa conhecer a configuração da célula/linha a instalar. Na tentativa de concretização dos objectivos da filosofia JIT, a orientação deve ser para células de produção de fluxo directo e dedicados ao produto ou família de produtos. Os exemplos mais conhecidos de modelos de células JIT são: *Toyota sewing system (TSS)*, *Modular manufacturing system (MMS)*, *Flexible work group (FWG)*, *One-piece flow (OPF)*, *Unit production system (UPS)*, *Linked cell manufacturing system (L-CMS)* e *Quick Response Sewing system (QRS)* (Alves, 2007).

A terceira atividade implica instanciar os postos de trabalho, i.e., calcular o número de postos e outros recursos necessários, balancear os postos e afetar operadores aos postos depois de identificar as competências destes. Dentro destas tarefas, é importante destacar o balanceamento das células/linhas que começa com o cálculo do *Takt-time* (TT). O *Takt-time* é um dos principais indicadores para a aplicação do conceito *lean manufacturing* e surgiu do termo alemão "*Taktzeit*" em que "*Takt*" significa ritmo ou compasso e "*Zeit*" significa tempo ou período.

Se o ritmo de produção for superior ao *takt-time*, então o sistema irá produzir mais do que desejado e gerar *stock*. Por outro lado, se o ritmo de produção for inferior ao *takt-time*, não será possível responder a todas as encomendas do cliente. Portanto, o objetivo do *takt-time* é alinhar com precisão o tempo de

ciclo da produção com a procura do cliente, fornecendo um ritmo perfeito ao sistema de produção *lean* conhecido como sistema *pull*.

O *takt-time* é a base para o *design* de sistemas produtivos, é onde o esforço começa, porque é o reflexo da quantidade de uma encomenda feita pelo cliente. Este indicador é frequentemente confundido com o tempo de ciclo, mas os dois são calculados a partir de perspectivas diferentes (Feld, 2001). O tempo de ciclo é o intervalo de tempo entre duas peças sucessivas, processadas por um sistema produtivo (Carvalho, 2006), enquanto o *takt-time* é calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Takt time (TT)} = \frac{\text{tempo disponível para produção}}{\text{quantidade requerida pelo cliente}}$$

Feld (2001) afirma que, uma vez determinado o tempo de ciclo de uma determinada linha ou célula, é depois necessário comparar vários aspectos do processo e do *takt-time*, a fim de projetar um equilíbrio entre os postos de trabalho. Os elementos operacionais (tempo da máquina, tempo do homem e tempo de configuração) de cada produto é examinado em relação ao *takt-time* para determinar se o tempo de ciclo fixo de qualquer peça de equipamento é maior que o *takt-time*. Se isso acontecer, a ação deve ser tomada para mudar o tempo disponível, reduzindo o tempo de ciclo, mudando os processos, adicionando equipamento, dividindo encomendas, entre outros. Se a operação permanecer maior que *takt-time*, ele precisará ser balanceado com o inventário em andamento e/ou turnos adicionais.

O tempo do homem é comparado ao *takt-time* para abordar duas oportunidades: *autonomation* e balanceamento de carga de trabalho. A primeira oportunidade, *autonomation*, significa que o equipamento não precisa ser observado em permanência visto que será desligado automaticamente quando uma anormalidade é detetada, permitindo assim que o operador faça outro trabalho. Esta oportunidade é inestimável para aumentar a produtividade e a qualidade. A segunda oportunidade, o equilíbrio da carga de trabalho, tem a ver com o exame dos elementos de trabalho individuais de cada operação e determinar se podem ser reduzidos, deslocados, sequenciados, combinados ou eliminados. Este esforço para equilibrar a carga de trabalho aproximando-a do *takt-time* é o facilitador principal para alcançar o fluxo de uma peça e minimizar os prazos de fabricação.

Os tempos de configuração são quase sempre maiores que o *takt-time* e precisam ser abordados como parte do processo de *design* da linha de produção. Comparando o tempo de configuração com o *takt-time*, tem-se uma maior apreciação sobre até que ponto as configurações precisam ser melhoradas para criar um ambiente de trabalho flexível. Uma vez determinado o tempo dos três elementos operacionais

(homem, máquina e *setup*) para cada produto, estes são comparados com o *takt-time* geral da linha. Esta informação é colocada numa tabela para cada produto, como demonstra o exemplo na Figura 5. A partir deste ponto, é uma questão de gerar ideias e procurar soluções que equilibrem a carga de trabalho da linha.

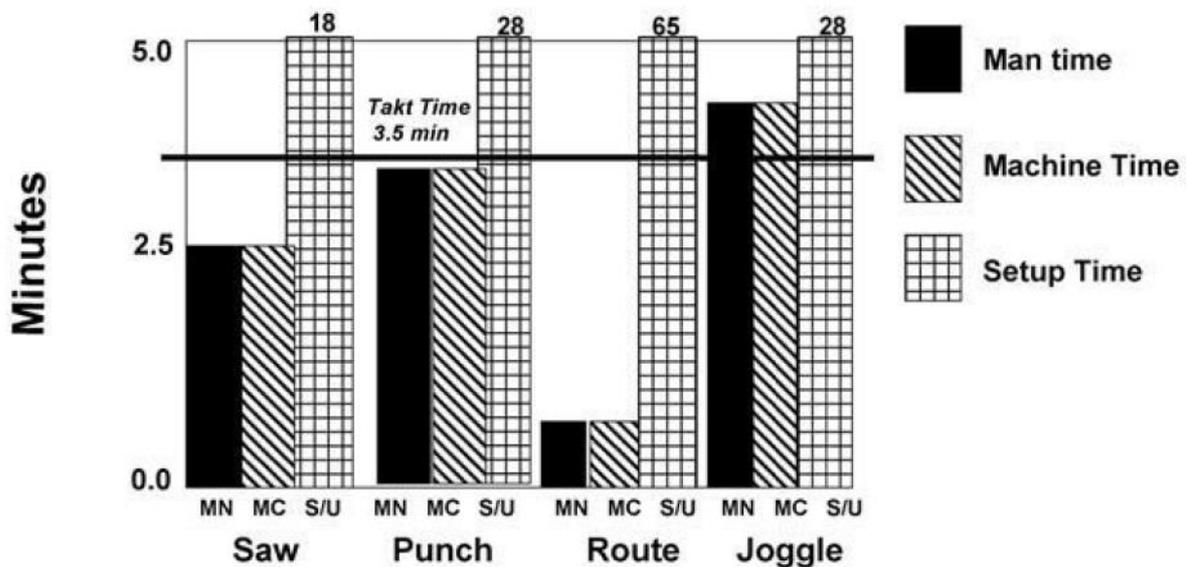


Figura 5: Tempos operacionais e *takt-time* (Feld, 2001)

A quarta e quinta fases correspondem à implantação da célula e do sistema onde a célula se encontra integrada. As tarefas realizadas nestas fases estão relacionadas com a localização ótima das máquinas partilhadas, identificação de máquinas/processos incompatíveis, mistura de artigos, tamanho e forma da célula e fluxos entre células.

### 2.3 Indicadores de desempenho

Nesta secção são abordados alguns indicadores de desempenho. Estes indicadores têm como finalidade fazer a análise da situação atual dos processos para que sejam identificadas as oportunidades de melhoria. Depois de implementadas as ações de melhoria, os indicadores de desempenho servem também de ferramentas de apoio na comparação entre o estado inicial e final de um determinado processo e, por isso, possibilitam o cálculo dos ganhos resultantes das melhorias efetuadas. Em forma de síntese, a Tabela 2 sintetiza alguns indicadores de desempenho abordados na empresa onde foi realizada esta dissertação.

Tabela 2: Indicadores de desempenho utilizados no projeto

<b>Indicador de desempenho</b>	<b>Principal finalidade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fórmula de cálculo</b>
Capacidade	Disponibilidade das linhas de produção	Valor máximo de atividades de valor acrescentado que um determinado processo pode alcançar em condições normais	$\text{Capacidade Disponível} =$ $= \text{Tempo do turno} \times N^{\circ} \text{ de turnos}$ $\text{Capacidade necessária} =$ $= \text{Volume de produção} \times \text{Tempo de ciclo}$
Eficiência	Utilização dos meios	Porcentagem de utilização de máquinas ou de mão-de-obra num posto de trabalho	$\text{Eficiência esperada} = \frac{\text{Tempo de estação}}{\text{Takt time}}$ $\text{Eficiência observada} =$ $= \frac{\text{Quant. produção} \times \text{Tempo de estação}}{\text{Tempo disponível}}$
Índice de Planura	Balanceamento dos processos	Indica se existem desperdícios a nível de esperas e de <i>stock</i> entre os postos de trabalho	$\text{Índice de planura} =$ $= \sqrt{\sum (T. ciclo - T. estação \text{ de cada posto})^2}$
<i>Operational Efficiency</i> (OE)	Velocidade dos processos	Controla se os processos estão a cumprir com a velocidade padrão estimada	$OE = \frac{\text{Tempo padrão de produção}}{\text{Tempo real de produção}}$
Produtividade	Recursos utilizados	Proporção entre o número de produtos fabricados e a utilização dos recursos	$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produtos fabricados}}{\text{Recursos utilizados}}$



### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo, encontra-se uma breve apresentação da empresa Aptiv, tanto a nível global como mais especificamente do seu complexo em Braga, onde este projeto foi desenvolvido. São também apresentados os principais marcos históricos da fábrica e os produtos e clientes envolvidos. Por fim, é feita a descrição de todo o sistema produtivo.

#### 3.1 Aptiv global

A Aptiv é uma empresa de tecnologia global que desenvolve soluções mais seguras, mais ecológicas e mais conectadas, que permitem o futuro da mobilidade. A visão desta empresa é criar uma nova geração de segurança ativa, veículos autónomos, cidades inteligentes e conectividade.

Atualmente, a Aptiv emprega cerca de 147.000 colaboradores distribuídos por 45 países. Os volumes de negócio no ano de 2017 indicam que em termos de vendas foram 12,9 biliões de dólares e 19,3 biliões em novos projetos. Já o valor anual que a Aptiv investe em engenharia ronda 1 bilião de dólares. Os locais onde se situam as principais fábricas e centros de desenvolvimento da Aptiv estão apresentados na Figura 6, onde se pode verificar que a fábrica em Braga está incluída nas 10 principais fábricas Aptiv em todo o mundo.



Figura 6: Principais fábricas e centros de desenvolvimento Aptiv (Aptiv, 2019)

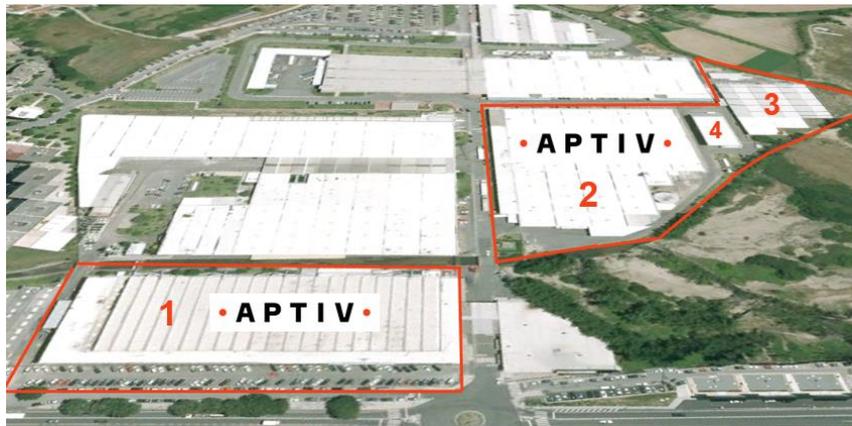
#### 3.2 Aptiv Braga

Este projeto de dissertação do mestrado foi realizado no edifício 1 da empresa Aptiv em Braga (Figura 7). Esta é uma empresa especializada na produção de componentes para automóveis, com foco particular em autorrádios, displays e sistemas de navegação. O valor das vendas inerentes ao ano de 2018 é de 605 milhões de euros.



*Figura 7: Edifício 1 da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019)*

Atualmente, esta empresa emprega 916 colaboradores e o seu complexo tem uma área de 32.921 m<sup>2</sup>, estando dividido em quatro edifícios. No edifício 1 situam-se os sistemas de produção inerentes aos componentes eletrónicos, o edifício 2 é responsável pela produção de componentes plásticos e de alguns aparelhos eletrónicos mais antigos, o edifício 3 serve de armazenamento de matéria-prima e, por fim, o edifício 4 é o recente centro técnico de desenvolvimento de produtos. A Figura 8 é referente ao complexo da Aptiv em Braga.



*Figura 8: Complexo da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019)*

### 3.2.1 História da fábrica de Braga

Apesar da Aptiv em Braga ser uma empresa recente, inaugurada em dezembro de 2017, o seu complexo fabril tem uma vasta história. De seguida estão apresentados os marcos mais importantes da fábrica de Braga:

- Fundação da fábrica com o nome Grundig, em 1965, em que as suas atividades principais eram a produção de auto-rádios, audio e hi-fi, tv, telefones e outros;
- Especialização em auto-rádios, em 1973, ainda com o nome Grundig;

- Aquisição das instalações da fábrica pela Delphi, em 2003;
- Inauguração da Aptiv, em dezembro de 2017, como resultado de um *spin off* entre a Delphi Technologies e a Aptiv.

### 3.2.2 Produtos e principais clientes

Na fábrica Aptiv de Braga produzem-se, maioritariamente, produtos do tipo *infotainment*, *user experience* e também *Connectivity & Security*. A Figura 9 apresenta o portfólio de produtos fabricados na empresa.

Customer	Product Line	Customer Portfolio
AUDI 	Infotainment	
VW 	Infotainment	
PORSCHE 	Infotainment User Experience	
PSA OPEL 	Infotainment User Experience Connectivity & Security	
FIAT GROUP 	Infotainment User Experience	
VOLVO TRUCK 	Infotainment	
VOLVO CARS 	Infotainment User Experience	
GM 	Infotainment User Experience	

Figura 9: Portfólio de produtos por cliente (Aptiv, 2019)

### 3.2.3 Descrição geral do sistema produtivo

Nesta secção, será feita a descrição de todo o processo produtivo no Edifício 1 da empresa Aptiv que é onde se encontram as linhas de produção dos produtos em estudo. Existem três etapas principais que se encontram na secção SMT, na secção CBA e na secção de montagem final, testes e embalagem, em que o fluxo é feito nesta respectiva ordem. A Figura 10 representada o *layout* do edifício 1.



Figura 10: Layout do edifício 1 da Aptiv em Braga (Aptiv, 2019)

### 3.2.3.1 Secção SMT

A secção SMT é constituída por diversos processos que estão apresentados na Figura 11 e explicados nas secções seguintes. Existem, atualmente, 13 linhas de SMT e o conjunto desses equipamentos apresentam uma capacidade de colocação de 19.000.000 componentes por dia.



Figura 11: Esquema das fases do processo SMT (Aptiv, 2019)

#### 3.2.3.1.1 Laser-Marking

Inicialmente, todos os PCBs passam pelo processo Laser-Marking onde são gravados os respetivos *QR Codes* de cada placa de modo a permitir a rastreabilidade do produto ao longo de todo o processo, possibilitando assim a identificação de possíveis defeitos. As placas PCB são fornecidas pelo SMT *warehouse*.

#### 3.2.3.1.2 Offline Programming

Os componentes eletrónicos, designados por IC's, têm de ser programados de acordo com as respetivas especificações do produto passando assim pelo processo *Offline Programming*. O SMT *Warehouse* é também responsável pelo fornecimento dos componentes necessários para este processo.

#### 3.2.3.1.3 SMT Process

O SMT process é constituído por cinco sub-processos, sendo estes Solder Paste, SPI, SMT / PiP Placement, Reflow e AOI. Este é um processo em linha e feito por esta ordem e de modo automático pelas máquinas, tanto a nível de fixação dos componentes eletrónicos no PCB como no transporte entre

máquinas. Existem na fábrica 13 blocos de SMT em que trabalham 130 pessoas em três turnos diferentes.

Para se iniciar o processo SMT são necessários os seguintes componentes:

- PCB vindos do processo Laser-Marking com o respetivo código marcado;
- IC's vindos do processo Offline Programming com a devida programação efetuada;
- SMT parts e PiP parts vindos diretamente do SMT Warehouse.

O 1º passo do SMT process é o Solder Paste que tem como finalidade colocar uma pasta de solda no PCB, apoiado numa tela metálica. Ainda neste processo submete-se a peça a uma limpeza com o objectivo de retirar o excesso de pasta dos dois lados do PCB.

O 2º passo está relacionado com um processo de inspeção chamado SPI (*Solder Paste Inspection*). As máquinas verificam se as peças cumprem com o volume ideal da pasta de solda colocada no PCB no processo anterior. Se for detetado excesso de pasta de solda, o PCB será enviado para refugo visto que hoje em dia na indústria automóvel não é recomendável fazer reparações deste nível e reutilizar PCBs não-conformes.

Depois de inspeccionado, a peça segue para o 3º passo que é o SMT/PiP placement. Nesta fase são colocados todos os componentes necessários de forma automática pelas máquinas SMT. As peças são transportadas de máquina em máquina, através de um tapete rolante, e são inseridos no PCB os componentes de dimensões mais pequenos primeiro e posteriormente os de maiores dimensões.

A capacidade de colocação de componentes de cada máquina SMT é de cerca de 110.000 componentes por hora. É também relevante referir que as máquinas SMT rejeitam de forma automática os componentes não-conformes que são fornecidos em rolos e dá um sinal de aviso se o número de componentes rejeitados for significativo.

#### 3.2.3.1.4 Reflow

Depois de colocados todos os componentes necessários na placa PCB, a peça passa para o 4º processo, Reflow, que é a chamada soldadura dos componentes no PCB através de um processo de aquecimento em forno para que a pasta colocada no *Solder Paste* passe do estado semi-líquido ao estado sólido. Por fim, a peça é arrefecida.

### 3.2.3.1.5 Automatic Optic Inspection (AOI)

Finalmente, a peça é encaminhada para o AOI (*Automatic Optic Inspection*) que é um processo de inspecção visual onde é verificado se todos os componentes estão bem posicionados e se a soldadura está com qualidade, ou seja, inexistência da chamada solda fria. As peças mal soldadas vão diretamente para refugo.

### 3.2.3.2 Secção CBA

Alguns produtos, depois de passarem pelo SMT *Process*, têm ainda de passar pela Secção CBA para montagem de componentes, por norma de maior dimensão, de forma manual. Nem todos os produtos necessitam de montagem manual, logo não é apropriado reservar um espaço próprio na linha principal pois não teria uso constante, sendo então essa montagem feita à parte, fora da linha principal, e por isso designada de *Sub-Assembly*. Aqui também ocorrem processos de singulação, fresagem e soldadura por onda.

O objectivo da empresa é reduzir cada vez mais estes processos manuais porque o *handling* (manuseamento de material com as mãos) é a principal fonte de problemas relacionados com o *stress* dos PCBs podendo, por exemplo, descolar algum componente electrónico da placa e a peça ficar defeituosa. O esquema das fases inerentes a secção CBA encontra-se a seguir, na Figura 12.

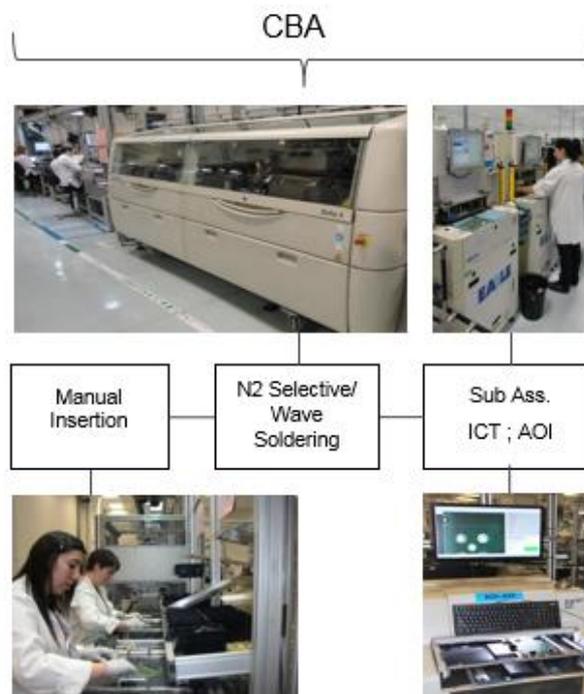


Figura 12: Esquema das fases da secção CBA (Aptiv, 2019)

#### 3.2.3.2.1 Milling Process

Nesta secção, recorrendo às *Milling Machines*, as peças sofrem processos de fresagem com a finalidade de deixá-las com as dimensões corretas. No início deste processo, os PCBs encontram-se em *containers* e no final saem em tabuleiros.

#### 3.2.3.2.2 Soldadura Onda

Este processo é usado apenas nos produtos que passam pela montagem manual. Na Soldadura Onda os produtos passam por uma primeira onda em que são preenchidos com solda todos os orifícios existentes na placa, seguindo depois para uma segunda onda mais suave que visa homogeneizar a solda. As placas que servem para transportar o produto voltam vazias ao início da linha passando por um processo de arrefecimento. Por fim, o produto é encaminhado para a inspeção de soldadura onda.

#### 3.2.3.2.3 Controlos de qualidade (AXI Process e ICT Process)

As peças passam também por um controlo de qualidade através de dois processos distintos. O primeiro é o *AXI Process* onde se encontram máquinas que fazem um raio-x às peças com a finalidade de verificar se existe conformidade nas bolas de solda que se encontram por baixo dos componentes colocados no PCB, visto que por vezes estas bolas de solda aparecem partidas ou com outras anomalias. Este controlo é normalmente feito por amostragem apesar de que alguns clientes exigem a inspeção a 100%. Depois é feito o segundo controlo de qualidade através do *ICT Process (Integrated Circuit Testing)* que visa testar o funcionamento correto do produto através de um teste eléctrico.

#### 3.2.3.2.4 Sub-Assembly

Existem também processos de sub-montagem que servem para os produtos que contêm componentes diferentes do habitual (não standard) e, por isso, são colocados *offline* para que esses postos de trabalho não ocupem espaço desnecessário na linha principal. Um exemplo bastante comum é a colocação dos *heatsinks* que são os componentes que servem para ventilação do aparelho e que só existem em alguns produtos.

#### 3.2.3.2.5 Coating

Em alguns produtos é também necessário realizar um procedimento designado por *Coating*. Nestas máquinas, as placas levam um revestimento de verniz transparente que serve de protecção contra a humidade, variações de temperatura e turbulência que o produto poderá vir a estar sujeito. Por exemplo, os aparelhos produzidos para camiões normalmente exigem esta protecção visto que são as viaturas mais

sujeitas a condições adversas. Alguns componentes do produto não podem entrar em contacto com este verniz, por isso, é necessário programar o processo para que seja aplicado apenas nos locais adequados.

### 3.2.3.3 Secção Montagem Final, Testes e Embalagem

Nesta secção procede-se à montagem final do produto. É nesta fase que se pode ver o aspeto final dos aparelhos. Os processos de montagem final e os postos de trabalho podem variar bastante pois são criados de acordo com as especificidades de cada produto de modo a obter a melhor eficiência possível a nível produtivo. As fases inerentes à secção de Montagem final e testes encontram-se representadas no esquema da Figura 13.

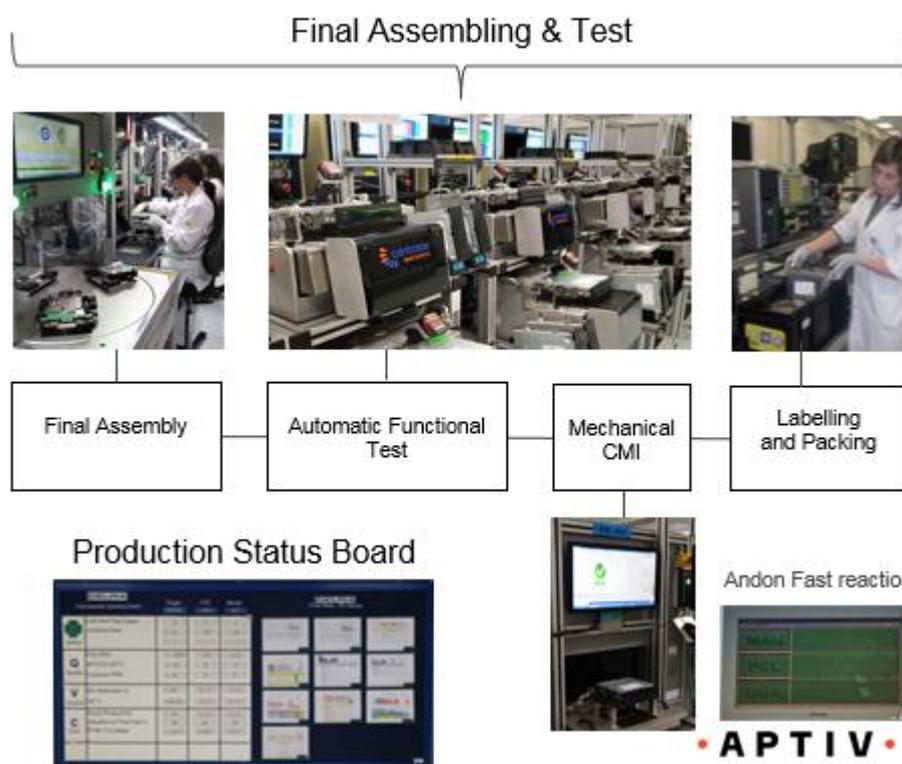


Figura 13: Esquema com as fases da secção Montagem final e Testes (Aptiv, 2019)

#### 3.2.3.3.1 Montagem Final

No edifício 1 da Aptiv, as linhas de montagem final são orientadas ao produto e destinam-se à produção de aparelhos eletrónicos.

A montagem final tem como objectivo unir todas as partes do produto, formando assim o produto final pedido pelo cliente. Nestas linhas, os processos estão maioritariamente relacionados com aparafusamentos, colocação de esponjas protectoras, conexão dos cabos (fios condutores), montagem

de peças como *cases* e *fronteplates*, colocação das etiquetas com o código inerente a cada produto, entre outras operações que podem variar consoante o produto que está a ser produzido.

Em todas as linhas de montagem final podem-se visualizar mecanismos poka-yoke de forma a evitar erros de processamento. Existem mecanismos como os dispositivos e *jigs* que permitem que operador coloque a peça com precisão no devido lugar no posto de trabalho e assim fazer uma montagem de forma correta. As próprias peças têm, quando necessário, pequenos jigs para ajudar o operador a encontrar a posição de encaixe correta. Alguns postos de trabalho estão também equipados com câmaras que verificam, através de fotografia, se os cabos estão bem conectados e também se as esponjas de protecção estão colocadas no sítio correto. Estes mecanismos *poka-yoke* previnem também erros de trocas de peças e de sequência das operações através da utilização de *scanners* que lêem os *QR Codes* das peças, dando um sinal de alerta se a peça não for a correta.

Como regra da empresa, se uma operação tiver mais de 4 aparafusamentos, recorre-se ao processo de aparafusamento automático com o objetivo de diminuir o tempo da operação e prevenir lesões nos operadores devido ao movimento repetitivo. O aparafusamento em plásticos ou metais é feito de forma distinta tendo de ser feita a programação do aparafusamento previamente.

Na montagem final é também colocada uma pasta azul designada por *Gapfiller* que serve para dissipar o calor, visto que os produtos em questão são submetidos a grandes variações de temperatura quando utilizados nas viaturas. Esta pasta previne que os IC's do produto entrem em curto-circuito devido ao sobreaquecimento e esta é colocada estrategicamente nos locais onde se encontram esses componentes electrónicos. O processo de colocação do *Gapfiller* nas peças pode também ser feito em *sub-assembly*, isto é, fora das linhas de produção principais.

#### 3.2.3.3.2 Testes Finais

Nesta etapa, os produtos são colocados nas máquinas de teste designadas por *Automatic Functional Test* para verificar se o aparelho está a funcionar corretamente a nível de *software* e passam também pelo sistema *Mechanical CMI* para testar o produto a nível mecânico. Submete-se também o produto a uma última inspeção visual que permite verificar se existe alguma não-conformidade nos produtos como riscos, peças partidas, parafusos mal colocados e todos os aspectos exteriores do produto. Por vezes, também se fazem testes à queda de produtos embalados, deixando as caixas cair de uma altura de 50 centímetros, para verificar se estes estão bem protegidos e não existem quebras no produto.

Os tempos dos testes finais podem variar bastante entre cada produto, sendo que a duração média de inspeção é de aproximadamente 200 segundos. Como os tempos dos testes são muito superiores ao tempo de ciclo da montagem final, é necessário usar em simultâneo várias máquinas de teste em cada linha, para nivelar os tempos de processamento e assim evitar tempos de espera e acumulação de WIP.

#### 3.2.3.3.3 Embalagem

Por fim, procede-se ao processo de embalagem dos produtos e estes estão prontos para serem enviados para o cliente. As caixas podem ser em esferovite ou em cartão. As caixas em esferovite, depois de enviadas ao cliente com o respectivo produto, devem ser reenviadas para a Aptiv. Já as caixas de cartão, depois de enviadas ao cliente com o respectivo produto, já não voltam para a Aptiv visto que o custo destas é bastante mais reduzido.

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo é iniciado por uma secção onde são apresentadas as diferentes fases de um projeto para introdução de novos produtos, seguindo-se a apresentação dos produtos em estudo e os respetivos processos de montagem. É também identificada a necessidade de implementar uma nova linha de montagem e reconfigurar outra linha já existente na fábrica, com a finalidade de integrar dois produtos distintos na produção. Existe ainda um terceiro produto, em que foi identificada a necessidade de dimensionar um supermercado de *stock* intermédio para os seus componentes e um quarto produto que se encontrava na fase inicial de projeto. Neste capítulo pode ainda encontrar-se a análise crítica efetuada à situação atual das linhas existentes, identificando-se os principais problemas e oportunidades de melhoria.

### 4.1 Fases de um projeto para novos produtos

Nesta secção serão apresentadas todas as fases necessárias para a realização de um projeto relativo à integração de um novo produto na produção, começando pela fase de apresentação do conceito até à fase de produção. Na

Figura 14 encontra-se um fluxograma relativo às fases de projeto para novos produtos.

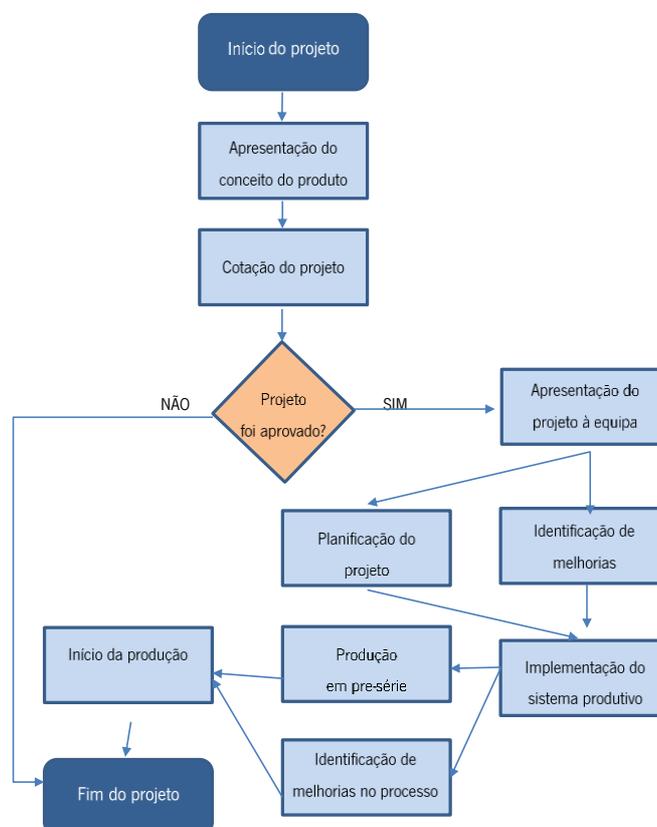


Figura 14: Fluxograma das fases de projeto para novos produtos

A equipa *Pre Production Industrial Engineer* (PPIE) que pertence ao departamento *Industrial Engineering* (IE) da Aptiv, é responsável pelo desenvolvimento, implementação e reorganização de sistemas de produção orientados a novos produtos. Esta equipa de engenheiros dá também apoio e propõe soluções viáveis no *design* dos novos produtos de modo a chegarem a uma solução ideal de como os produzir.

#### 4.1.1 Apresentação do conceito do produto

Inicialmente, o cliente abre um concurso em que várias empresas se podem candidatar para ganhar o projeto. Nesta fase é feita uma apresentação do conceito do novo produto com todas as suas características e necessidades associadas.

#### 4.1.2 Cotação do projeto e aceitação do cliente

Depois de apresentado o conceito, as empresas candidatas apresentam a proposta de cotação do projeto para que o cliente decida por qual candidato irá optar para produzir o seu novo produto.

#### 4.1.3 Apresentação do projeto à equipa

Depois de o projeto ser aceite pelo cliente, procede-se à fase da apresentação onde são realizadas reuniões de equipa para que sejam apresentadas as características do produto, tendo como objetivo debater o modo como este será produzido e identificar possíveis melhorias no processo. Nestas reuniões é também elaborado o plano do projeto com os prazos correspondentes a cada fase.

Nesta fase é também previsto o nível de complexidade do projeto, podendo ser classificado em 4 níveis distintos: A+, A, B ou C. As características de um projeto a ter em conta para classificar o seu nível de complexidade apresentam-se de seguida, na Figura 15.

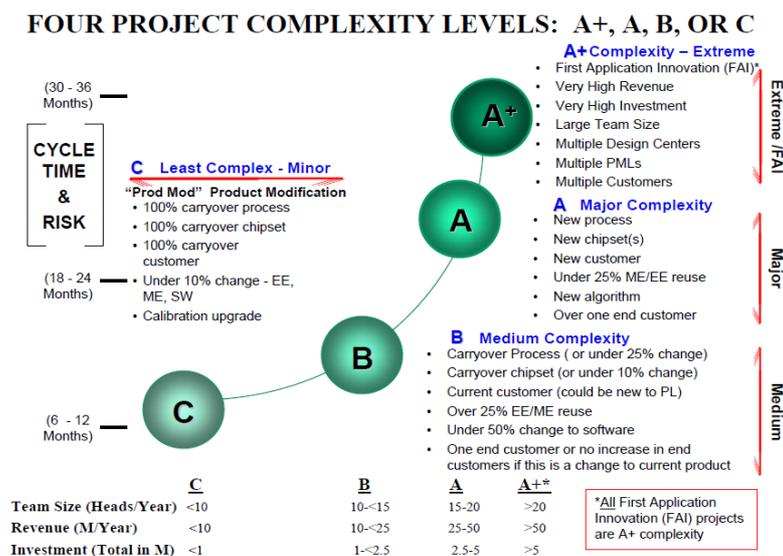


Figura 15: Nivel de complexidade de um projeto (Aptiv, 2019)

Durante o projeto nesta empresa, decorreu uma reunião de apresentação de um novo produto com a finalidade de dar a conhecer todas as suas características para posteriormente a equipa implementar o sistema produtivo mais adequado a esse produto. Essa reunião teve a duração de dois dias e foi dividida nas seguintes fases:

### ***Meeting / Workshop Produto P7`***

#### 1º Dia

- *Project Overview*
- *Electrical Presentation*
- *Plastics*
- *Mechanical Presentation*
- *Final Assembly Concept*

#### 2º Dia

- *SMT Design Items*
- *ICT and Test Concept*
- *Prepare Final Report*
- *Final Report*

#### 4.1.4 Identificação de melhorias

Nesta fase de projeto, são realizadas reuniões de equipa para debater as questões técnicas do produto com a finalidade de encontrar melhorias.

#### 4.1.5 Planificação do projeto

Nesta fase, a equipa reúne para delegar os colaboradores que irão ficar responsáveis pelo projeto. Nessa reunião são também apresentados os volumes de produção, o takt time, a lista de materiais, o cálculo de capacidade e as alterações efetuadas no *layout* da fábrica. Por fim, são identificadas todas as operações necessárias com a finalidade de calcular o número de postos de trabalho e operadores necessários para cumprir com o takt time.

#### 4.1.6 Implementação do sistema produtivo

Depois de efetuada a planificação do projeto, ter-se-á de implementar a linha de montagem final orientada ao novo produto ou, em alguns casos, reconfigurar uma linha já existente na fábrica. Um dos requisitos cada vez mais exigido pelos clientes e uma realidade que a Aptiv quer atingir num futuro próximo é implementar um sistema produtivo de modo a evitar o handling nos PCB's. Os componentes introduzidos nestas placas são bastante frágeis e, portanto, o manuseamento destes poderá provocar defeitos no

produto, sendo esta a razão pela qual cada vez mais se adquirem robots que fazem a completa deslocação das placas PCB.

Neste trabalho de dissertação, será apresentado todo o processo relativo à implementação de uma nova linha de montagem para o Produto V e também a reconfiguração da linha de montagem onde o Produto C será inserido.

#### 4.1.7 Arranque da produção em pre-série

O cliente irá informar a empresa das quantidades a produzir em pré-série com a finalidade de recolher amostras para testar o novo produto e enviar *feedback*, posteriormente.

#### 4.1.8 Identificação de melhorias no processo produtivo

Nesta fase é feito um levantamento dos problemas detetados na produção em pre-série através de reuniões com os membros envolvidos no projeto. Quando se pretende melhorar os processos e reduzir tempos de ciclo, deve-se procurar identificar o *bottleneck*, isto é, o posto de trabalho mais demorado, pois só reduzindo o tempo desse posto se consegue reduzir o tempo de ciclo de todo o sistema produtivo. Por outras palavras, não adianta melhorar outros processos se o identificado como *bottleneck* continuar a ter o mesmo tempo de processamento. É este que marca o ritmo de todo o sistema produtivo, muitas vezes também designado como *pacemaker*.

Nesta fase de projeto, são também feitas reuniões com membros da Aptiv de outros países, muitas vezes através da plataforma Skype, com a finalidade de partilhar problemas ocorridos num determinado produto que ambas as fábricas estão a produzir e debater e partilhar possíveis soluções e melhorias. O objetivo desta reunião é levantar todos os problemas que ocorreram na produção em pre-série de um produto, tanto a nível de dificuldades durante o processo produtivo como a nível de falhas e defeitos detetados no produto para que possam ser implementadas melhorias. Depois de identificadas as atividades necessárias para corrigir os problemas ocorridos durante a produção em pre-série, estas são atribuídas às pessoas responsáveis.

#### 4.1.9 Início da produção

Por fim, o produto entra na fase de produção em grandes quantidades podendo manter-se em produção durante vários anos. Nesta fase, seguindo os princípios de melhoria contínua, é sempre possível identificar novas oportunidades de melhoria de processos e, por isso, o sistema produtivo implementado poderá sempre sofrer alterações e reconfigurações ao longo do tempo.

## 4.2 Produtos em estudo

De forma a respeitar a política de confidencialidade de dados da empresa, os produtos abordados serão designados por produtos V, C, M e P7. Para que sejam facilmente identificadas as fases em que cada produto se encontra, o leitor poderá recorrer à visualização da Tabela 3. É oportuno referir que o Produto P7 não foi submetido a um estudo aprofundado como os outros três, estando apenas presente neste trabalho servindo de exemplo relativamente à fase inicial de um projeto.

*Tabela 3: Apresentação dos produtos em estudo e respetivas fases de projeto em que se encontram*

Produto/Fase	Inicial	Implementação	Pre-séries	Final
Produto V		X	X	
Produto C		X	X	X
Produto M			X	
Produto P7	X			

Em que:

- Fase inicial: Apresentação do conceito do produto, cotação do projeto e aceitação por parte do cliente, apresentação do projeto à equipa, e identificação de melhorias no produto.
- Fase implementação: Implementação do sistema produtivo e aquisição de equipamentos.
- Fase pre-séries: Produção em pre-séries e identificação de melhorias no processo produtivo.
- Fase final: Produção.

### 4.2.1 Caracterização do produto V

O Produto V enquadra-se no tipo de produto designado por *infotainment*. Quando o estudo foi iniciado, este produto estava em fase de implementação tendo sido instalada uma nova linha de montagem no edifício 1, ocupando um espaço de aproximadamente 20m<sup>2</sup>. Mais próximo do final deste estudo, ainda foram acompanhadas as primeiras produções em pre-série. A Figura 16 apresenta um exemplar do Produto V.

O processo de montagem inicial idealizado para o Produto V encontra-se no Anexo I - Produto V: WCT (. Este processo apresentava um tempo de ciclo de 36,6 segundos, um tempo de atravessamento de 121 segundos e quatro operadores necessários para realizar as operações de montagem.



Figura 16: Exemplar do Produto V

#### 4.2.2 Caracterização do produto C

Relativamente ao Produto C, este é um aparelho com *display* e enquadra-se na família dos produtos *user experience*. Quando o estudo foi iniciado, este produto encontrava-se no início da fase de reconfiguração da linha de montagem final para integração na produção. Seguiu-se a fase de pre-séries e, neste momento, já iniciou a produção. Este produto apresenta um volume de produção anual de 17.915 aparelhos para o ano 2019, de 30.098 aparelhos para o ano 2020 e nos anos seguintes apresenta uma subida gradual nas quantidades de encomenda. A Figura 17 apresenta um exemplar do Produto C.



Figura 17: Exemplar do Produto C

Na Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7 encontram-se descritas todas as operações necessárias e os respetivos tempos de processamento teórico dos postos de trabalho 1, 2, 3 e 4 do processo de montagem final do Produto C.

Tabela 4: Tempos de processamento teóricos do Posto 1 do Produto C

<b>Descrição das tarefas – posto 1 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar no painel frontal, ler código e colocar no dispositivo	3,6
Carregar nos botões para testar posição das esponjas	1,2
Ler placa de serviço e encaixar no lado direito do painel frontal	4,2
Ler placa de serviço e encaixar no lado esquerdo do painel frontal	3,0
Pegar no display e ler código	1,8
Pousar display e retirar película	2,4
Colar nova película no display	3,6
Colocar display no painel frontal	2,4
Retirar fita protetora do display	1,8
Encaixar as duas peças metálicas nos pins	6,0
Colocar as duas esponjas	3,6
Retirar conjunto e colocar no posto seguinte	1,8
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>35,4</b>

Tabela 5: Tempos de processamento teóricos do Posto 2 do Produto C

<b>Descrição das tarefas – posto 2 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar no conjunto e colocar na máquina de aparafusamento	3,0
Aparafusamento automático (10x)	32,4
Tirar conjunto da máquina de aparafusar e colocar no dispositivo	3,0
Conectar cabo com o lado "disp side up" no encaixe	3,0
Conectar cabo comprido nos dois lados do conjunto	6,6
Conectar cabo com o lado "key" no encaixe	3,0
Pegar no conjunto e colocar no posto seguinte	1,8
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>20,4</b>
<b>Tempo de processamento da máquina automática</b>	<b>32,4</b>

Tabela 6: Tempos de processamento teóricos do Posto 3 do Produto C

<b>Descrição das tarefas - posto 3 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar na case, ler código e colocá-la na prensa	3,0
Colocar dois retainers na case e fechar gaveta para prensar	5,4
Abrir a prensa, pegar na case e colocar no dispositivo	4,2
Pegar na placa conectora e montar na case	3,0
Pegar na frontplate e colocar no dispositivo	2,4
Montar placa principal na frontplate	3,0
Encaixar os dois conectores usb e retirar as 2 proteções	6,0
Desimpedir barreiras para aparafusamento automático (12x)	38,4
Ler case, ler placa conectora e colocar conjunto no dispositivo	6,0
Ler placa principal, colocar na case e carregar para encaixar	6,0
Encaixar antena no conjunto e fechar máscara de aparafusamento	6,0
Aparafusar 5x, rodar 90°, aparafusar 2x, rodar 90°	23,4
Abrir máscara e colocar conjunto no posto seguinte	4,2
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>72,6</b>
<b>Tempo de processamento da máquina automática</b>	<b>38,4</b>

Tabela 7: Tempos de processamento teóricos do Posto 4 do Produto C

<b>Descrição das tarefas - posto 4 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar no conjunto e colocar no dispositivo	2,4
Pegar nas "knob" e encaixar no lado direito e esquerdo do conjunto	4,8
Encaixar cap na switch pad e colocar nos dois lados do conjunto	10,8
Pressionar botões vermelhos para testar	1,2
Fechar gaveta para prensar e voltar a abrir	5,4
Colocar conjunto no dispositivo seguinte e fazer teste de visão	3,6
Pegar no conjunto case e colocar no dispositivo	2,4
Conectar 3 cabos pela ordem indicada e fazer teste de visão	8,4

Colar duas esponjas e fazer teste de visão	4,8
Encaixar a case no display e fechar a máscara de aparafusamento	4,8
Aparafusar 6x	18,0
Abrir máscara, colar etiqueta e colocar no posto seguinte	6,6
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>73,2</b>

Visto que o Produto C apresentava bastantes características similares aos Produtos P e F, tanto a nível do seu *design* como no modo de montagem, este foi integrado na mesma linha procedendo-se a uma reconfiguração dessa linha que também se encontra no edifício 1 e ocupa aproximadamente 25m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 Caraterização do produto M

Finalmente, o Produto M pertence à família dos *infotainments* e encontrava-se em fase de pre-séries no edifício 1. Trata-se de um produto *highrunner* da empresa por apresentar um grande volume de produção na ordem dos 6.800 aparelhos por dia, o que corresponde a um valor bastante elevado comparativamente a outros. Este produto é equipado com duas placas PCB distintas, nomeadamente a RSC e a MMX e estas terão de ser armazenadas em *stock* intermédio. Neste projeto foi dimensionado um supermercado para *stock* intermédio desses dois sub-conjuntos. A Figura 18 representa as peças constituintes deste produto.

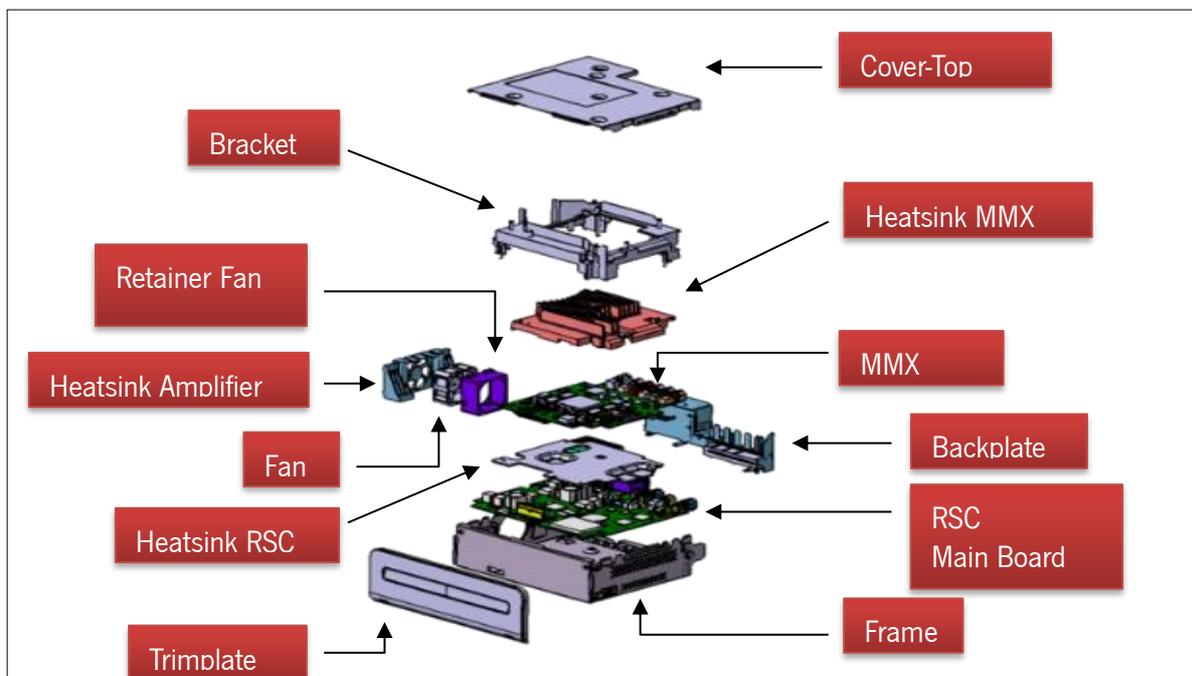


Figura 18: Constituição do Produto M (Aptiv, 2019)

### 4.3 Análise crítica da situação atual e identificação de problemas

Esta secção apresenta a análise crítica realizada à situação dos produtos para estudo. Para esta análise procedeu-se ao cálculo do *takt-time* dos produtos, dos seus tempos de ciclo, dos volumes de produção anual e da capacidade disponível nas linhas de produção. Posteriormente à integração dos novos produtos no sistema produtivo, foram analisados os seus processos de montagem final de modo a identificar oportunidades de melhoria. Para auxiliar essa análise, usaram-se ferramentas tais como diagrama de causa-efeito, diagrama de sequência, diagrama de pareto e análise ABC. Foram ainda calculados diversos indicadores de desempenho que permitiram identificar alguns problemas nos processos de produção.

#### 4.3.1 Processo de montagem pouco ergonómico do produto V e necessidade de projetar sistema de produção

Inicialmente, estudou-se a possibilidade de integrar o Produto V numa linha de montagem de produtos com bastantes similaridades, mas esta não reunia capacidade disponível suficiente para produzir as quantidades necessárias.

Nesta fase, observaram-se alguns pontos críticos. Um dos problemas detetados no processo de montagem idealizado inicialmente foi o facto de este não respeitar a regra ergonómica que diz que não deverão haver mais de quatro aparafusamentos manuais por cada posto de trabalho e existiam dois postos com cinco aparafusamentos e um posto com seis aparafusamentos. Outro aspeto que deveria ser melhorado é a questão de o processo necessitar de quatro operadores, visto que se poderia reduzir esse número recorrendo à integração de um *robot* de aparafusamento automático. Por fim, já na fase de produção em pre-série, verificaram-se algumas causas de paragens durante o processo de montagem devido a erros no aparafusamento, máquina de prensar a *frontplate* mal ajustada e falta de material.

#### 4.3.2 Subocupação da linha dos produtos F e PO e possível integração do produto C

A linha de montagem final em estudo para integração do Produto C, é a linha que atualmente está destinada à produção do Produto PO e do Produto F. Como se pode constatar, através da Tabela 8, os volumes de produção do Produto PO encontram-se em fase decrescente. Os volumes de produção do Produto F não entram para estes cálculos porque apresentam valores residuais e, para além disso, o aparelho em questão encontra-se na fase final do ciclo de vida.

Tabela 8: Volumes anuais de produção dos Produtos PO e C

Volumes anuais	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Produto PO</b>	91250	22 000	1 381	0	0	0
<b>Produto C</b>	0	17915	30098	31443	32233	33320

É também necessário conhecer os volumes de produção diários para cada produto, Tabela 9. Estes valores foram calculados assumindo que 1 ano tem 240 dias úteis.

Tabela 9: Volumes diários de produção dos Produtos PO e C

Volumes diários	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Produto PO</b>	380,2	91,7	5,8	0,0	0,0	0,0
<b>Produto C</b>	0,0	74,6	125,4	131,0	134,3	138,8

Depois de conhecidos os volumes de produção diários dos dois produtos para os próximos anos, efetuaram-se os cálculos relativos ao tempo produtivo diário dos dois produtos, Tabela 10, assumindo que o tempo de ciclo do Produto PO é de 60 segundos e do Produto C é de 73,2 segundos.

Tabela 10: Tempo produtivo diário dos Produtos PO e C

Tempo Produtivo (h)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Produto PO</b>	6,3	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0
<b>Produto C</b>	0,0	1,5	2,5	2,7	2,7	2,8
<b>Total Tempo Produtivo</b>	6,3	3,0	2,6	2,7	2,7	2,8

Exemplo do cálculo do tempo produtivo diário para 2019:

$$\text{Tempo Produtivo Produto PO} = \frac{\text{Volume Diário} \times \text{Tempo Ciclo}}{3600} = \frac{91,7 \times 60}{3600} = 1,53 \text{ h}$$

$$\text{Tempo Produtivo Produto C} = \frac{\text{Volume Diário} \times \text{Tempo Ciclo}}{3600} = \frac{74,6 \times 73,2}{3600} = 1,52 \text{ h}$$

$$\text{Tempo Produtivo Total} = 1,53 + 1,52 = 3,05 \text{ horas diárias}$$

Assumindo que toda a produção será realizada em apenas um turno, ou seja, com um tempo disponível de 7,7 horas diárias, pode-se concluir que se observa capacidade suficiente nesta linha de montagem para iniciar a produção do novo Produto C, visto que a soma do tempo produtivo dos dois produtos não

ultrapassa as 7,7 horas diárias em nenhum dos anos de fabrico. Existe ainda capacidade disponível para 4,7 horas de produção diária nesta linha de montagem final e a equipa já está a idealizar a introdução de mais um produto, designado neste projeto por Produto P7.

Cálculo auxiliar do tempo disponível de 1 turno:

Tempo total: 8h = 480min

Tempo disponível = 480min – 18min (intervalos e ginástica laboral) = 462min

Tempo disponível em horas = 462 / 60 = 7,7 horas

A seguir encontram-se todas as etapas e assuntos debatidos numa reunião relativa às pre-séries do Produto C:

***Meeting – Produto C***

Steps:

- *DFMEA*
- *PFMEA*
- *Quality Plan*
- *Special Characteristics*
- *No open POR-s in DPRTS*

Inputs review:

- *Transparent to test status*
- *Error-Proofing Matrices*
- *Certification Summary*
- *Component PPAP status*
- *Producibility items*
- *Final traceability*
- *PPAP deliverables*
- *Production equipment status*
- *PPAP milestone*
- *GP12 / Early containment approach*
- *Final warranty agreement*

Outputs: action items

Um dos problemas detetados na montagem final do Produto C é o teste de visão da conexão da antena bluetooth, visto que esta é de dimensões reduzidas e os *scanners* instalados para fazer os testes de visão não estão capacitados para fazer este teste, apenas fazem o teste à conexão de cabos de maior dimensão. Foram também encontrados erros na conexão dos cabos e alguns estavam dobrados incorretamente e também amassados devido a uma incorreta montagem. Concluiu-se que é necessário

que os cabos venham do fornecedor previamente dobrados no local correto para que o operador não tenha de fazer essa tarefa manualmente e quebrar o cabo. Detetou-se na reunião que o fornecedor já tinha advertido para o facto de que não é aconselhável dobrar os cabos em 180° porque pode quebrar as ligações do cabo.

#### 4.3.3 Necessidade de espaço para o produto M e instruções desatualizadas

Na análise efetuada à situação atual verificou-se que o produto M ainda não apresentava estruturas para armazenamento de *stock* intermédio de alguns dos seus componentes.

Assim, identificou-se a necessidade de dimensionar um espaço para implementar um supermercado de maneira a criar um *buffer* para stock intermédio das duas placas PCB que este produto apresenta. As placas em questão são designadas por RSC e MMX. Este estudo foi realizado devido à necessidade de economização de espaço na fábrica. Identificou-se também uma oportunidade de melhoria na secção de fresagem visto que as instruções não estavam atualizadas e, por isso, existia um risco elevado de o operador se enganar no programa da máquina de fresagem e danificar os produtos.

#### 4.3.4 Impossibilidade de realizar teste de visão correta no produto P7

Relativamente ao Produto P7, este encontrava-se numa fase inicial de projeto e, por isso, foi feito o acompanhamento das apresentações inerentes à sua constituição, *design* e o seu processo de produção. Um dos problemas detetados relativamente ao *design* do Produto P7 foi o facto de que um dos cabos conectores se encontrar numa posição em que impossibilitava a realização correta do teste de visão para confirmar se o cabo ficou bem conectado com o aparelho, visto que este apresenta uma dobra escondendo o local de encaixe, como demonstrado na Figura 19.

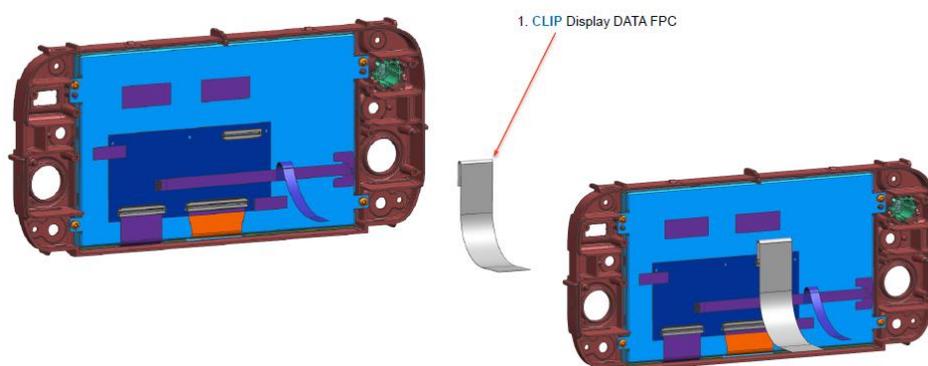


Figura 19: Front Panel – Exploded View – Assembly – Display DPC (Aptiv, 2019)

#### 4.3.5 Síntese dos problemas encontrados

A Tabela 11 tem como finalidade resumir todos os problemas e oportunidades de melhoria identificados durante a fase de análise crítica da situação atual dos quatro produtos em estudo.

*Tabela 11: Síntese dos problemas encontrados*

<b>Designação do produto</b>	<b>Análise crítica da situação atual e problemas</b>
Produto V	Necessidade de implementar uma nova linha de montagem e identificação de oportunidades de melhoria no processo a nível ergonómico e na redução do número de operadores com a instalação de um <i>robot</i> de aparafusamento.
Produto C	Necessidade de reconfigurar uma linha de montagem já existente para integrar o produto e identificação de oportunidades de melhoria reduzindo os tempos de paragem no processo.
Produto M	Necessidade de dimensionar um supermercado para <i>stock</i> intermédio de componentes com o objetivo de economizar o máximo espaço na fábrica.
Produto P7	Necessidade de solucionar um problema relativo à falha no teste de visão na conexão de um cabo.

## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS E AÇÕES DE MELHORIA

Neste capítulo encontram-se todas as melhorias propostas e implementadas durante o projeto na empresa Aptiv. Assim, são apresentadas a linha de montagem projetada para o produto V, a reconfiguração da linha do produto C, o dimensionamento de supermercado e criação de instruções para o produto M e a solução para a falha no teste de visão do produto P7.

### 5.1 Projeto da linha de montagem para o produto V

Relativamente ao Produto V, foi feita a implementação de uma nova linha de montagem, tendo sido feito um estudo para concluir quais os equipamentos que se deveriam adquirir. Assim, de maneira a concluir qual a melhor solução relativa à aquisição destes novos equipamentos e a disposição destes numa nova linha de montagem, usaram-se procedimento e cálculos para comparar diferentes cenários possíveis. Foram ainda identificadas e implementadas algumas melhorias no processo de montagem. Esta secção visa explicar todas estas ações.

#### 5.1.1 Redefinição do processo e implementação da nova linha de montagem

Identificado o produto e o seu processo produtivo, para implementar uma nova linha de montagem foi necessário conhecer os respetivos volumes de produção e o *takt-time* e, posteriormente, foi realizado um estudo para comparar dois cenários diferentes em relação ao tipo de equipamentos a instalar.

##### 5.1.1.1 Cálculo do *Takt-time*

Para calcular o *takt-time*, foi necessário conhecer o tempo disponível de um turno de maneira a perceber quantos turnos são necessários para produzir as quantidades encomendadas. Para a realização destes cálculos, assumiu-se que a empresa funciona em turnos de 8 horas com 30 minutos em pausas e com 50 semanas por ano, sendo que cada semana tem 5 dias úteis. Os cálculos do *takt-time* para cada ano encontram-se apresentados a seguir:

$$\text{Tempo disponível de um turno} = 7,5 \times 60 \times 60 = 27000 \text{ segundos/turno}$$

$$\text{Produção diária} = \frac{\text{Produção anual}}{\text{Nº dias úteis}} = \frac{83250}{50 \times 5} = 333 \text{ peças/dia}$$

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ um\ turno}{Produção\ diária} = \frac{27000}{333} = 81,1\ segundos/peça$$

Concluiu-se que é necessário efetuar a produção diária apenas num turno, visto que foi calculado um *takt-time* de 81,1 segundos por peça e o tempo de ciclo do processo de produção deste aparelho prevê-se que seja inferior ao *takt-time* calculado, o que cumpre com as necessidades do cliente. A Tabela 12 apresenta os respetivos resultados para os próximos anos.

Tabela 12: Previsão de volumes de produção e *takt-time* do Produto V

FORECASTED CUSTOMER TAKT TIME TABLE															
Volume Scenario ID	Volume Scenario Description	Volume Info Source	Annual Customer Volume	Schedule d Weeks per Year	Daily Demand	Customer Daily Pull	Customer Takt Time (Seconds/Piece)				Multiple Cell Takt Time (Seconds/Piece)				
							1 Shift Operation	2 Shift Operation	3 Shift Operation	4 Shift Operation	Qty of Cells Planned	1 Shift Operation	2 Shift Operation	3 Shift Operation	4 Shift Operation
1	2020		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
2	2021		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
3	2022		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
4	2023		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
5	2024		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
6	2025		83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
7	2020	Total Base & High	83 250	50	333	333	81,1	162,2	243,2	324,3	1	81,1	162,2	243,2	324,3
8	2020	Virtual Volume first Year	109 540	50	438	438	61,6	123,2	184,9	246,5	1	61,6	123,2	184,9	246,5

Conhecido o *takt-time* e os respetivos volumes de produção do Produto V, assim como todos os passos relativos à montagem final do aparelho, está reunida a informação necessária para fazer o estudo para encontrar a melhor forma de implementar a nova linha de produção orientada ao produto.

Como foi referido na secção 4.3.1, devido ao processo de montagem e aos volumes de produção, foi necessário propor uma nova linha de montagem para o produto V. Também ficou claro que o processo de montagem do Produto V idealizado inicialmente não reunia as melhores condições e, por isso, foi feito um estudo com o objetivo de comparar dois cenários: cenário 1) proposta inicial com aparafusamento manual com quatro operadores e cenário 2) proposta alternativa com a aquisição de um *robot* de aparafusamento automático e a trabalhar apenas com um operador.

#### 5.1.1.2 Cenário 1 – Aparafusamento manual com quatro operadores

No processo previsto inicialmente, designado por cenário 1, o processo encontrava-se com quatro postos de trabalho e os aparafusamentos eram feitos de forma manual pelos quatro operadores onde se constata que as regras de ergonomia não estavam a ser respeitadas por apresentar mais de quatro aparafusamentos por posto de trabalho. Este processo de montagem pode ser visualizado na Tabela 41 do Anexo I - Produto V: WCT (cenários 1 e 2).

### 5.1.1.3 Cenário 2 – Aparafusamento automático com um operador

Relativamente ao processo alternativo, designado por cenário 2, foi necessário identificar todas as tarefas relativas ao novo processo de montagem com os respetivos tempos de processamento teóricos. A Tabela 13 e a Tabela 14 representam as instruções de trabalho (ITs) relativas aos postos de trabalho 1 e 2, respetivamente. *Motions* é a designação usada pela empresa para cada movimento realizado pelo operador e é assumido um tempo teórico de 0,6 segundos por cada um.

Tabela 13: Instruções de Trabalho do Produto V (Posto 1)

<b>Descrição das tarefas – posto 1 – produto v</b>	<b>Motions</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pega heatsink e coloca no dispositivo	4	2,4
Coloca ventoinha no heatsink	8	4,8
Verifica se a ventoinha ficou bem montada	2	1,2
Coloca o heatsink no robot aparafusamento	5	3,0
Coloca a placa principal no heatsink	6	3,6
Liga o cabo da ventoinha	7	4,2
Precciona os botões para teste de visão	2	1,2
Pega e coloca a frame	5	3,0
Coloca a blenda e a frontplate na prensa	10	6,0
Coloca a blenda no aparelho	8	4,8
(Processo de aparafusamento automático, 8x)	-	27
Roda o aparelho	4	2,4
Coloca a tampa	8	4,8
(Processo de aparafusamento automático, 5x)	-	18
<b>Tempo de processamento do robot</b>		<b>45</b>
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>65</b>	<b>41,4</b>

Tabela 14: Instruções de Trabalho do Produto V (Posto 2)

<b>Descrição das tarefas – posto 2 – produto v</b>	<b>Motions</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pega no aparelho e coloca no dispositivo	6	3,6
Fecha máscara de aparafusamento	2	1,2
Aparafusa a bullet, 1x	5	3,0
Aparafusa os parafusos, 3x	15	9,0
Abre máscara de aparafusamento	2	1,2
Retira o aparelho e coloca etiqueta cliente	8	4,8
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>36</b>	<b>22,8</b>

O segundo cenário idealizado para o processo de montagem final do Produto V é constituído por dois postos de trabalho em que apenas um operador é responsável por todo o processo de montagem, fazendo as tarefas dos postos 1 e 2. Na Tabela 15 pode-se verificar que no posto 1 o tempo de processamento do *robot* de aparafusamento automático é de 45 segundos e o tempo de processamento manual efetuado pelo operador é de 41,4 segundos. Os 3,6 segundos de diferença podem ser aproveitados para o operador efetuar as tarefas do posto 2 que correspondem a 22,8 segundos, em vez de desperdiçar esse tempo à espera do *robot* de aparafusamento.

*Tabela 15: Tempos de processamento do operador e do robot de aparafusamento*

TEMPO / POSTO	POSTO 1	POSTO 2	TOTAL
Processamento do operador	41,4	22,8	64,2
Processamento do <i>robot</i>	45	-	45

Assim, conclui-se que o tempo de ciclo do processo de montagem final do Produto V relativo aos dois postos de trabalho com apenas um operador a executar todas as tarefas é de 64,2 segundos. Os 45 segundos relativos ao *robot* de aparafusamento não entram no cálculo do tempo de ciclo deste processo produtivo visto que esse processamento é feito em simultâneo com as tarefas do operador.

#### *5.1.1.4 Comparação dos dois cenários*

Com o objetivo de encontrar a melhor solução, foi feito um estudo para comparar os proveitos que se irá obter entre uma linha de produção através de processos de aparafusamento manual pelos operadores e uma linha constituída por um *robot* de aparafusamento automático.

O número de operadores necessário, os tempos de ciclo e os tempos de atravessamento relativos aos dois cenários, estão apresentados na Tabela 16.

*Tabela 16: Tempos de ciclo do processo de montagem final do Produto V para os dois cenários em estudo*

Cenários possíveis	Cenário 1	Cenário 2
Nº operadores	4	1
Tempo de ciclo (s)	31,2	64
Tempo de atravessamento (s)	124,8	64

Visto que o tempo de atravessamento do cenário 1 é de 124,8 segundos e do cenário 2 é de 64 segundos, os ganhos relativos à economização de tempo são de 60,8 segundos por produto, se optar pelo cenário 2, ou seja, adquirindo o novo *robot* de aparafusamento automático.

$$\text{Ganhos de tempo (por produto)} = 124,8 - 64 = 60,8 \text{ segundos/produto}$$

Este ganho de tempo de 60,8 segundos relativo à montagem de 1 produto, se for multiplicado pelos 83.250 produtos que estão previstos produzir por ano, resulta numa poupança de tempo na ordem das 1.406 horas anuais.

$$\text{Ganhos de tempo (por ano)} = \frac{60,8 \times 83250}{3600} = 1406 \text{ horas/ano}$$

Com o auxílio de uma folha de cálculo excel utilizada na Aptiv que permite fazer de forma automática a conversão dos ganhos de tempo em ganhos monetários, estimou-se que se poderá economizar 35.456 euros no primeiro ano de produção. É necessário ainda fazer a comparação do investimento entre os dois cenários em estudo. Sendo assim, os custos inerentes a cada cenário encontram-se na Tabela 17.

*Tabela 17: Investimento necessário para os dois cenários em estudo*

<b>Cenário 1</b>		<b>Cenário 2</b>	
Equipamento	Custo (€)	Equipamento	Custo (€)
4 scanners	10.000	1 scanner	2.500
4 dispositivos	20.000	2 dispositivos	10.000
4 bancadas de trabalho	9.484	1 bancada de trabalho	2.371
4 aparafusadoras	54.100	1 aparafusadora	13.525
4 interface box	9.816	1 interface box	2.454
		Robot aparafusamento	95.000
<b>Custo total</b>	<b>103.400</b>	<b>Custo total</b>	<b>125.850</b>

Conhecidos os valores, conclui-se que para o cenário 1 é necessário um investimento de 103.400 euros e para o cenário 2 o investimento é de 125.850 euros. Ou seja, o investimento inicial do cenário 2 que inclui a aquisição do *robot* de aparafusamento é superior e apresenta uma diferença de 22.450 euros em relação ao cenário 1.

$$\text{Diferença entre investimentos} = 125.850 - 103.400 = 22.450 \text{ euros}$$

Como já foi referido anteriormente, no cenário 2 é possível economizar 35.456 euros no primeiro ano de produção devido à poupança nos tempos de produção. Visto que a diferença entre os investimentos é de 22.450 euros, quer dizer que este valor é inferior aos ganhos. Este fator levou à conclusão de que

é mais vantajoso optar pelo cenário 2 e assim instalar a linha de montagem para o Produto V com a inclusão do *robot* de aparafusamento automático.

Verifica-se também que o *break-even* do investimento será alcançado durante o primeiro ano de produção e que, no final do terceiro ano poder-se-á contabilizar poupanças na ordem dos 71.177 euros. Isto significa que, este valor subtraído pela diferença entre os investimentos que é de 22.450 euros, ao fim de três anos o cenário 2 apresenta ganhos superiores ao cenário 1 na ordem dos 48.727 euros. Optou-se então pelo cenário 2 e pela aquisição do novo *robot* de aparafusamento automático.

$$\text{Ganhos obtidos (em 3 anos)} = 71.177 - 22.450 = 48.727 \text{ euros}$$

Com o intuito de apresentar um resumo dos ganhos anuais obtidos no Capítulo 6, foi estimado o valor de ganhos anuais através desta implementação, resultando num valor de 16.242€ / ano.

$$\text{Ganhos obtidos (em 1 ano)} = \frac{48.727}{3} = 16.242 \text{ euros/ano}$$

A Figura 20 corresponde aos cálculos inerentes a este estudo com o auxílio de um documento Excel, designado por ICIM, usado para esta finalidade.

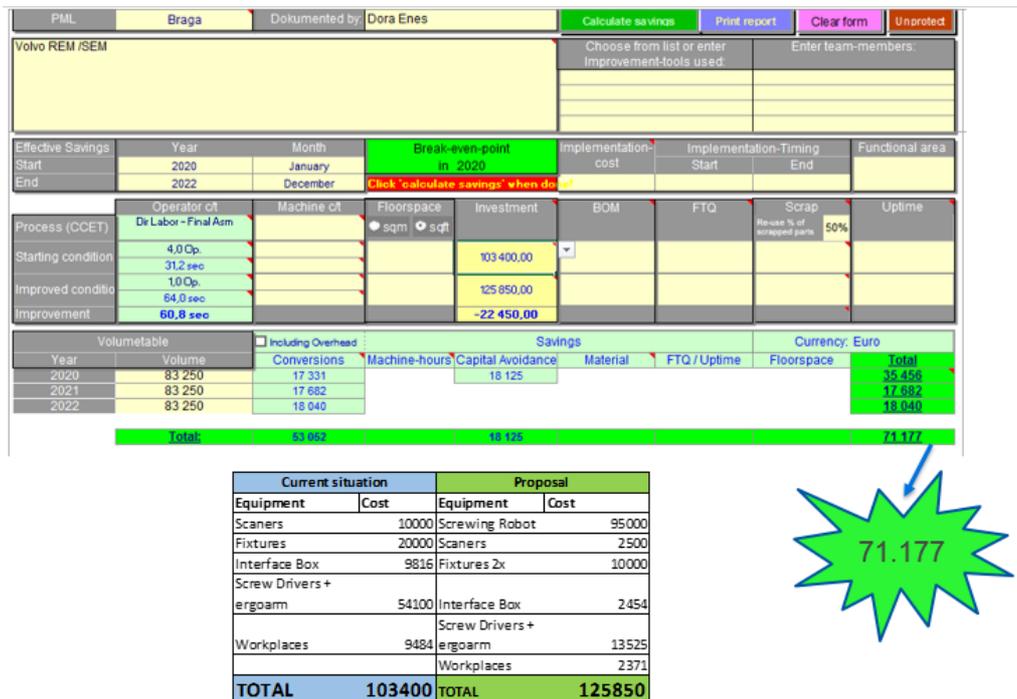


Figura 20: Cálculo e comparação do investimento e proveito das duas opções em estudo.

É também importante referir que com a implementação da linha de montagem relativa ao cenário 2 economizaram-se 6m<sup>2</sup> de espaço na fábrica, visto que no cenário inicial eram necessários 26m<sup>2</sup> e para este cenário alternativo foram ocupados apenas 20m<sup>2</sup>.

### 5.1.2 Melhorias na montagem final

Relativamente ao Produto V, houve ainda oportunidade de observar o processo de montagem final durante uma pre-série, tendo sido cronometrados os tempos de ciclo e também identificadas as causas de paragens no processo. Na Tabela 18 encontram-se esses dados retirados de uma amostra de 24 aparelhos.

*Tabela 18: Tempos de ciclo e paragens numa pre-série do Produto V*

<b>Tempo de Ciclo (s)</b>	<b>Tempo de Paragens (s)</b>	<b>Causa da Paragem</b>
156	0	
183	31	Erro no aparafusamento automático
154	0	
167	6	Prensa mal ajustada
143	0	
156	11	Prensa mal ajustada
152	0	
149	0	
158	7	Prensa mal ajustada
166	15	Prensa mal ajustada
155	0	
171	8	Prensa mal ajustada
139	0	
141	0	
147	0	
133	0	
145	0	
178	32	Erro no aparafusamento automático
177	30	Erro no aparafusamento automático
170	22	Falta de material
140	0	
146	0	
141	0	
153	6	Prensa mal ajustada

<b>Média Tempo Ciclo (s)</b>	<b>Média Paragens (s)</b>	<b>Média Tempo Ciclo s/ Paragens (s)</b>
155	7	148

Depois de retirados os tempos de ciclo, conclui-se que a média do tempo de ciclo foi de 155 segundos. Foram identificadas as causas das paragens do processo produtivo e verificou-se que existiu um tempo de paragem médio de 7 segundos. Assumindo que estes erros irão desaparecer através da

implementação de melhorias na linha de montagem, poder-se-ia concluir que este produto apresenta um tempo de ciclo de 148 segundos. Este valor encontra-se muito superior ao tempo de ciclo teórico anteriormente calculado durante a fase de implementação da linha de montagem que foi de 64,2 segundos. Ainda que, os tempos elevados possam ser justificados pela falta de experiência dos operadores relativamente ao processo de montagem, visto que se trata de um produto novo e este ainda se encontra numa fase inicial de pre-séries.

Como anteriormente foi calculado, o *takt-time* deste produto para trabalhar em apenas 1 turno é de 81,1 segundos. Já para 2 turnos diários, o *takt-time* passa a ser o dobro, ou seja, 162,2 segundos. Isto quer dizer que para cumprir o *takt-time* é necessário baixar o tempo de ciclo do processo, visto que a amostra da produção de 24 aparelhos que foi retirada numa pre-série apresentou um tempo de ciclo de 148 segundos sem assumir as paragens devido a erros de processamento. Visto que este produto se encontrava na fase de implementação da linha de montagem, será necessário no futuro acompanhar as próximas produções em pre-série de modo a identificar possíveis melhorias para reduzir o tempo de ciclo. Se este tempo se mantiver acima dos 81,1 segundos, será necessário pensar em produzir em 2 turnos diários em que o valor do *takt-time* é de 162,2 segundos e assim já é possível cumprir com as encomendas do cliente.

Uma das ações de melhoria implementadas no Produto V está relacionada com o facto do aparelho apresentar dois tipos diferentes de parafuso. Inicialmente era necessário proceder à alteração do *bit* na aparafusadora em todos os aparelhos produzidos, o que correspondia a um enorme desperdício de tempo. Esta questão foi abordada juntamente com o cliente e foi acordado fazer uma alteração no *design* do Produto V com a finalidade de usar apenas um tipo de parafuso. Esta ação permitiu reduzir o tempo de ciclo do processo de montagem, ainda que este apresente um valor bastante acima do tempo teórico idealizado no início do projeto.

## **5.2 Reconfiguração da linha para o produto C**

Nesta secção encontram-se apresentados todas as etapas para a reconfiguração da linha de montagem onde o Produto C foi integrado. São também explicadas todas as ações de melhorias implementadas no processo durante a fase de produção em pre-série e, por fim, são apresentadas as instruções de trabalho relativas aos postos da linha de montagem final. Depois de reconfigurada a linha de montagem, iniciou-se a produção em pre-série do Produto C onde foram retirados os tempos de processamento de todos os postos de trabalho e identificadas as principais causas de paragem no processo produtivo. A recolha

dos dados possibilitou o cálculo de indicadores de desempenho com a finalidade de identificar possíveis ações de melhoria no processo produtivo.

### 5.2.1 Cenários para a reconfiguração

Esta secção apresenta os procedimentos relativos à reconfiguração da linha de montagem, de modo a que se possam produzir diariamente três tipos de produto diferentes, mas ainda com bastantes similaridades em relação ao seu modo de montagem de maneira a facilitar a mudança de equipamentos e num tempo reduzido.

Depois de confirmada a existência de capacidade disponível na linha de montagem em estudo para integrar o novo Produto C, iniciou-se o processo de reconfiguração da linha de modo a identificar qual a melhor solução relativa a esta implementação. Esta reconfiguração implicou o estudo de dois cenários relativamente ao número de postos de trabalho necessários e *layout* da linha de montagem.

#### 5.2.1.1 Cenário 1- colocação de três postos

O primeiro cenário consiste na colocação de três postos de trabalho para que o processo de montagem do novo produto a ser integrado (Produto C) funcione exatamente com o mesmo *layout* e os mesmos postos de trabalho do produto já existente (Produto P). Este foi considerado o cenário perfeito visto que não seriam necessárias alterações na disposição dos postos. A Figura 21 esquematiza essa linha de montagem.

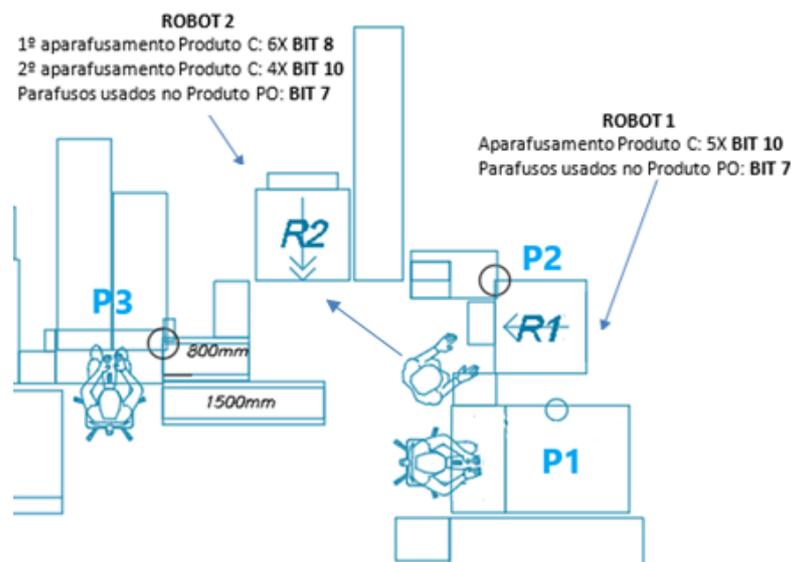


Figura 21: Primeiro cenário da integração do Produto C na linha de montagem do Produto PO

Deste cenário elaborado, foram retiradas algumas ilações, nomeadamente:

- Para se poder usar os robots de aparafusamento automático do Produto PO no Produto C, é necessário fazer *change over* visto que o tipo de parafuso e de BIT é diferente para os dois aparelhos.
- No processo do robot 1 é necessário alterar o BIT 10 pelo BIT 7 e também alterar o dispensador de parafusos. O investimento necessário é de 1500€ para o dispensador novo, 600€ para o BIT novo e 4500€ para o novo dispositivo do Produto C.
- No processo do robot 2, verifica-se que o Produto C tem dois tipos de parafuso diferentes e, por isso, é necessário usar o BIT 8 e o BIT 10 no mesmo posto de trabalho. Visto que não é possível alterar o BIT e o dispensador de parafusos em todas as unidades produzidas, encontraram-se duas soluções possíveis para resolver esta situação. A solução mais viável seria utilizar apenas um tipo de parafuso para evitar mudanças no equipamento ou, se o cliente não possibilitar esta opção, a segunda solução passaria por criar um posto de trabalho extra para aparafusar manualmente os 4 parafusos de BIT 10, mantendo o robot 2 para o aparafusamento automático dos 6 parafusos de BIT 8.

Depois de levantadas as possibilidades relativamente à reconfiguração da linha de montagem para integrar o novo Produto C e depois de algumas reuniões com o cliente, chegou-se às conclusões. Relativamente à alteração de um dos tipos de parafuso do produto para que este fosse montado apenas com um tipo de parafuso, esta solução foi recusada pelo cliente visto não ser possível fazer a alteração no *design* do produto. Concluiu-se que os quatro aparafusamentos do BIT 10 teriam de ser feitos manualmente.

#### *5.2.1.2 Cenário 2- colocação de quatro postos*

Foi então criado um segundo cenário da reconfiguração da linha de montagem e este foi o cenário conclusivo. Foi instalada mais uma bancada de trabalho, equipada com uma máquina de aparafusamento manual, com a finalidade de aparafusar os quatro parafusos BIT 10 que não eram possíveis aparafusar no *robot2*. O processo passou então a ser constituído por quatro postos de trabalho e dois *robots* de aparafusamento. A Figura 22 demonstra como ficou a linha de produção depois da reconfiguração.

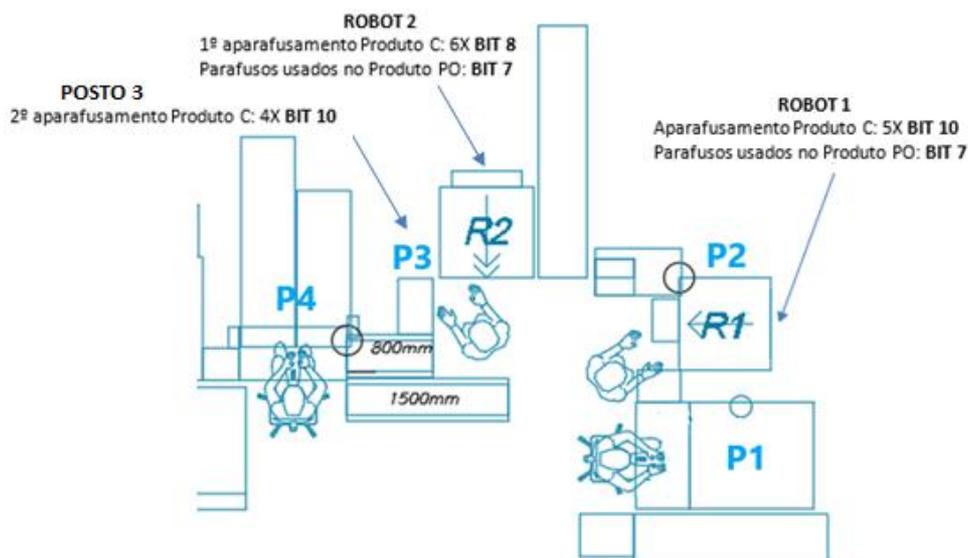


Figura 22: Segundo cenário da reconfiguração da linha de montagem para integração do Produto C

### 5.2.2 Melhorias na montagem final

Esta secção é composta inicialmente pela apresentação dos cálculos dos indicadores de desempenho relativos ao processo de montagem final do Produto C. Segue-se o levantamento e análise das causas de paragens e, posteriormente, todas as ações de melhoria implementadas.

#### 5.2.2.1. Valores dos indicadores de desempenho

Tendo-se definido que o produto C ia ser integrado na linha do produto PO e reconfigurada a linha para os quatro postos do cenário 2, foi necessário verificar o desempenho desta, calculando alguns indicadores como o *takt-time*, tempo de ciclo, índice de planura e OE.

Assim, para calcular o *takt-time* para o produto C usaram-se novamente os volumes de produção. Na Tabela 19 encontram-se os valores correspondentes à previsão dos volumes de produção para os próximos anos, o tempo disponível de produção e também o *takt-time* e tempo de ciclo do Produto C.

Tabela 19: Volumes de produção e *takt-time* do Produto C

Ano	Volume anual	Volume diário	Tempo disponível (h)	<i>Takt-time</i> (s)	T. Ciclo (s)
2019	17915	74,8	6,2	298	73,2
2020	30098	125,4	7,6	218	
2021	31443	131,0	7,7	212	
2022	32233	134,3	7,7	206	
2023	33320	138,8	7,7	200	

Conclui-se que o tempo de ciclo apresenta um valor inferior ao *takt-time*, o que significa que é possível responder a todas as encomendas do cliente.

Para o cálculo do índice de planura, foi retirado o tempo de ciclo do sistema que corresponde ao posto de trabalho mais demorado, muitas vezes referido como posto *bottleneck*, concluindo-se assim que o tempo de ciclo do sistema é de 73,2 segundos. É também necessário conhecer o tempo de estação de cada posto. Os valores usados e o respetivo cálculo do índice de planura encontram-se apresentados a seguir na Tabela 20.

Tabela 20: Tempos de estação e de ciclo na montagem final do Produto C

Posto de trabalho	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4
Tempo de estação (s)	35,4	32,4	72,6	73,2
Tempo de ciclo do sistema (s)				73,2

$$IP = \sqrt{\sum (Ts - Tp)^2} = \sqrt{[(73,2 - 35,4)^2 + (73,2 - 32,4)^2 + (73,2 - 72,6)^2 + (73,2 - 73,2)^2]} = 55,62$$

Conclui-se que o índice de planura se encontra demasiado elevado devido à grande variação dos tempos entre cada posto de trabalho. É necessário definir ações de melhoria relativamente ao balanceamento da carga de trabalho entre os quatro postos existentes nesta linha de montagem.

Depois de retiradas várias amostras com os tempos de ciclo do processo de montagem final relativo ao Produto C, foi possível calcular o OE relativo a essas produções. Os tempos de ciclo foram retirados a partir da pre-série 5, visto que nas pre-séries anteriores ainda se observavam muitas paragens no processo, como será explicado na secção seguinte. Para o cálculo dos valores OE, assumiu-se que o tempo de ciclo padrão da produção é igual ao tempo de ciclo teórico do processo produtivo já anteriormente calculado, ou seja, de 73,2 segundos. As amostras dos tempos de ciclo cronometrados e os valores OE são relativas às pre-séries 5, 6, 7 e 8 e estão apresentados na Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24, respetivamente.

Tabela 21: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 5)

TC (s)	97	95	102	95	121	102	116	118	92	85	95	93	103	98	92
OE (%)	75	77	72	77	60	72	63	62	80	86	77	79	71	75	80

Tempo de Ciclo médio = 100,3 segundos	OE médio = 73,7%
---------------------------------------	------------------

*Tabela 22: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 6)*

TC (s)	92	98	96	89	90	88	104	83	85	88	93	114	92	86	96
OE (%)	80	75	76	82	81	83	70	88	86	83	79	64	80	85	76
Tempo de Ciclo médio = 92,9 segundos								OE médio = 79,3 %							

*Tabela 23: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 7)*

TC (s)	94	86	86	87	85	89	105	87	94	94	86	88	93	87	90
OE (%)	78	85	85	84	86	82	70	84	78	78	85	83	79	84	81
Tempo de Ciclo médio = 90,1 segundos								OE médio = 81,5 %							

*Tabela 24: Tempos de ciclo da montagem final do Produto C (amostra da pre-série 8)*

TC (s)	91	90	88	93	86	85	89	94	90	87	86	89	85	88	92
OE (%)	80	81	83	79	85	86	82	78	81	84	85	82	86	83	80
Tempo de Ciclo médio = 88,9 segundos								OE médio = 82,4 %							

Observa-se que o indicador de desempenho OE tem uma subida significativa desde a pre-série 5 até à pre-série 8. Isto justifica-se pelas melhorias que foram sendo implementadas para colmatar desperdícios de tempo devido a diversas causas de paragens que aconteceram durante o processo de montagem e que serão apresentadas a seguir.

#### *5.2.2.2 Soluções para causas de paragens no processo de montagem do produto C*

Neste projeto procedeu-se também à realização de uma análise das causas de paragens no processo de montagem do Produto C com o objetivo de identificar os pontos críticos e, posteriormente, implementar ações de melhoria para reduzir os tempos de paragem neste processo produtivo.

Na Tabela 25, estão presentes todos os valores relativos aos tempos de paragens durante o processo de montagem final do Produto C, ao longo de oito pre-séries realizadas. Em cada pre-série, foi retirada uma amostra de 15 produtos, em que os valores apresentados são resultantes da soma dessas 15 amostras. Na Tabela 25 pode-se ainda verificar que estão assinalados a amarelo os intervalos em que se constata

reduções de tempo de paragem mais significativas devido às ações de melhoria que foram implementadas nos intervalos entre pre-séries.

*Tabela 25: Causas e tempos de paragem no processo de montagem do Produto C*

Causa	Tempo (s)							
	Pre-série 1	Pre-série 2	Pre-série 3	Pre-série 4	Pre-série 5	Pre-série 6	Pre-série 7	Pre-série 8
Erro de processamento	89	56	32	24	43	18	12	15
Ausência de operador	0	120	0	0	0	0	0	0
Erro de aparafusamento manual	60	30	45	30	15	0	15	0
Erro de aparafusamento automático	140	174	134	142	28	15	0	0
Demora na leitura do código QR	45	45	45	0	0	0	0	0
Falha no teste de visão	326	235	268	42	33	28	12	18
Material trocado	120	0	0	0	0	0	0	0
Tarefa complexa	86	92	34	42	27	16	20	12
Mudança de equipamento	587	138	143	135	126	129	124	121
Espera de material de outro posto	620	178	152	139	144	159	146	143
<b>Tempo total de paragens</b>	<b>2131</b>	<b>1609</b>	<b>1074</b>	<b>655</b>	<b>516</b>	<b>470</b>	<b>422</b>	<b>372</b>

Com a finalidade de identificar as principais causas de paragens no processo produtivo do Produto C e separá-las pelo responsável, nomeadamente por operador, máquina, material ou processo, foi realizado um diagrama de causa-efeito que está apresentado na Figura 23.

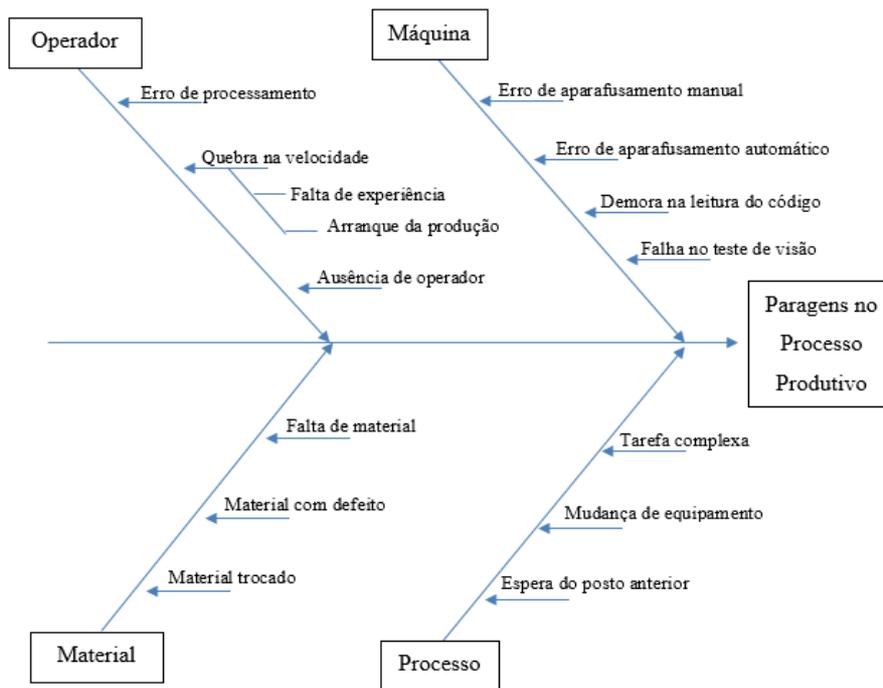


Figura 23: Diagrama de Causa-efeito relativo às paragens no processo de montagem final do Produto C

Depois de identificadas as causas das paragens no processo de montagem final do Produto C, foi posteriormente realizada uma análise ABC através de diagramas de Pareto em todas as pre-séries analisadas, para concluir quais as causas mais críticas a nível de perdas de tempo em paragens de modo a implementar ações de melhoria. A Figura 24 apresenta a análise ABC resultante dos tempos de paragem e as respetivas causas.

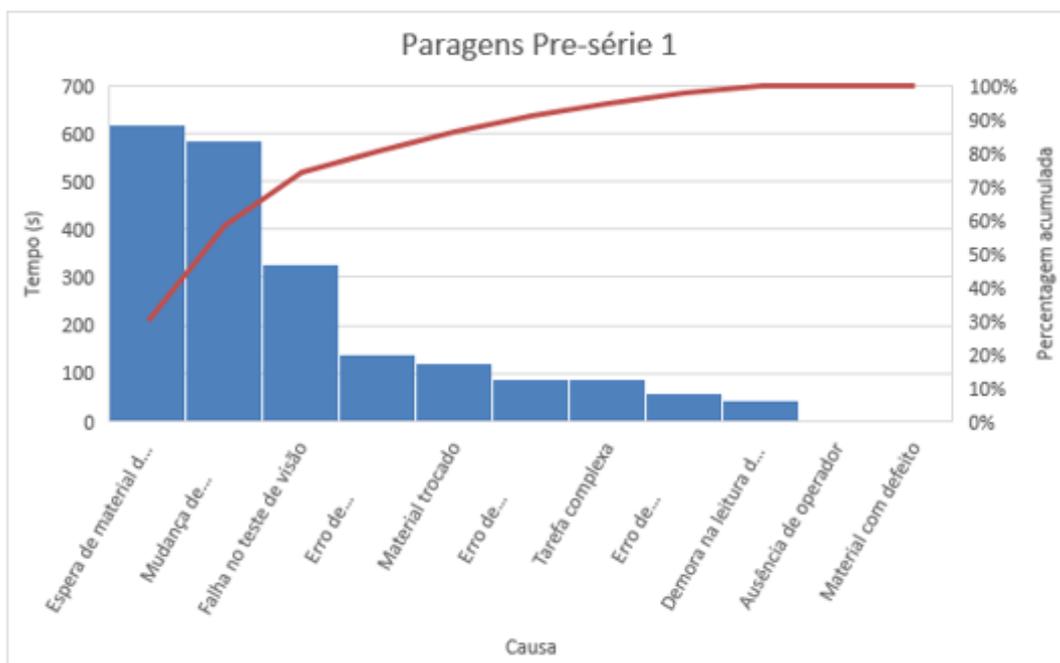


Figura 24: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 1)

Na primeira pre-série observada neste estudo, designada por pre-série 1, concluiu-se que uma das causas de paragens mais crítica estava relacionada com os tempos de espera de material entre os postos de trabalho.

As ações de melhoria relativas aos problemas e aspetos a melhorar que foram até agora identificados, serão apresentadas de seguida.

#### 5.2.2.2.1 Balanceamento da carga entre postos de trabalho

Os elevados tempos de espera entre os postos de trabalho devem-se ao facto de estes apresentarem tempos de processamento muito diferentes, como se pode constatar através da Tabela 26 e do gráfico da Figura 25.

*Tabela 26: Tempos de estação dos postos de trabalho*

Nº amostra	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4
1	74	85	104	132
2	68	66	98	112
3	83	70	102	125
4	64	63	128	163
5	60	78	135	95
6	93	65	99	116
7	63	84	103	98
8	97	65	107	104
9	68	58	100	98
10	79	93	103	123
11	114	85	108	104
12	84	69	96	115
13	82	83	104	95
14	68	73	132	138
15	76	67	98	106
<b>Média</b>	<b>78</b>	<b>74</b>	<b>108</b>	<b>115</b>

<b>Tempo de espera (1 unidade)</b>	<b>Tempo de espera (15 unidades)</b>
115 - 74 = 41 segundos	41 x 15 = 620 segundos

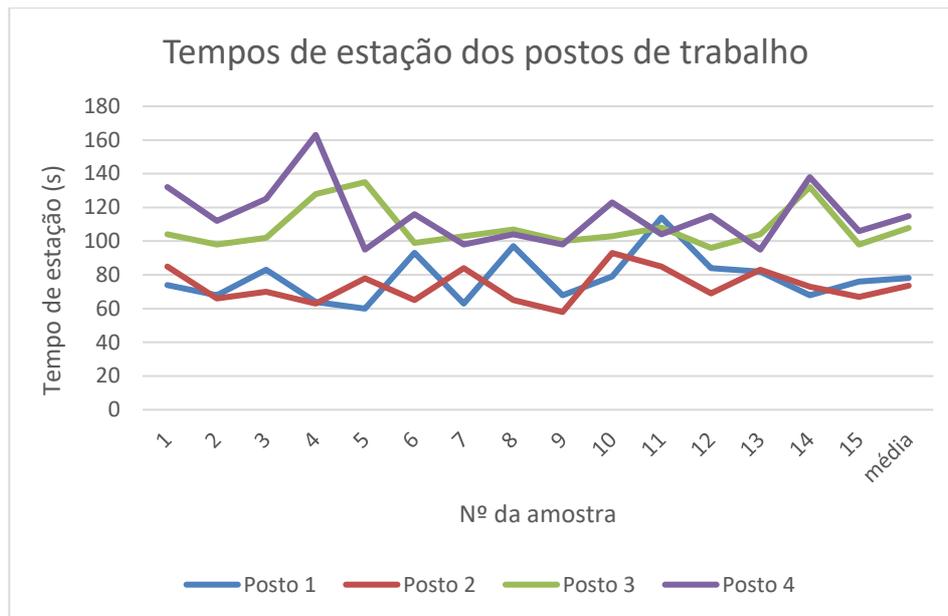


Figura 25: Tempos de estação dos postos de trabalho

Para solucionar este problema fez-se um balanceamento da carga de trabalho dos postos de modo a que os tempos de processamento ficassem mais próximos uns dos outros e assim não existir tanto desperdício em tempos de espera.

No processo de montagem final do Produto C, inicialmente estavam a trabalhar quatro operadores em quatro postos de trabalho. Concluiu-se que apenas seriam necessários três operadores nos quatro postos, visto que o posto 1 e 2 podia ficar a cargo de um só operador por apresentarem tempos de processamento muito inferiores que os postos 3 e 4. Foi, por isso, feito um estudo e redefinidas as tarefas de cada operador de forma a tornar o processo produtivo mais eficiente e balanceado de maneira a reduzir os tempos de espera entre postos de trabalho.

Para estudar a melhor solução relativa à carga de trabalho de cada posto de trabalho e poder re-estruturar as tarefas inerentes a cada posto, recorreu-se ao documento excel *Work Combination Table* do Produto C e fizeram-se as devidas alterações de maneira a que os tempos de estação dos postos de trabalho se aproximem, resultando num valor mais baixo relativo ao índice de planura da linha de montagem.

As alterações efetuadas foram as seguintes: os postos de trabalho 1 e 2, até agora com um operador a trabalhar em cada um, passaram a ter apenas um operador responsável pelos dois postos, passando este a trabalhar de pé para se poder movimentar mais facilmente. Para o mesmo operador trabalhar em dois postos, acrescentou-se a atividade de movimentação de um posto para o outro que corresponde a 3,6 segundos. Por outro lado, retirou-se 1,2 segundos porque agora o operador coloca o conjunto

diretamente na máquina de aparafusamento, não tendo que pousar o conjunto para este voltar a ser pegado por um segundo operador.

Concluindo, esta ação aumentou 2,4 segundos o tempo total de processamento, mas mesmo assim teve muitas vantagens porque o tempo que o posto 1 e 2 esperavam pelos outros postos era muito superior, devido ao seu tempo de processamento ser menor. Outra alteração foi a transferência das duas primeiras tarefas do posto 3, nomeadamente, “pegar na case, ler código e colocá-la na prensa” e “colocar dois retainers na casa e fechar a gaveta para prensar”, para o operador que trabalha no posto 1 e 2. No Anexo II – Produto C: WCT (antes e depois das melhorias) encontram-se as *Work Combination Table* inicial (Tabela 43) e final (Tabela 44).

Assim explicadas as modificações da linha de montagem em estudo, são agora apresentados os novos tempos de processamento dos postos de trabalho através da Tabela 27, Tabela 28 e Tabela 29.

*Tabela 27: Tempos de processamento do Posto 1 e 2 (com apenas 1 operador)*

<b>Descrição das tarefas – posto 1 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar no painel frontal, ler código e colocar no dispositivo	3,6
Carregar nos botões para testar posição das esponjas	1,2
Ler placa de serviço e encaixar no lado direito do painel frontal	4,2
Ler placa de serviço e encaixar no lado esquerdo do painel frontal	3,0
Pegar no display e ler código	1,8
Pousar display e retirar película	2,4
Colar nova película no display	3,6
Colocar display no painel frontal	2,4
Retirar fita protetora do display	1,8
Encaixar as duas peças metálicas nos pins	6,0
Colocar as duas esponjas	3,6
Retirar conjunto do dispositivo	1,8
Movimentar para a segunda bancada	1,8
Colocar conjunto na máquina de aparafusamento	1,8
Aparafusamento automático (10x)	32,4

Tirar conjunto da máquina de aparafusar e colocar no dispositivo	3,0
Conectar cabo com o lado "disp side up" no encaixe	3,0
Conectar cabo comprido nos dois lados do conjunto	6,6
Conectar cabo com o lado "key" no encaixe	3,0
Pegar no conjunto e colocar no posto seguinte	1,8
Pegar na case, ler código e colocá-la na prensa	3,0
Colocar dois retainers na case e fechar gaveta para prensar	5,4
Movimentar de volta para a primeira bancada	1,8
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>66,6</b>
<b>Tempo de processamento da máquina automática</b>	<b>32,4</b>

*Tabela 28: Tempos de processamento do Posto 3 do Produto C*

<b>Descrição das tarefas - posto 2 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Abrir a prensa, pegar na case e colocar no dispositivo	4,2
Pegar na placa conectora e montar na case	3,0
Pegar na frontplate e colocar no dispositivo	2,4
Montar placa principal na frontplate	3,0
Encaixar os dois conectores usb e retirar as 2 proteções	6,0
Desimpedir barreiras para aparafusamento automático (12x)	38,4
Ler case, ler placa conectora e colocar conjunto no dispositivo	6,0
Ler placa principal, colocar na case e carregar para encaixar	6,0
Encaixar antena no conjunto e fechar máscara de aparafusamento	6,0
APARAFUSAR 5X, RODAR 90°, APARAFUSAR 2X, RODAR 90°	23,4
Abrir máscara e colocar conjunto no posto seguinte	4,2
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>64,2</b>
<b>Tempo de processamento da máquina automática</b>	<b>38,4</b>

Tabela 29: Tempos de processamento do Posto 4 do Produto C

<b>Descrição das tarefas - posto 3 – produto c</b>	<b>Tempo (s)</b>
Pegar no conjunto e colocar no dispositivo	2,4
Pegar nas "knob" e encaixar no lado direito e esquerdo do conjunto	4,8
Encaixar cap na switch pad e colocar nos dois lados do conjunto	10,8
Pressionar botões vermelhos para testar	1,2
Fechar gaveta para prensar e voltar a abrir	5,4
Colocar conjunto no dispositivo seguinte e fazer teste de visão	3,6
Pegar no conjunto case e colocar no dispositivo	2,4
Conectar 3 cabos pela ordem indicada e fazer teste de visão	8,4
Colar duas esponjas e fazer teste de visão	4,8
Encaixar a case no display e fechar a máscara de aparafusamento	4,8
Aparafusar 6x	18,0
Abrir máscara, colar etiqueta e colocar no posto seguinte	6,6
<b>Tempo de processamento do operador</b>	<b>73,2</b>

A Tabela 30 apresenta os tempos de estação e tempo de ciclo do processo de montagem do Produto C, depois das alterações efetuadas.

Tabela 30: Tempos de estação e tempo de ciclo do processo de montagem do Produto C

<b>Posto de trabalho</b>	Posto 1	Posto 2	Posto 3
<b>Tempo de estação (s)</b>	66,6	64,2	73,2
<b>Tempo de ciclo do sistema (s)</b>			73,2

O cenário resultante das alterações relativas ao balanceamento da carga nos postos de trabalho no processo de montagem do Produto C, assim como a redução de quatro para três operadores, pode ser visualizado através da Figura 26.

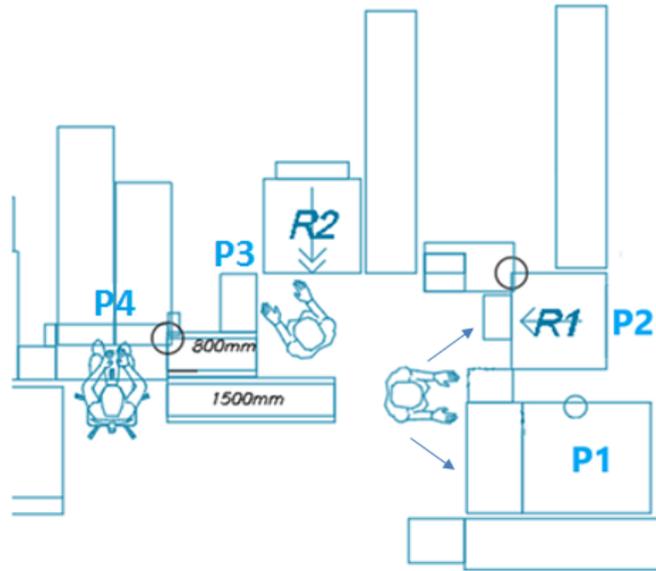


Figura 26: Cenário depois do balanceamento da carga nos postos de trabalho do Produto C

Posteriormente às alterações efetuadas, voltou-se a calcular o índice de planura para comparar os valores do processo de montagem antigo com o atual. O valor do novo índice de planura é de 11,16 em que, comparado com o índice de planura antigo de 55,62, se verifica uma descida acentuada.

### Índice de Planura depois das melhorias na linha de montagem

$$IP = \sqrt{\sum (Ts - Tp)^2} = \sqrt{[(73,2 - 66,6)^2 + (73,2 - 64,2)^2 + (73,2 - 73,2)^2]} = 11,16$$

Isto significa que o balanceamento de carga de trabalho entre os postos de trabalho teve uma melhoria significativa e que já não existe tanta diferença entre os tempos de processamento de cada posto o que leva à redução dos tempos de espera entre eles. O resultado dos valores relativos às esperas entre os postos de trabalho está apresentado na Figura 27.

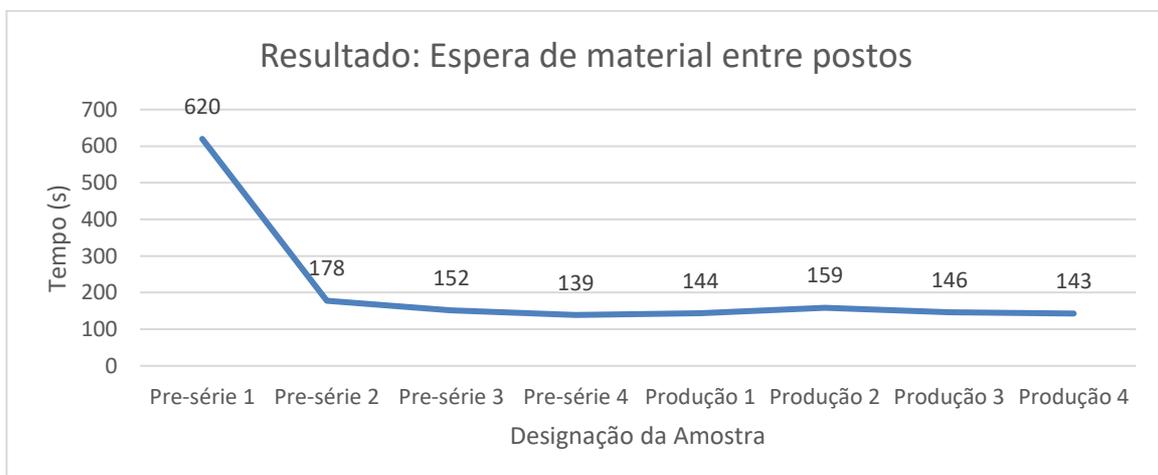


Figura 27: Tempos de paragem relacionados com esperas de material entre postos de trabalho ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.2 Aplicação da metodologia SMED para redução de tempo de changeover

A linha de montagem final onde foi integrado o Produto C é a mesma linha dos Produtos F e PO, sendo que o Produto P7 também deverá ser incluído nesta linha num futuro próximo. Portanto, este sistema produz diariamente quatro produtos distintos, ainda que apresentem bastantes similaridades tanto a nível de aspeto como do seu processo produtivo visto que todos eles são *displays* e pertencem à mesma família de produtos. Por essa razão pode-se classificar o sistema como uma célula de produção. Dada a vasta variedade de produtos e a necessidade de efetuar diversas mudanças de equipamentos diariamente, existiu a necessidade de tornar essas mudanças mais eficientes e reduzir ao máximo o tempo gasto na mudança de produto e dos seus respetivos materiais, dispositivos e equipamentos.

De maneira a reduzir os tempos de *setup*, recorreu-se à metodologia SMED. Este plano de melhoria foi dividido em três fases distintas.

### **1. Separação das operações internas e operações externas**

Como apresentado na secção 2.1.5.3 Single minute exchange of die (SMED), referente à metodologia SMED, as operações necessárias para efetuar a mudança de equipamento podem ser classificadas como internas e externas. As internas são as operações que só podem ser executadas com a máquina parada, enquanto as operações externas podem ser executadas com a máquina em funcionamento. Por esta razão, o objetivo é transformar o máximo possível as operações internas em operações externas de maneira a evitar a paragem da produção quando é necessário proceder à mudança de equipamento. Com o objetivo de identificar os dois tipos de operações foi elaborada uma *checklist* com todas as tarefas necessárias e respetiva duração, apresentada na Tabela 31.

Tabela 31: Checklist das operações internas e externas na mudança de equipamento (Produto PO para C)

Descrição da tarefa	Duração (s)	Op. interna	Op. externa
<b>Posto 1:</b>			
Desconectar cabos do dispositivo PO1	10	X	
Retirar dispositivo PO1	15	X	
Transportar dispositivo PO1 e guardá-lo na prateleira	10		X
Pegar no dispositivo C1 e transportá-lo para Posto 1	10		X
Colocar dispositivo C1 no Posto 1	15	X	
Conectar cabo do dispositivo C1	10	X	
Conectar câmara de teste visão do Produto C	25	X	
<b>Posto 2:</b>			
Retirar dispositivo PO2	15	X	

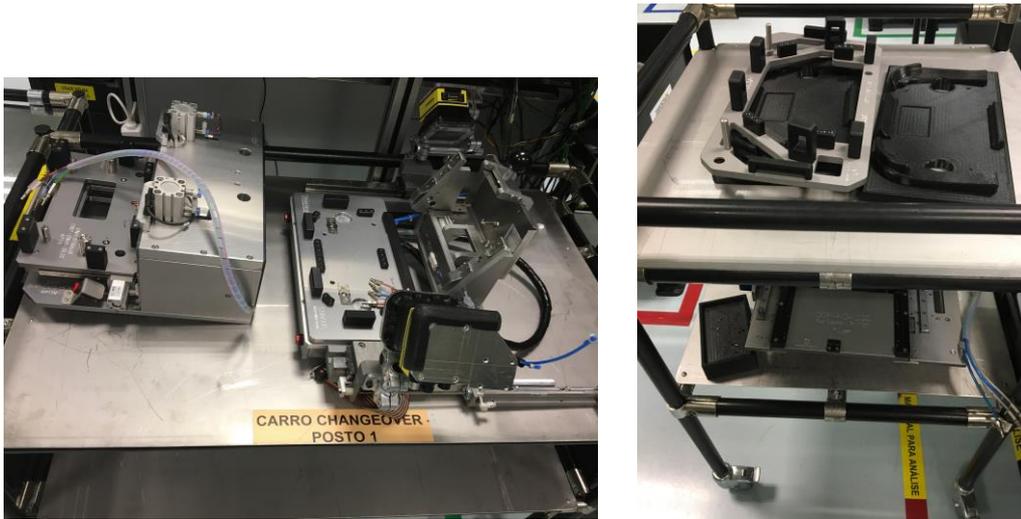
Transportar dispositivo P02 e guardá-lo na prateleira	10		X
Pegar no dispositivo C2 e transportá-lo para Posto 2	10		X
Colocar dispositivo C2 no Robot 1	10	X	
Movimentar para trás do Robot 2	20		X
Retirar dispensador de parafusos P0	12	X	
Colocar dispensador de parafusos C	12	X	
Movimentar para o Posto 3	20		X
<b>Posto 3:</b>			
Retirar dispositivo P03	15	X	
Transportar dispositivo P03 e guardá-lo na prateleira	10		X
Pegar no dispositivo C3 e transportá-lo para o Posto 3	10		X
Colocar dispositivo C3 no Posto 3	15	X	
Conectar cabos do dispositivo C3	25	X	
Movimentar para a prateleira dos dispositivos	7		X
Pegar dispositivo C4 e transportá-lo para Posto 3	10		X
Colocar dispositivo C4 no Robot 2	10	X	
Movimentar para trás do Robot 2	20		X
Retirar dispensador de parafusos P0	12	X	
Colocar dispensador de parafusos C	12	X	
Movimentar para o Posto 4	20		X
<b>Posto 4:</b>			
Desconectar cabos do dispositivo P04	25	X	
Retirar dispositivo P04	15	X	
Transportar dispositivo P04 e guardá-lo na prateleira	10		X
Pegar na prensa do produto C e transportá-la para Posto 4	10		X
Colocar prensa do produto C no Posto 4	15	X	
Conectar cabos da prensa do produto C	50	X	
Movimentar para a prateleira dos dispositivos	7		X
Pegar dispositivo C5 e transportá-lo para Posto 4	10		X
Colocar dispositivo C5 no Posto 4	15	X	
Conectar cabos do dispositivo C5	60	X	
Tempo total de mudança de equipamentos	587	X	X
Tempo total das operações internas	393	X	
Tempo total das operações externas	194		X

Depois de identificadas todas as tarefas inerentes à mudança de equipamento dos quatro postos de trabalho da linha de montagem, foram identificadas as oportunidades de melhoria relativas à redução de tempos e transformadas algumas operações que até então eram internas e passaram a ser classificadas como externas. Os aspetos a melhorar foram os seguintes:

## **2. Conversão das operações internas em operações externas**

### Postos 1, 2, 3 e 4

- Criar “carros *changeover*” e colocá-los junto aos postos de trabalho com os equipamentos necessários, antecipando assim as movimentações e transporte de material e equipamento. Esta operação passará a ser externa visto que o transporte do equipamento necessário poderá ser feito com o processo produtivo a decorrer. A Figura 28 apresenta os carros *changeover* 1 e 2, respetivamente.



*Figura 28: Carro changeover 1 e 2 com os equipamentos prontos para serem montados*

- Recorrer ao uso de *jigs* nas bancadas de trabalho para garantir o posicionamento correto na colocação dos dispositivos, evitando assim desperdício de tempo em afinações e reposicionamento de equipamento.

### **3. Racionalizar operações internas e externas**

#### Postos 1, 2, 3 e 4

- As mudanças de equipamento de cada posto de trabalho passaram a ser feitas faseadamente, isto é, o Posto 1 é o primeiro a ser alterado logo após concluir a última peça do produto anterior. Deste modo, poderá começar a produzir o novo produto antes de o posto a seguir estar preparado e assim sucessivamente até ao Posto 4.

#### Posto 1

- Colocar a ficha da câmara mais acessível para facilitar a sua conexão

#### Robots 1 e 2

- Em relação à troca dos dispensadores de parafusos dos *robots* 1 e 2, esta tarefa será feita apenas por um operador, reduzindo assim 24 segundos em o tempo de movimentações.

$$\text{Tempo em movimentações (2 op.)} = (15 + 15) + (15 + 15) = 60 \text{ segundos}$$

$$\text{Tempo em movimentações (1 op.)} = 15 + 6 + 15 = 36 \text{ segundos}$$

$$\text{Poupança de tempo} = 60 - 36 = 24 \text{ segundos}$$

Na Figura 29 encontra-se um diagrama de spaghetti que apresenta as movimentações que são necessárias para a troca dos dispensadores de parafusos relativamente à mudança de equipamento do Produto PO para o Produto C. Os postos de trabalhos estão designados por P1, P2, P3 e P4, os *robots* de aparafusamento são o R1 e R2 e os operadores O1, O2 e O3.

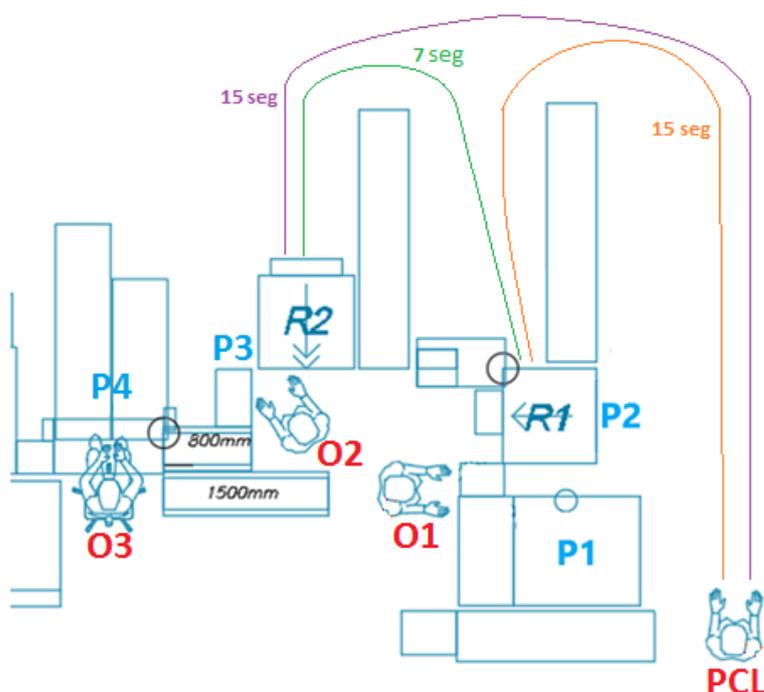


Figura 29: Diagrama de Spaghetti das movimentações necessárias para troca de dispensador de parafusos

#### Posto 4

- Substituir o tipo de encaixe dos cabos da prensa e do dispositivo para uma conexão mais rápida.

Depois de aplicados os conceitos metodológicos SMED e efetuadas as melhorias possíveis relativamente à redução dos tempos de mudança de equipamento, reformolou-se a lista de tarefas necessárias, respetivos tempos de duração e também o operador responsável por exercer cada uma das tarefas, como apresenta a Tabela 32.

Tabela 32: Mudança de equipamento depois de aplicada a metodologia SMED (Produto PO para C)

Descrição da tarefa	Duração (s)	Op. interna	Op. externa	Responsável
<b>Posto 1:</b>				
Colocar dispositivos C1, C2, C3 e C4 no carro changeover 1 e movimenta-lo para junto do Posto 1	21		X	Op. PCL
Colocar prensa e dispositivo C5 no carro changeover 2 e movimenta-lo para junto do Posto 4	14		X	Op. PCL
Desconectar cabos do dispositivo PO1	10	X		Op. 1
Retirar dispositivo PO1 e pousa-lo no carro changeover	15	X		Op. 1
Colocar dispositivo C1 no Posto 1	15	X		Op. 1
Conectar cabo do dispositivo C1	10	X		Op. 1
Conectar câmara de teste visão do Produto C	10	X		Op. 1
<b>Posto 2:</b>				
Movimentar carro changeover 1 para junto do Posto 2	5		X	Op. 1
Retirar dispositivo PO2 e pousa-lo no carro changeover	15	X		Op. 1
Colocar dispositivo C2 no Robot 1	10	X		Op. 1
Movimentar o carro changeover 1 para junto do Posto 3	5		X	Op. 1
Voltar ao Posto 1 e iniciar a produção	5		X	Op. 1
Movimentar para trás do Robot 1	15		X	Op. PCL
Retirar dispensador de parafusos PO	12	X		Op. PCL
Colocar dispensador de parafusos C	12	X		Op. PCL
<b>Posto 3:</b>				
Movimentar para trás do Robot 2	7		X	Op. PCL
Retirar dispensador de parafusos PO	12	X		Op. PCL
Colocar dispensador de parafusos C	12	X		Op. PCL
Movimentar para a linha	15		X	Op. PCL
Retirar dispositivo PO3 e pousa-lo no carro changeover	15	X		Op. 2
Colocar dispositivo C3 no Posto 3	15	X		Op. 2
Conectar cabos do dispositivo C3	25	X		Op. 2
Colocar dispositivo C4 no Robot 2 e iniciar a produção	10	X		Op. 2
<b>Posto 4:</b>				
Desconectar cabos do dispositivo PO4	25	X		Op. 3
Retirar dispositivo PO4	15	X		Op. 3
Colocar prensa do produto C na bancada de trabalho	15	X		Op. 3
Conectar cabos da prensa do produto C	20	X		Op. 3
Colocar dispositivo C5 na bancada de trabalho	15	X		Op. 3
Conectar cabos do dispositivo C5 e iniciar a produção	25	X		Op. 3
Movimentar carro changeover 1 para as prateleiras de armazenamento e guardar os dispositivos PO1, PO2 e PO3	15		X	Op. PCL
Movimentar carro changeover 2 para as prateleiras de armazenamento e guardar dispositivo PO4	10		X	Op. PCL

Tempo total de mudança de equipamentos	425
Tempo total das operações internas	313
Tempo total das operações externas	112

<b>Responsáveis de operações</b>	<b>Tempo (s)</b>
Operador 1	100
Operador 2	65
Operador 3	115
Operador PCL	145

O operador PCL, para além de ter as tarefas de preparar os carros changeover 1 e 2, trocar os dispensores de parafusos do *robot* 1 e 2, e arrumar os carros changeover 1 e 2, tem ainda que colocar nas rampas de abastecimento os tabuleiros com os materiais necessários para produzir o Produto C. Como a tarefa de abastecimento das rampas é feita antecipadamente, ou seja, é uma operação externa que não entra na linha de tempo da mudança de equipamentos, não é necessário colocar esses tempos no cronograma pois não afetariam em nada os tempos do *changeover*.

De forma a entender melhor todos os procedimentos que são necessários na mudança de equipamento, foi elaborado um cronograma que pode ser visualizado através da Figura 30. A legenda e tempos de cada operação encontram-se na Tabela 33

<b>Tempos changeover (s)</b>	
Operador 1 - Posto 1	60
Operador 1 - Posto 2	40
Operador 2 - Posto 3	65
Operador 3 - Posto 4	115
PCL - preparar carros changeover 1 e 2	35
PCL - trocar dispensadores do robot 1 e 2	85
PCL - arrumar carros changeover 1 e 2	25

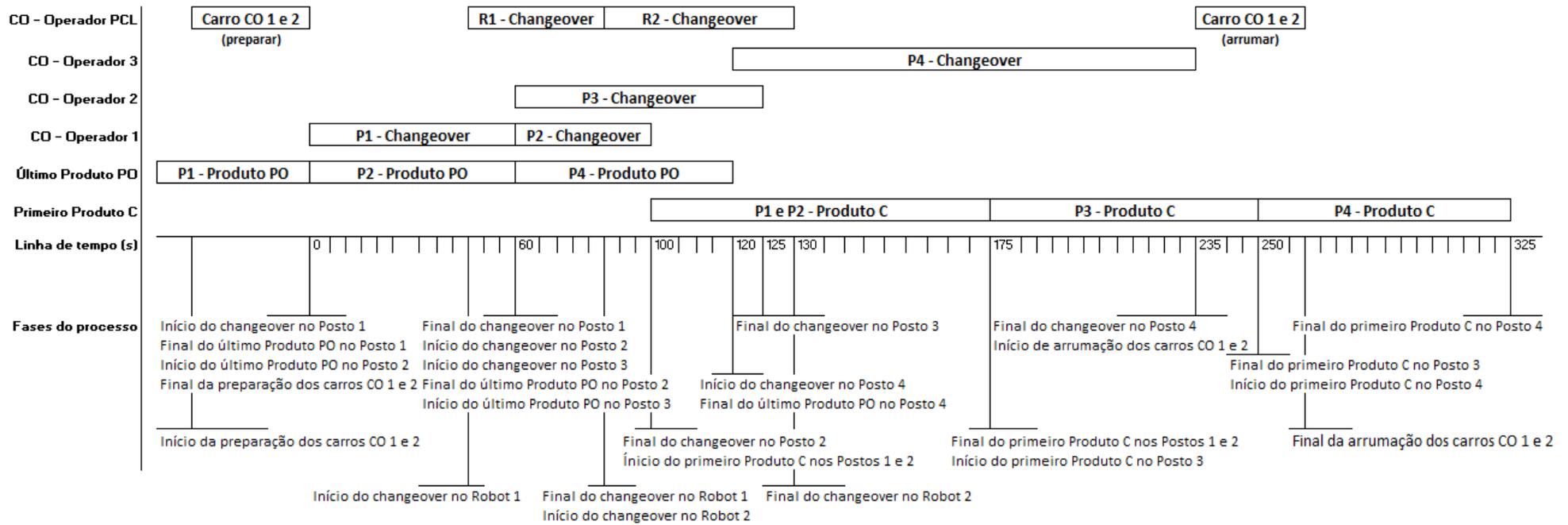


Figura 30: Cronograma com todas as operações de mudança de equipamento do Produto PO para o Produto C

Tabela 33: Legenda do cronograma e tempos das operações de mudança de equipamento

Tempos changeover (s)	
Operador 1 - Posto 1	60
Operador 1 - Posto 2	40
Operador 2 - Posto 3	65
Operador 3 - Posto 4	115
PCL - preparar carros changeover 1 e 2	35
PCL - trocar dispensadores do robot 1 e 2	85
PCL - arrumar carros changeover 1 e 2	25

Tempos de ciclo (s)	
Produto PO	60
Produto C	75

Nas primeiras pre-séries, a mudança de equipamento era feita apenas por uma pessoa (chefe da linha). A partir da pre-série 2, a mudança de equipamento começou a ser feita pelos operadores em simultâneo e com o auxílio do "carro changeover" para facilitar o acesso ao material necessário.

Para além da aplicação da metodologia SMED, foram feitas algumas melhorias com a finalidade de reduzir os tempos de mudança de equipamentos e também simplificar visualmente esses procedimentos. Visto que esta é uma linha que alberga um número elevado de produtos e está sujeita à mudança de equipamentos várias vezes por dia, existiu a necessidade de estudar soluções nesse sentido. Uma das soluções está relacionada com o uso de dispositivos próprios para cada produto. Este é um procedimento que permite economizar muito tempo em cada mudança de equipamento. Cada produto tem um formato e dimensões próprias e, por isso, é necessário existir um dispositivo diferente de maneira a corresponder às especificações de cada produto.

A existência de um dispositivo para cada produto permite evitar tempos desnecessários na colocação ou alteração da posição de *jigs* em cada posto de trabalho porque deste modo é apenas necessário proceder à alteração do dispositivo que demora apenas alguns segundos. Não é mais necessário proceder a afinações demoradas nem existem erros visto que os dispositivos são testados antecipadamente. Nas prateleiras onde os dispositivos permanecem armazenados, foram colocadas etiquetas com a descrição de cada dispositivo e foi associada uma cor diferente para cada produto, como se pode constatar na Figura 31. Estas medidas implementadas previnem erros em trocas de dispositivos e demoras na procura do dispositivo certo a ser utilizado no momento da mudança de equipamentos.



*Figura 31: Etiquetas nas prateleiras onde os dispositivos permanecem armazenados (uma cor diferente para cada produto)*

Depois de todas as ações de melhoria implementadas com o objetivo de reduzir o tempo na mudança de equipamentos, pode-se constatar, através do gráfico representado na Figura 32, que se verifica uma redução muito significativa relativamente a esse tempo, entre a pre-série 1 e a pre-série 2.

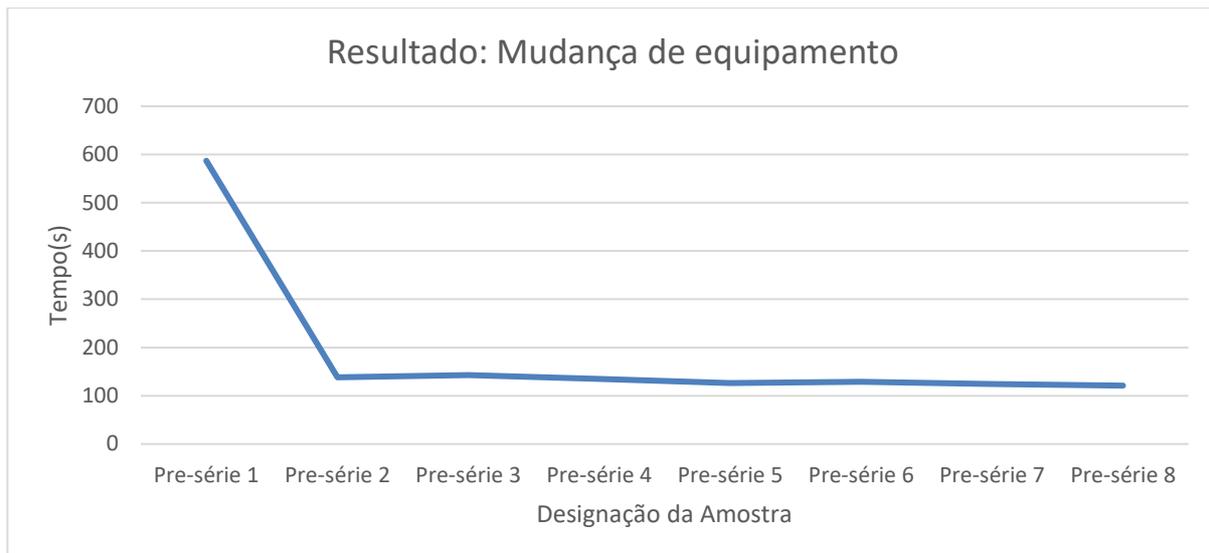


Figura 32: Tempos de paragem relacionados com a mudança de equipamento ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.3 Implementação da metodologia 5S na linha de montagem

Ainda na pre-série 1, verificou-se um atraso no arranque da produção porque os materiais estavam trocados em duas rampas de abastecimento o que gerou um tempo de espera de 120 segundos. Concluiu-se que as ações de melhoria que deviam ser implementadas, de modo a evitar este tipo de falha no futuro, estavam relacionadas com a implementação da metodologia 5S para proporcionar um ambiente de trabalho mais limpo e organizado.

Devido à grande variedade de produtos que a linha em estudo alberga, levando assim à existência de mais componentes, dispositivos e equipamentos diferentes, a equipa deparou-se com a necessidade de implementar a metodologia 5S de forma a tornar o ambiente de trabalho mais limpo e organizado.

Para proceder à implementação da metodologia 5S fez-se uma revisão dos conceitos teóricos, resultando nas seguintes etapas a serem cumpridas:

- Utilização (seiei) - manter no espaço de trabalho apenas o que é necessário para o processo, eliminando o que seja inútil;
- Organização (seiton) – deverá existir um lugar para tudo e tudo no seu devido lugar de maneira a manter o espaço de trabalho bem organizado e eficaz;
- Limpeza (seiso) – Manter o local de trabalho limpo, imaculado e brilhante;
- Padronização (seiketsu) – Criar normas/padrões a seguir para respeitar e manter os três primeiros pilares;

- Disciplina (shitsuke) - Através da força da vontade pessoal e da auto-estima, todos devem criar o hábito de manter os procedimentos estabelecidos todos os dias incentivando a melhoria contínua.

### **- Arrumação do Material Desnecessário, Organização e Limpeza**

Inicialmente, foram retirados do local de trabalho os materiais e equipamentos que já não eram necessários como, por exemplo, algumas rampas de abastecimento, carrinhos de transporte de material e dispositivos de produtos antigos. Foram também colocados mais próximo do local de trabalho os materiais e equipamentos mais usados na produção de forma a economizar tempo quando estes são necessários.

Depois de todo o material ter sido colocado no seu devido lugar, procedeu-se a uma limpeza a fundo com o auxílio de aspirador e toalhas com álcool. Foram ainda retiradas do chão as fitas sinalizadoras que servem para identificar o sítio onde deve estar cada equipamento, mas que já estavam desatualizadas.

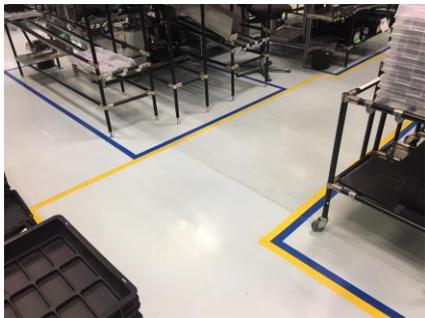
### **- Identificação e Padronização dos Materiais e Equipamentos**

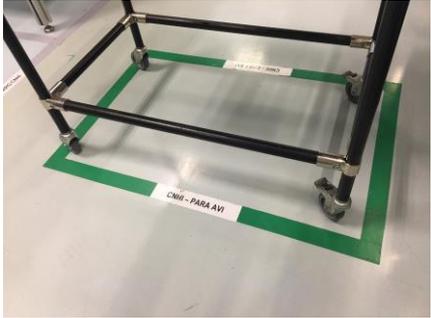
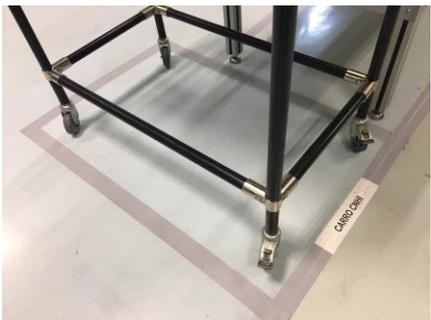
Para respeitar e manter todas as alterações efetuadas, é necessário criar normas e padrões. Por isso, procedeu-se à identificação de todos os materiais e equipamentos através de etiquetas e fitas sinalizadoras.

Para cada produto foi atribuída uma cor para que todos os materiais e equipamento sejam sinalizados com etiquetas dessa respetiva cor.

As cores das fitas sinalizadoras têm os seguintes significados (Tabela 34):

*Tabela 34: Cores das fitas sinalizadoras e respetivos significados*

<p>Amarelo:</p> <p>Sinaliza os corredores de circulação</p>	
---	--

<p>Verde:</p> <p>Sinaliza o material work-in-process (WIP)</p>	
<p>Azul:</p> <p>Sinaliza o material vindo diretamente do fornecedor</p>	
<p>Vermelho:</p> <p>Sinaliza o material para análise ou retrabalho</p>	
<p>Cinza:</p> <p>Sinaliza o equipamento, máquinas e objetos que permanecem estáticos</p>	

É importante ter em consideração que para se manterem todas as alterações feitas, todos devem criar o hábito de manter os procedimentos estabelecidos todos os dias incentivando a melhoria contínua, através da força de vontade pessoal e da auto-estima. Estes princípios correspondem ao último S da metodologia 5S que é a auto-disciplina.

Na pre-série 1, verificou-se um atraso logo no início da produção do Produto C porque o material estava trocado em duas rampas de abastecimento. Para não voltar a acontecer trocas de material, procedeu-se à colocação de etiquetas em todas as rampas de abastecimento para informar qual o tipo de material que deve ser colocado em cada uma. A Figura 33 demonstra a ação implementada.



*Figura 33: Etiquetas nas rampas de abastecimento*

### **- Melhoria na disposição e aspeto visual dos materiais e equipamentos**

A cada produto foi associada uma cor e, por isso, todos os equipamentos como os dispositivos, as caixas de abastecimento de componentes (parafusos, cabos, esponjas, botões, etc.) e também o lugar onde estes são armazenados, foram identificados com uma cor diferente. Com esta ação, cada vez que é

necessário proceder a uma alteração do produto a ser produzido, é mais fácil identificar quais os equipamentos necessários e assim proceder à mudança de setup de uma forma mais simples e sem erros. Na Figura 34 e Figura 35 encontram-se as imagens das respetivas ações de melhoria.



*Figura 34: Etiquetas nas caixas de abastecimento de componentes (uma cor diferente para cada produto)*



*Figura 35: Etiqueta de identificação do dispositivo (uma cor diferente para cada produto)*

Depois da implementação da metodologia 5S, o lugar onde se situa a linha de montagem do Produto C ficou mais limpo, organizado e com todas as sinalizações necessárias para indicar o sítio de cada equipamento e material. Com estas ações de melhoria que decorreram entre a pre-série 1 e 2, verificou-se que a partir desse momento não voltaram a haver enganos em relação a trocas de material e perdas de tempo desnecessárias. Os valores que resumem esse resultado encontram-se apresentados a seguir, na Figura 36.



Figura 36: Tempos de paragem relacionados com material trocado ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.4 Solução para conexão de antena no aparelho

Na pre-série 2 foi detetado e solucionado um problema relativo a uma tarefa complexa que consiste em conectar uma antena no aparelho. Um operador encontrou uma forma de conectar a antena de modo a economizar bastante tempo nessa tarefa. A análise ABC realizada após a pre-série 2 encontra-se na Figura 37. As perdas de tempo relacionadas com essa tarefa ao longo das oito pre-séries encontram-se na Figura 38.

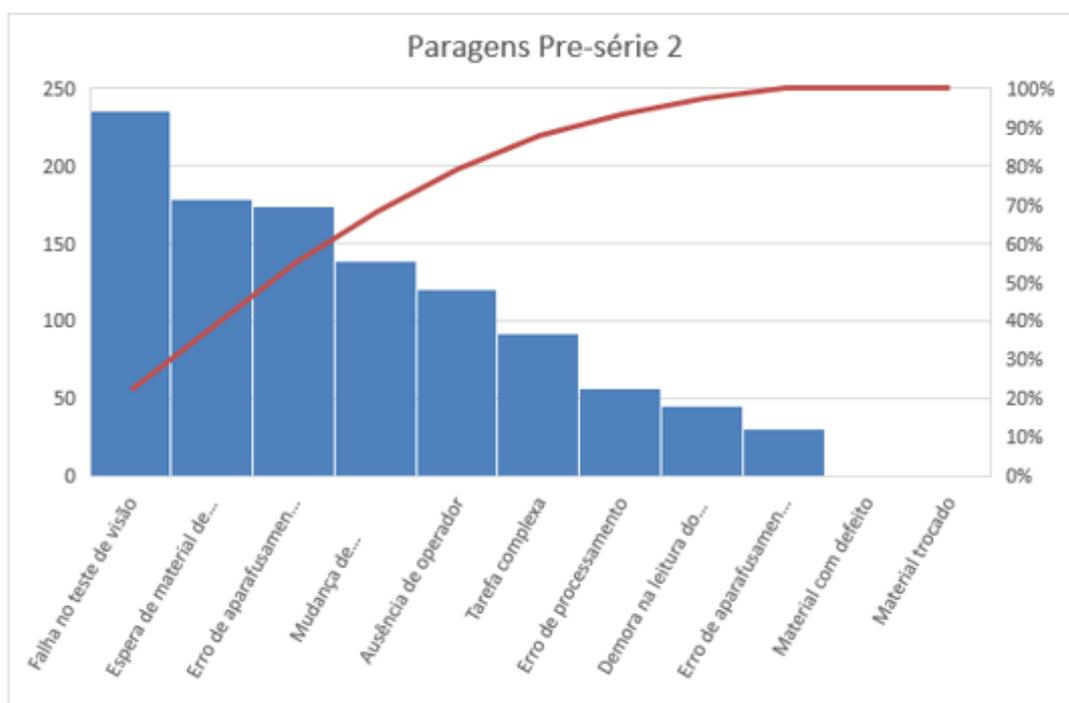


Figura 37: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 2)



Figura 38: Tempos de paragem relacionados com uma tarefa complexa ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.5 Solução para falhas no teste de visão

Depois de realizadas as ações de melhoria no intervalo de tempo entre a pre-série 2 e 3, procedeu-se à observação da pre-série 3, resultando num terceiro diagrama de pareto e feita assim a análise ABC relativa às causas e tempos de paragem, Figura 39.

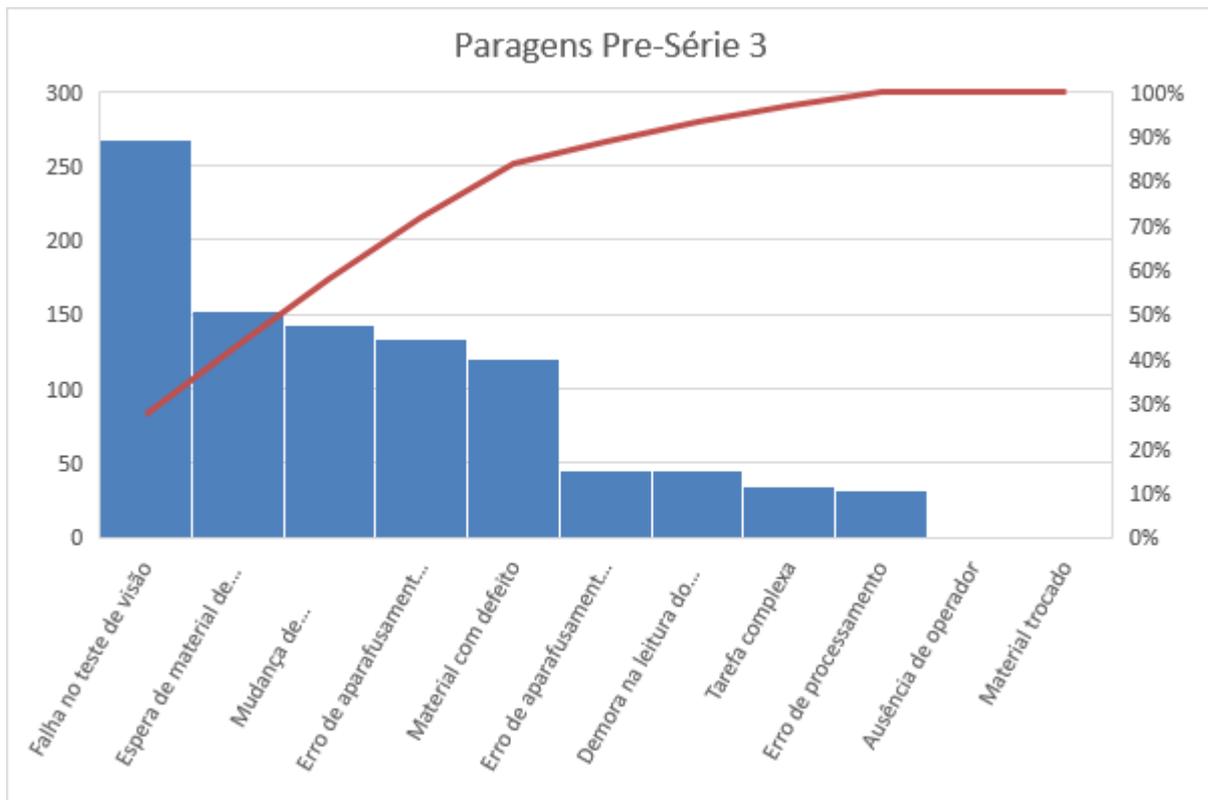


Figura 39: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 3)

Analisado o gráfico das paragens no processo de montagem da pre-série 3, concluiu-se que nesse momento era importante solucionar o problema das falhas no teste de visão visto que naquela altura era a causa mais crítica que ainda estava a originar sucessivas paragens. No intervalo de tempo entre a pre-série 3 e 4 foi encontrada a causa das falhas no teste de visão.

Apesar do problema com as paragens devido às falhas no teste de visão ter sido detetado na pre-série 1 e depois de terem sido feitos inúmeros reajustes para corrigir esse erro, apenas na pre-série 3 foi descoberta a origem do problema. Devido à dificuldade na deteção da origem deste problema, a equipa reuniu-se e utilizou a ferramenta *5 Why* com o objetivo de encontrar uma resposta.

Porque parou o processo? Porque falhou o teste de visão.

Porque falhou o teste de visão? Porque alertou um erro no cabo de côr branco.

Alertou um erro no cabo de côr branco porque estava mal conectado? Não.

Alertou um erro no cabo de côr branco porque estava mal posicionado? Não.

Alertou um erro no cabo de côr branca porque as coordenadas do teste de visão estavam mal ajustadas? Não.

Depois de eliminadas todas as opções mais previsíveis para descobrir a razão pela qual o teste de visão estava a reprovar a tarefa de conexão do cabo branco, a equipa deparou-se com este problema durante mais de uma semana. Finalmente, descobriu-se a razão e realmente não estava relacionada com nenhum dos fatores postos em questão.

Esse problema estava relacionado com o tipo de cabo e não com o posicionamento e encaixe do mesmo. Quando o teste de visão foi programado, o cabo em questão era branco com umas riscas cinzentas e, posteriormente, o fornecedor começou a enviar o mesmo cabo, mas sem as riscas cinzentas. Por essa razão, o teste de visão começou a dar alerta de erro. Então, o problema não estava no reajuste na máquina fotográfica que faz o teste de visão nem na má conexão do cabo. A solução foi reprogramar o teste de visão com a imagem do novo cabo sem as riscas cinzentas.

Na Figura 40 pode-se constatar que a partir da pre-série 4 os tempos de paragem relativos a falhas no teste de visão apresentam-se bastante mais reduzidos, visto que a partir dessa altura o sistema de teste de visão foi reconfigurado com o tipo de cabo correto, isto é, o cabo branco sem as riscas cinzentas.



*Figura 40: Tempos de paragem relacionados com falhas no teste de visão ao longo das oito pre-séries*

#### 5.2.2.2.6 Scanner leitura de código QR

Ainda no intervalo de tempo entre a pre-série 3 e 4, foi implementada uma melhoria para para eliminar os tempos de leitura dos códigos QR. Foram então colocados os *scanners* numa posição estratégica de modo a que o código seja lido automaticamente. A Figura 41 e a Figura 42 correspondem ao reajuste da posição dos *scanners* e a Figura 43 aos resultados obtidos relativamente a essa ação.



*Figura 41: Scanners colocados na posição estratégica para leitura automática de código QR (Posto 1)*

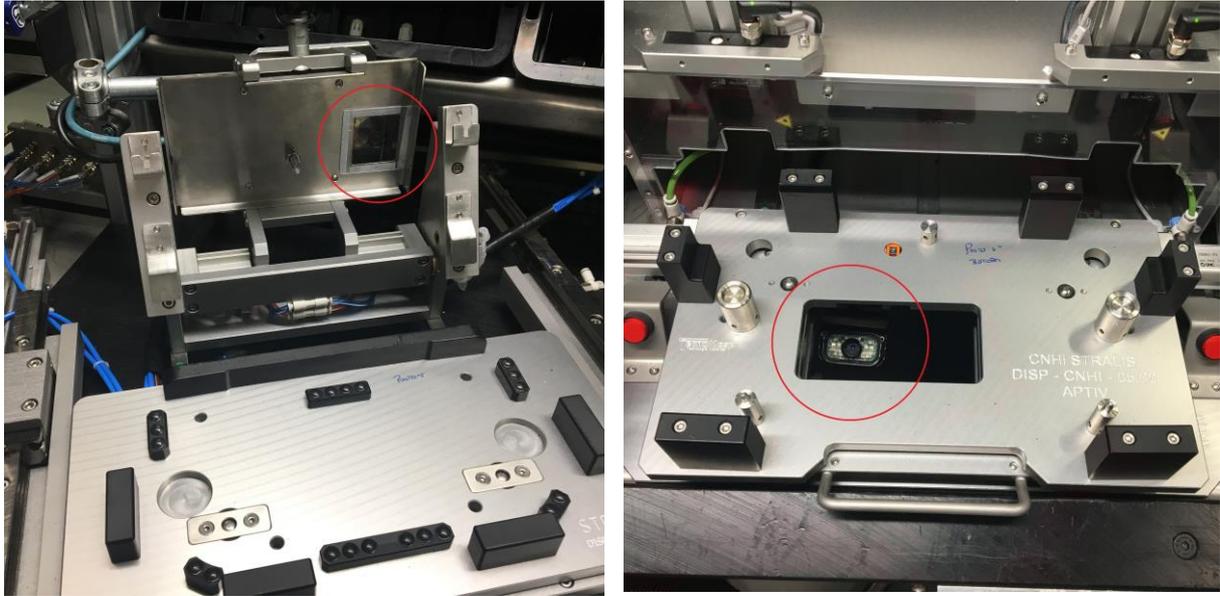


Figura 42: Scanners colocados na posição estratégica para leitura automática de código QR (Posto 4)

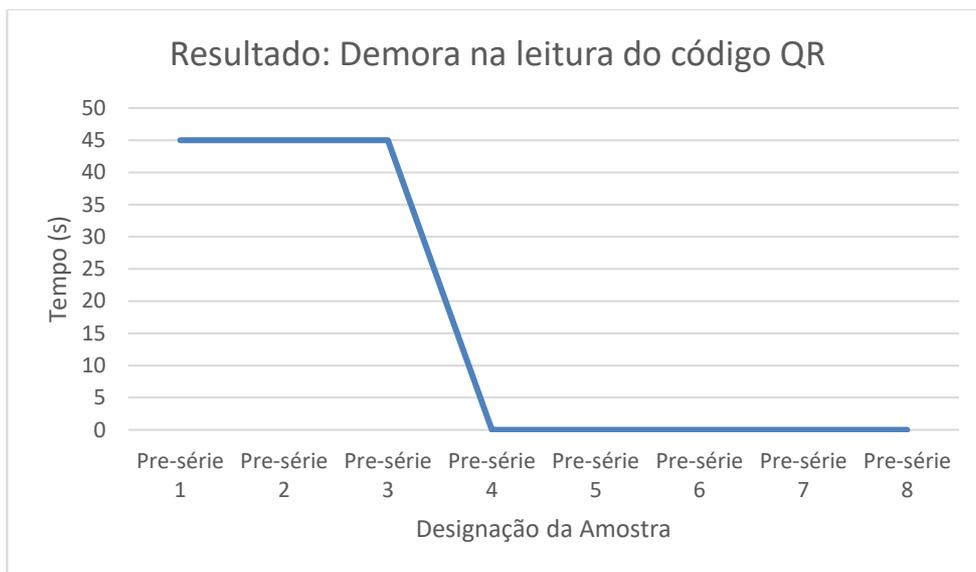


Figura 43: Tempos de paragem relacionados com demora na leitura do código QR ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.7 Reajuste na máquina de aparafusamento automático

A pre-série 4 foi também analisada e os tempos e as respetivas causas de paragens do processo produtivo foram registados. A Figura 44 apresenta a análise ABC relativa à pre-série 4.

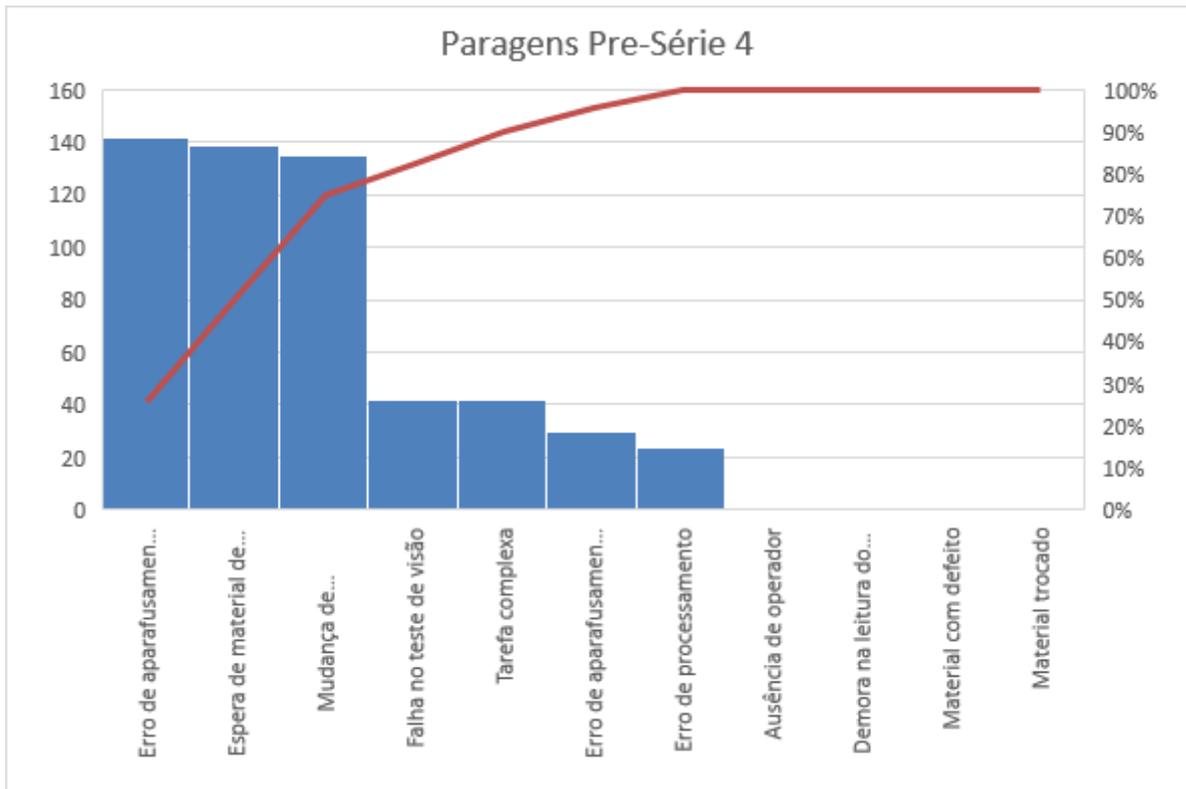


Figura 44: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 4)

Verificou-se que o ponto crítico que ainda faltava solucionar é o facto de existirem tempos de paragem significativos relativamente a erros no *robot* de aparafusamento automático visto que apresentava alguns parafusos mal apertados tendo que o operador voltar a aparafusar manualmente. Este ponto foi revisto por um técnico do fornecedor desta máquina e, no intervalo entre as pre-séries 4 e 5, o programa da máquina foi reajustado de modo a evitar erros de aparafusamento nas produções seguintes.

O resultado foi positivo, como demonstra o gráfico apresentado na Figura 45 relativo aos tempos de paragem devido a erros de aparafusamento automático ao longo das oito pre-séries analisadas.

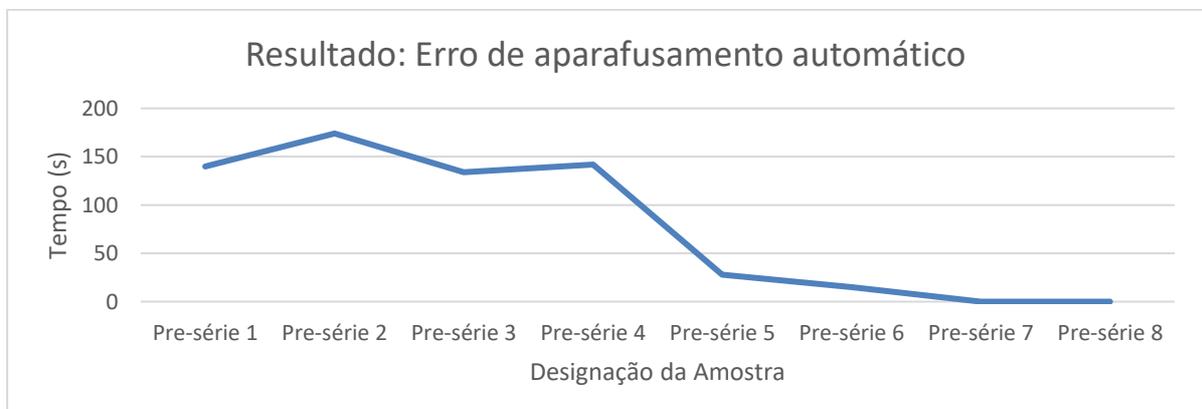


Figura 45: Tempos de paragem relacionados com erros de aparafusamento automático ao longo das oito pre-séries

#### 5.2.2.2.8 Considerações finais das causas de paragem do processo de montagem

A Figura 46 apresenta o resultado dos tempos de paragem do processo de montagem da pre-série 5, em que se pode verificar que todos os tempos foram reduzidos significativamente.

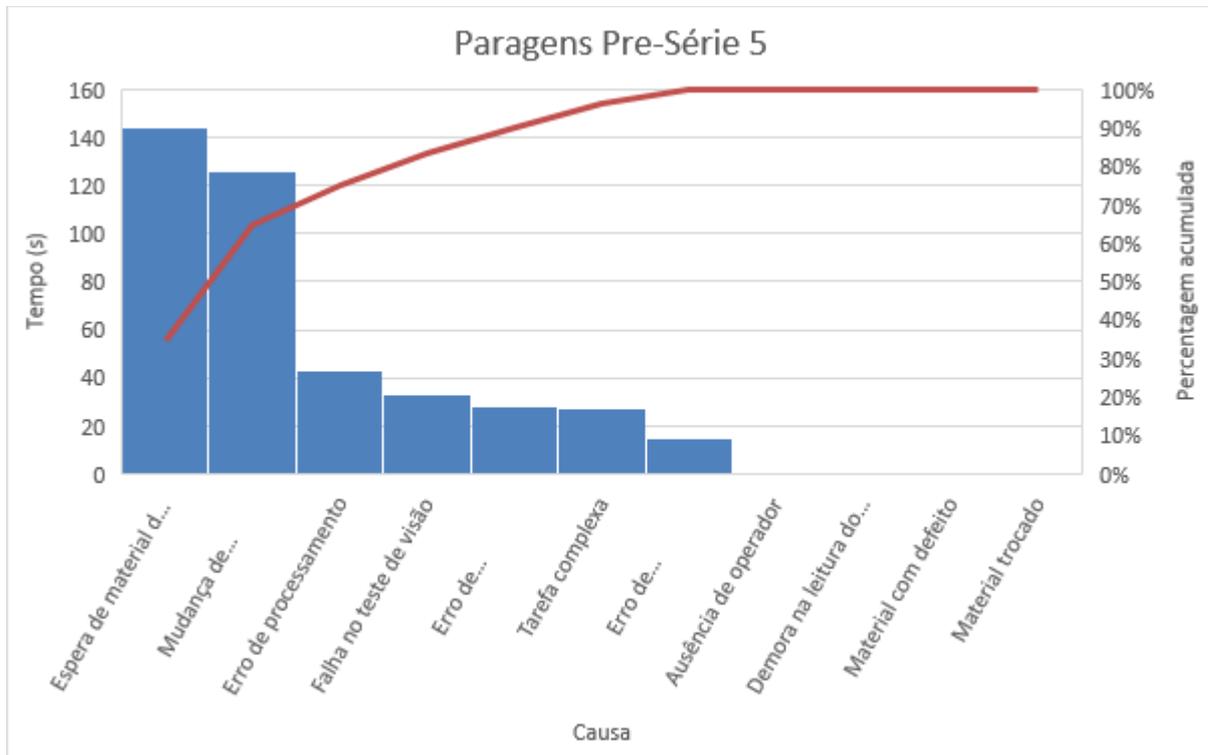


Figura 46: Análise ABC relativa às paragens na montagem final do Produto C (pre-série 5)

Durante este projeto, foram ainda registados os tempos de paragem relativos às pre-séries 6, 7 e 8, mas não se verificou mais nenhuma alteração significativa visto que as principais ações de melhoria já tinham sido implementadas até à pre-série 5. Apenas é interessante referir que os tempos de paragem relativos a algumas das causas assinaladas inicialmente, foram diminuindo ao longo das oito pre-séries sem que tivesse havido uma ação específica para esse acontecimento. A explicação é o facto de que, ao longo do tempo, os operadores foram adquirindo mais experiência relativamente às tarefas de montagem deste produto, diminuindo gradualmente, por exemplo, as perdas de tempo relativas a erros de processamento, como se pode constatar na Figura 47.

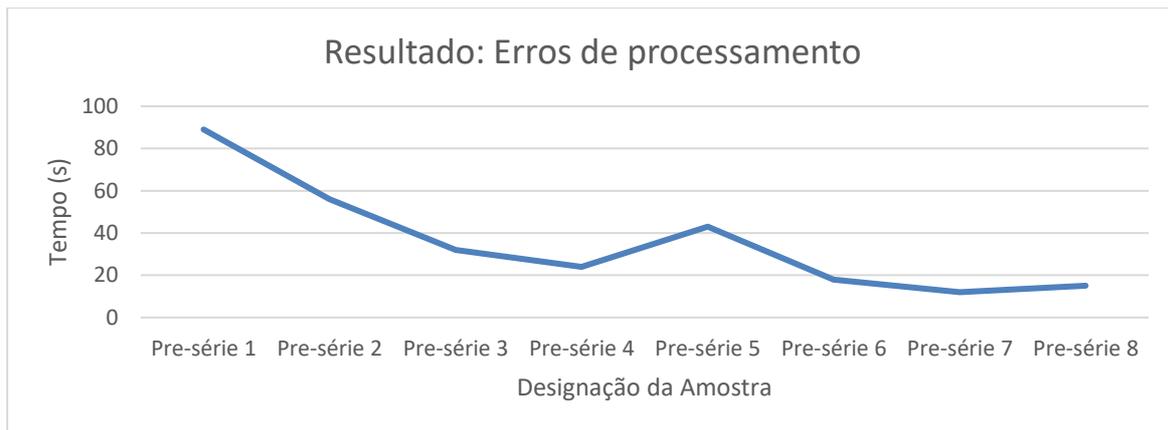


Figura 47: Tempos de paragem relacionados com erros de processamento ao longo das 8 pre-séries

### 5.2.3 Criação de instruções de trabalho

Durante o período do projeto na empresa Aptiv, o autor ficou responsável pela criação das instruções de trabalho (ITs) de alguns produtos, entre elas, as do processo de montagem final do Produto C que podem ser consultadas na Figura 52, Figura 53, Figura 54 e Figura 55 do Anexo III - Produto C: ITs dos postos 1, 2, 3 e 4 da montagem final. As ITs têm como finalidade descrever todas as tarefas inerentes à produção de um produto num determinado posto de trabalho, de maneira que o processo seja o mais otimizado possível. Para auxiliar os operadores e de modo a tornar as instruções mais perceptíveis, é associada uma fotografia a cada tarefa do processo.

Na elaboração das ITs são também contados os designados *motions* que correspondem ao número de movimentos dados em cada tarefa. Cada *motion* tem um tempo padrão de 0,6 segundos e, através da soma destes tempos, consegue-se calcular o tempo de ciclo teórico de todo o processo. Relativamente à contagem do número de *motions*, existem alguns padrões como, por exemplo, cada aparafusamento ou cada procedimento de pegar numa peça e encaixá-la num dispositivo equivalem a 5 *motions*.

Por fim, são também colocadas nas ITs as fotografias dos postos de trabalho e os códigos dos dispositivos e das máquinas utilizados.

## 5.3 Dimensionamento de supermercado e instruções de trabalho para o produto M

Nesta secção encontram-se apresentados os cálculos relativos ao dimensionamento de um supermercado para o Produto M, assim como diversas instruções de trabalho elaboradas durante o projeto.

### 5.3.1 Dimensão do supermercado para o produto M

Tal como descrito na secção 4.3.3, devido aos grandes volumes de produção do produto M, surgiu a necessidade de criar um espaço para o armazenamento de stock intermédio do Produto M que ainda se encontra em fase de pre-série, mas irá ser um dos produtos *high-runners* da Aptiv por apresentar elevados volumes de encomendas nos próximos anos. Com a finalidade de obter um *buffer* com capacidade para 1 dia de produção, foram feitos cálculos para decidir qual a solução mais vantajosa para instalar na fábrica um supermercado, de modo a economizar o máximo espaço possível.

#### 5.3.1.1. Área e racks necessárias

Inicialmente, procedeu-se ao cálculo da área e das racks necessárias para criar um supermercado de *stock* intermédio para dois sub-produtos do aparelho em questão. Existem duas possibilidades, ou seja, pode ser criado um supermercado depois do processo SMT onde os produtos se encontram em racks para *containers* (Figura 48), ou depois do processo Sub-Assembly onde os produtos se encontram em racks para tabuleiros (Figura 49).



Figura 48: Rack para containers (Aptiv, 2019)



Figura 49: Rack para tabuleiros (Aptiv, 2019)

Estima-se que a produção diária do Produto M será de 6800 unidades, em que cada aparelho é composto por uma placa R e uma placa X. É necessário conhecer a área que cada uma destas placas ocupa estando armazenadas em *containers* e em tabuleiros para se poder concluir qual é mais vantajoso para criar o supermercado. Todos os cálculos inerentes a este estudo encontram-se apresentados a seguir, na Tabela 35 e Tabela 36.

Tabela 35: Cálculos para dimensionamento de supermercado em racks para containers

<b>Supermercado em racks para containers</b>	
<u>Produção diária:</u>	6800 Placas R

	6800 Placas X
<u>Dimensões da rack de containers:</u>	Altura: 2 andares Largura: 68,5cm Comprimento: 181,5cm
<u>Dimensões do container:</u>	Altura: 56cm; Largura: 32cm; Comprimento: 35,5cm
<u>Número máximo de containers por rack:</u>	Altura: 2 containers Largura: 1 container Comprimento: 5 containers Total: $2 \times 1 \times 5 = 10$ containers / rack
<u>Nº de containers necessário:</u>	Para Placa R (8 placas por container): $6800 / 8 = 850$ containers Para Placa X (48 placas por container): $6800 / 48 = 142$ containers
<u>Nº de racks necessário:</u>	Para Placa R: $850 / 10 = 85$ racks Para Placa X: $142 / 10 = 15$ racks
<u>Área necessária (m²):</u>	Para Placa R: $(68,5\text{cm} \times 181,5\text{cm} \times 85\text{racks}) / 10000 = 105,7 \text{ m}^2$ Para Placa X: $(68,5\text{cm} \times 181,5\text{cm} \times 15\text{racks}) / 10000 = 18,65 \text{ m}^2$

*Tabela 36: Cálculos para dimensionamento de supermercado em racks para tabuleiros*

<b>Supermercado em racks para tabuleiros</b>	
<u>Produção diária:</u>	6800 Placas R 6800 Placas X
<u>Dimensões da rack de tabuleiros:</u>	Altura: 3 andares Largura: 88cm Comprimento: 182cm
<u>Dimensões do tabuleiro:</u>	Altura: 5cm Largura: 30cm Comprimento: 40cm
<u>Número máximo de tabuleiros por rack:</u>	Altura: 18 tabuleiros*; Largura: 2 tabuleiros Comprimento: 4 tabuleiros Total: $18 \times 2 \times 4 = 144$ tabuleiros / rack

<u>Nº de tabuleiros necessário:</u>	Para Placa R (2 placas por tabuleiro): $6800 / 2 = 3400$ tabuleiros Para Placa X (2 placas por tabuleiro): $6800 / 2 = 3400$ tabuleiros
<u>Nº de racks necessário:</u>	Para Placa R: $3400 / 144 = 24$ racks Para Placa X: $3400 / 144 = 24$ racks
<u>Área necessária (m²):</u>	Para Placa R: $(88\text{cm} \times 182\text{cm} \times 24\text{racks}) / 10000 = 38,44$ m² Para Placa X: $(88\text{cm} \times 182\text{cm} \times 24\text{racks}) / 10000 = 38,44$ m²

\*Nota: Como regra de ergonomia e segurança, assume-se que podem ser colocados em altura 6 tabuleiros por cada andar da rack. Logo, se a rack tem 3 andares, existe uma capacidade de 18 tabuleiros em altura.

### 5.3.1.2. Avaliação e seleção de alternativas

Depois de calculadas as áreas necessárias, reúnem-se as condições para decidir qual a melhor solução para instalar supermercados de *stock* intermédio das duas placas do Produto M. Assim sendo, os valores encontrados foram os presentes na Tabela 37.

Tabela 37: Área necessária para supermercado

<b>Área necessária para supermercado</b>		
Área para stock da Placa R	38,44 m² (em tabuleiros) ✓	105,7 m² (em <i>containers</i> ) ✗
Área para stock da Placa X	38,44 m² (em tabuleiros) ✗	18,65 m² (em <i>containers</i> ) ✓
Área total do supermercado	57,09 m²	

Concluiu-se desta forma que a melhor opção, a fim de economizar espaço, é a criação de um supermercado para a Placa R em *racks* para tabuleiros, em que ocupará 38,44 m² e um supermercado para a Placa X em *racks* para *containers*, que ocupará 18,65 m². Então, a área total do supermercado será de 57 m². Com a criação destes dois supermercados, existirá um *buffer* com a capacidade para 6800 produtos, o que corresponde a um dia de produção. O documento Excel com todos os cálculos efetuados encontra-se no Anexo IV – Produto M: Dimensionamento de supermercado.

### 5.3.2 Criação de instruções para máquina de fresagem

Esta foi uma ação de melhoria que ocorreu na máquina de fresagem porque cada produto tem um programa específico e, quando há um engano na escolha desse programa, ocorrem sérios problemas visto que a máquina de fresagem pode avariar e também parte as placas PCB. Com a colocação desta instrução junto ao display onde são escolhidos os programas (Figura 50), reduziu-se significativamente o risco de engano na mudança de programa.

**Atenção**

De modo a garantir que não se danifica a máquina nem se estragam as placas, a colocação de containers no loader só pode ser feita de acordo com a seguinte tabela:

Produtos / Programa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	MMX	RSC
HI-SC -> QUADLOCK	X				
HI-SC -> SD CARD		X			
HI-SC -> PHONE		X			
AUDI -> AMPLIFICADORA	X				
PORSCHE -> SERVIÇO		X			
PORSCHE -> IR		X			
FERRARI -> PHONE		X			
FIAT -> LIGAÇÃO			X		
MIB 3 -> MMX				X	
MIB 3 -> RSC					X

Nunca podem estar ao mesmo tempo no loader placas com programas diferentes.

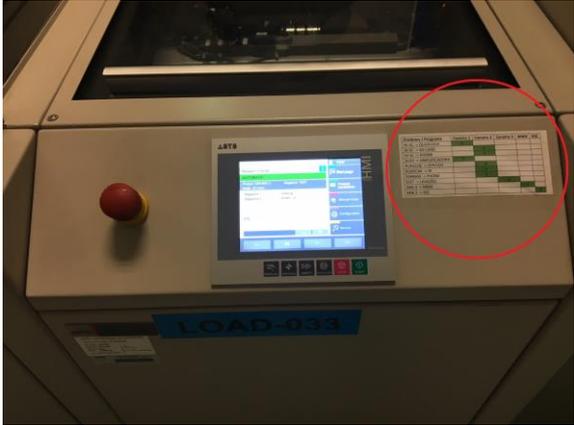


Figura 50: Instrução para máquina de fresagem (Aptiv, 2019)

Esta ação poderá abranger, no futuro, outros processos como nas linhas de montagem final, em que é necessário proceder à alteração do programa das máquinas de aparafusamento automático quando é alterado o produto.

### 5.3.3 Criação de instruções de trabalho para o produto M

Durante este projeto, foram elaboradas as ITs dos postos *Sub-Assembly*, *Functional Test*, *Packing* e ainda foi atualizada a IT do Posto 6 da montagem final do Produto M. Estas instruções de trabalho podem ser consultas no Anexo V - Produto M: Atualização de ITs.

## 5.4 Resolução de problema num teste de visão do produto P7

A solução encontrada para o problema identificado na secção 4.3.4 foi reorientar a posição do encaixe rodando-o 180° e assim o cabo já não precisa de ser dobrado e o local do encaixe fica visível para que possa ser feito o teste de visão corretamente para verificar a conformidade da conexão.

## 6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos através dos estudos e melhorias implementadas durante o projeto. Para apresentar os ganhos associados, foi necessário traduzir as poupanças dos tempos em ganhos monetários através de cálculos que serão apresentados nas secções 6.1, 6.2 e 6.3 relativas aos produtos V, C e M, respetivamente. Foi também necessário conhecer os custos associados aos meios de produção recorrendo à pesquisa na base de dados da empresa, onde foram retirados os seguintes valores:

- Custo de área fabril = 100€/m<sup>2</sup>
- Custo de mão de obra = 15.000€/ano
- Custo de energia = 0,11€/kWh

As medidas que foram consideradas para a avaliação dos resultados obtidos foram a redução dos custos associados à implementação de uma nova linha de montagem para o Produto V, a redução dos tempos de paragem e o aumento da produtividade no processo de montagem do Produto C e a economização do espaço fabril ocupado na instalação de um supermercado para stock intermédio das duas placas PCB do Produto M.

### 6.1 Resultados obtidos no produto V

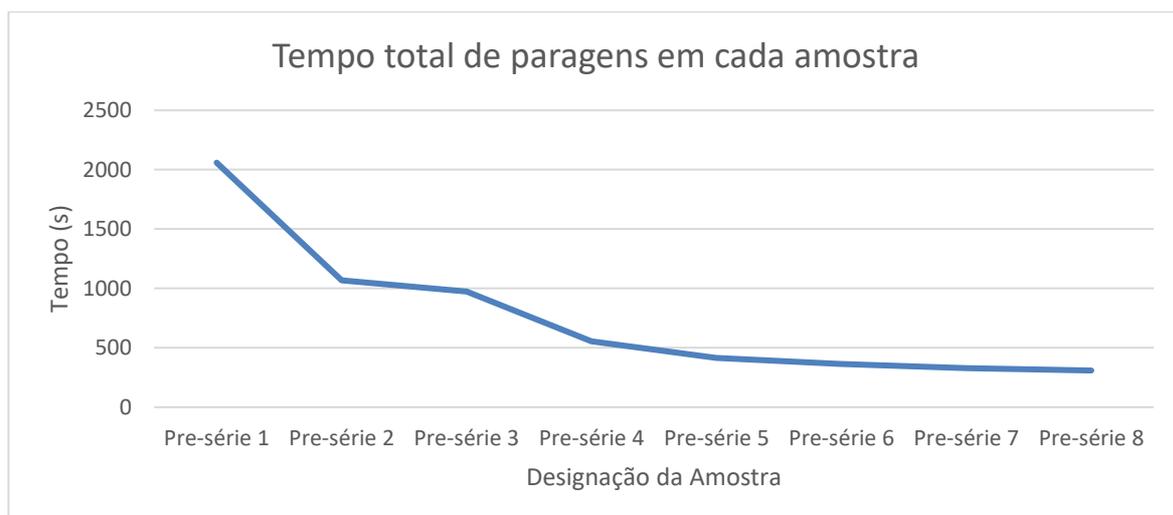
Os resultados dos ganhos obtidos relativamente ao Produto V estão relacionados com o estudo de diferentes cenários de implementação de uma nova linha de montagem final para integrar este produto. Em causa estava a possibilidade de aquisição de um *robot* de aparafusamento automático, em que se concluiu que a melhor solução seria comprar o *robot* visto que apresentava melhores proveitos que o outro cenário. Esses proveitos correspondem a um valor de **16.242€ / ano**. Os cálculos que chegaram a este valor encontram-se na secção 5.1.1.

### 6.2 Resultados obtidos no produto C

Relativamente aos resultados obtidos pela melhoria de montagem do produto C e depois de decorridas todas as pre-séries e identificados os pontos críticos a serem melhorados, verifica-se que desde a pre-série 1 até à pre-série 8 houve uma significativa redução no tempo total de paragens, diminuindo de 2131 segundos para 372 segundos. É importante referir que estes tempos de paragens foram retirados

através de uma amostra de 15 produtos em cada pre-série, sendo que a soma do tempo de paragens de todos os aparelhos produzidos era superior. Assim sendo, pode-se concluir que inicialmente cada produto tinha um tempo de paragens médio de 68,6 segundos e que, na última pre-série analisada, o tempo de paragens médio por produto foi de 10,3 segundos. Este tempo poderá ainda ser diminuído com a implementação de mais melhorias e também com o aumento da experiência dos operadores, visto que o produto ainda se encontra numa fase inicial de produção.

Na Figura 51, encontra-se o gráfico relativo ao tempo total de paragens ao longo das 8 pre-séries analisadas. Como se pode constatar, os tempos de paragem tiveram uma descida bastante significativa desde a pre-série 1 até à pre-série 5 visto que durante esse período foram implementadas várias melhorias no processo de montagem final do Produto C. Verifica-se ainda que entre a pre-série 5 e 8 o gráfico continua a apresentar uma ligeira diminuição dos tempos de paragem que se justifica pelo facto dos operadores terem adquirido mais experiência no modo como este produto é montado, diminuindo os erros de processamento e fazendo cada vez mais rápido todas as tarefas inerentes a este processo.



*Figura 51: Tempo total de paragens ao longo das 8 pre-séries*

Através do balanceamento entre os postos de trabalho, concluiu-se que seria possível reduzir o número de operários de 4 para 3, obtendo assim uma significativa redução de custos em mão-de-obra.

Na Tabela 38 encontram-se todos os cálculos relativos aos ganhos na implementação das melhorias relativas ao Produto C.

Tabela 38: Cálculo dos ganhos obtidos através da implementação de melhorias no produto C

<b>Cálculo dos ganhos obtidos através da redução de tempos de paragens</b>	
<b>Poupança de tempo:</b>	
Volume de produção previsto para 2020	125 aparelhos/dia
Tempos de paragens inicial (15 aparelhos)	2131 seg.
Tempo de paragem inicial na mudança de equipamento (1x / dia)	587 seg.
Tempo de paragem estimado (125 aparelhos)	$[(2131 - 587) \times (125 / 15)] + 587 = 13.454$ seg.
Tempos de paragens final (15 aparelhos)	372 seg.
Tempo de paragem final na mudança de equipamento (1x / dia)	121 seg.
Tempo de paragem estimado (125 aparelhos)	$[(372 - 121) \times (125 / 15)] + 121 = 2.213$ seg.
Poupança de tempo diário	$13.454 - 2213 = 11.241$ seg.
Poupança de tempo anual	$11.241 \times (50 \text{ semanas} \times 5 \text{ dias úteis}) = 2.810.250$ seg.
Poupança de tempo anual em horas	$2.810.250 / 3600 = \mathbf{781 \text{ horas}}$
<b>Poupança de mão-de-obra:</b>	
Custo anual de um operador	15.000€/ano
Custo diário de um operador	$15.000 / (50 \text{ semanas} \times 5 \text{ dias úteis}) = 60€/dia$
Custo de um operário por hora	$60 / 8 = 7,5€/h$
Nº de operadores necessário	3 operadores
Custo de 781 horas em mão-de-obra	$= 781 \text{ horas} \times 7,5€ \times 3 \text{ operadores} = 17.573€$
Poupança na redução de um operador	$1 \times 15.000€ = 15.000€/ano$
Poupança anual em mão-de-obra	$17.573€ + 15.000€ = \mathbf{32.573€/ano}$
<b>Poupança de energia:</b>	
Custo de energia	0,11€/kWh
Energia gasta na linha de montagem	180kWh
Poupança de energia na linha de montagem (anual)	$180kWh \times 781 \text{ horas} = 140.580kWh$
Poupança anual em energia	$140.580kWh \times 0,11€/kWh = \mathbf{15.464€}$
<b>Total de ganhos obtidos</b>	$32.573€ + 15.464€ = \mathbf{48.037€ / ano}$

Concluindo, os resultados obtidos a nível de poupança de custos relativamente ao Produto C corresponde a um valor na ordem dos **48.037€ / ano**.

### 6.3 Resultados obtidos no produto M

Relativamente ao Produto M, os ganhos obtidos estão relacionados com a economização de espaço através do dimensionamento dos supermercados para criar *stock* das duas placas PCB constituintes deste produto. É conhecido, através de dados fornecidos pela empresa, que o custo de área ocupada é de 100€/m<sup>2</sup>.ano. A Tabela 39 apresenta os cálculos efetuados para concluir qual o valor anual que será possível poupar através da economização de espaço na criação do supermercado. Foram, para isso, usados os valores das áreas necessárias para estas instalações, calculados anteriormente na secção 5.3.1.

Tabela 39: Cálculos dos ganhos através da economização de espaço na criação do supermercado

Ganhos através da economização de espaço na criação do supermercado	
Área mínima possível	$38,44\text{m}^2 + 18,65\text{m}^2 = 57,09\text{m}^2$
Área máxima possível	$105,7\text{m}^2 + 38,44\text{m}^2 = 144,14\text{m}^2$
Economização de espaço	$144,14\text{m}^2 - 57,09\text{m}^2 = 87,05\text{m}^2$
Ganhos pela economização de espaço	$87,05\text{m}^2 \times 100\text{€/m}^2.\text{ano} = 8.700\text{€/ano}$

Concluiu-se assim que, através do melhor dimensionamento possível do supermercado, resultará numa poupança na ordem dos **8.700€ / ano** relativamente à ocupação de espaço fabril.

#### 6.4 Resumo dos resultados obtidos

O valor associado à economização de custos através de todas as melhorias implementadas nos três produtos em estudo, corresponde à quantia de **72.979€ / ano**. A Tabela 40 apresenta a soma dos ganhos obtidos através da implementação de melhorias nos três produtos em estudo.

Tabela 40: Total de ganhos obtidos

Total de ganhos obtidos	
Ganhos no Produto V	16.242€
Ganhos no Produto C	48.037€
Ganhos no Produto M	8.700€
<b>Total de ganhos</b>	<b>72.979€</b>

## 7. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais deste projeto e também algumas sugestões para trabalhos futuros que possam vir a ser realizados nesta empresa.

### 7.1 Considerações finais

A elaboração desta dissertação teve como principal objetivo descrever todos os procedimentos efetuados relativamente à integração de novos produtos nas linhas de montagem. Durante este estudo, foi feito o acompanhamento de quatro produtos em fases diferentes de projeto, o que possibilitou realizar ações muito diversificadas.

Na fase inicial deste projeto, foram realizados diversos *workshops* com representantes da empresa, com o objetivo de apresentar o que é feito em cada departamento e área da Aptiv. Nesses *workshops* foram abordados temas como “Ambiente, segurança e saúde no trabalho”, “Metodologia 5S”, “Tempo de Ciclo”, “A importância da qualidade”, “ESD - Proteção electrostática”, “Engenharia e gestão industrial”, “SAP”, “Métricas de qualidade” e “Engenharia de teste”. Foram também feitas várias visitas guiadas para dar a conhecer os procedimentos das áreas SMT, CBA, Montagem final, Testes e Plásticos. Por fim, ainda se visitou o recente centro de desenvolvimento técnico da empresa.

Depois de obter o conhecimento geral do funcionamento da empresa, procedeu-se à realização de um diagnóstico e planificação do projeto e, nesta fase, foram escolhidos os quatro produtos que foram estudados. A escolha desses quatro produtos foi estratégica e justifica-se pelo facto de que todos se encontravam em diferentes fases de projeto, o que fez com que esta dissertação abordasse uma grande diversidade de temáticas, desde a fase da apresentação de um novo projeto até à fase de produção.

Assim sendo, para o produto V foi implementada uma nova linha de montagem em que se estudaram diferentes cenários possíveis e selecionada a opção mais vantajosa que foi a aquisição de um *robot* de aparafusamento automático e a trabalhar apenas com um operador. O resultado das ações implementadas para esta linha foi de um ganho de **16.242€ / ano**.

Em relação ao produto C, este foi integrado na produção através da reconfiguração de uma linha de montagem já existente na fábrica. Submeteu-se a linha em questão a várias alterações visto terem surgido durante este projeto diversas ideias para melhorar a eficiência e produtividade no seu processo de montagem. Alguns exemplos dessas melhorias foi a realização de um correto balanceamento da carga

para reduzir tempos de espera entre os postos de trabalho, a implementação da metodologia SMED para reduzir os tempos na mudança de equipamento e a implementação da metodologia 5S para tornar o local de trabalho mais limpo e organizado evitando dessa forma erros em trocas de materiais e equipamentos. Os resultados obtidos com esta reconfiguração e melhoria foi de um ganho de **48.037€ / ano.**

Por fim, o principal foco no estudo do produto M foi elaborar cálculos para dimensionar um supermercado de *stock* intermédio de dois componentes do produto sendo que o principal objetivo foi economizar espaço fabril. Em todos os produtos referidos foram também criadas instruções de trabalho normalizadas com a finalidade de indicar aos operadores o modo como cada tarefa deve ser executada e também apresentam os tempos de processamento padrão que devem ser atingidos. Conseguiu-se atingir ganhos de **8.700€ / ano.**

Sumariando os resultados, com todas as ações realizadas durante o projeto a empresa conseguiu um ganho de **72.979€ / ano.**

Concluindo, foram retiradas ilações muito positivas neste trabalho e foram também adquiridos conhecimentos e experiências muito enriquecedoras na área da produção de componentes eletrónicos.

## **7.2 Trabalhos futuros**

Relativamente aos trabalhos futuros que sejam realizados no âmbito das temáticas desta dissertação, é importante continuar a analisar o processo de montagem do Produto V, visto que este ainda se encontrava na fase inicial de pre-série e poderão surgir ainda algumas oportunidades de melhoria.

Em relação à célula de montagem final onde o Produto C foi inserido, esta ainda apresenta capacidade disponível para integrar um novo produto, por isso, quando surgir oportunidade é conveniente estudar a hipótese de voltar a sofrer reconfigurações para integrar a produção de mais algum novo aparelho da mesma família como, por exemplo, o Produto P7 que também foi abordado nesta dissertação.

Por fim, sendo o Produto M um *highrunner* da empresa e considerado um dos mais importantes no futuro, este terá de ter especial atenção relativamente às melhorias no seu processo produtivo e também irá necessitar de mais estudos relativamente à implementação de novas linhas de montagem, visto que ainda só existe uma linha de pre-série mas será necessário instalar mais duas linhas para conseguir responder aos elevados volumes de encomendas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. C. (2007). Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto (Universidade do Minho). Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/7606>
- Asfahl, C. R. (1992). Robots and Manufacturing Automation. *John Wiley & Sons, New York. Second Edition.*
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management, 34(7)*, 876–940. <https://doi.org/10.1108/ijopm-08-2012-0315>
- Carvalho, D. (2006). Fundamentos da Dinâmica da Produção. *Dinis Carvalho*, 1–5.
- Feld, W. M. (2001). Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them. In *Vasa*. London: St. Lucie Press.
- Fernandes, G. (2018). *Métodos de Investigação: Abordagens e Filosofias de Investigação.*
- Ferreira, R. (2015). Melhoria do desempenho de uma secção de montagem final de uma empresa usando ferramentas Lean Production. *Dissertação de Mestrado Integrado Em Engenharia Industrial, Universidade Do Minho.*
- Gomes, M. (2018). Implementação de novos produtos na secção de montagem final de uma empresa de autorrádios. *Dissertação de Mestrado Integrado Em Engenharia Industrial, Universidade Do Minho.*
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *The Academy of Management Perspectives, 20(2)*, 5–20.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System*. Georgia: Institute of Industrial Engineers.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. New York: Productivity Press.
- Oliveira, M. (2018). Reestruturação de duas linhas de montagem final usando princípios Lean numa empresa de componentes eletrónicos. *Dissertação de Mestrado Em Engenharia Industrial, Universidade Do Minho.*
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal,*

21(2), 127–142. <https://doi.org/10.1108/17542730910938137>

- Poppendieck, M. (2011). Principles of lean thinking. *IT Management Select*, 1–7. Retrieved from [http://world-scholarships.com/books/Books at LMDA/Lean Manufacturing/Poppendieck, Mary - Principles of Lean Thinking \(2002, 7p\).pdf](http://world-scholarships.com/books/Books at LMDA/Lean Manufacturing/Poppendieck, Mary - Principles of Lean Thinking (2002, 7p).pdf)
- Rother, M. (2010). *Toyota Kata: managing people for improvement, adaptiveness, and superior results*. McGraw Hill.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students. Fifth Edition, Pearson Education*.
- Shimbun, N. K. (1988). Poka-yoke Improving Product Quality by Preventing Defects. *Productivity Press, Portland, Oregon*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Takeuchi, H., Osono, E., & Shimizu, N. (2008). The Contradictions That Drive Toyota's Success. *Harvard Business Review*.
- Ungan, M. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Warnecke, H. J., & Huser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*.
- Womack, J., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation. Siman & Schuster, New York, USA*.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Summary: The Machine That Changed The World* (pp. 1–11).

## ANEXO I - PRODUTO V: WCT (CENÁRIOS 1 E 2)

Tabela 41: Cenário 1 - Processo com aparafusamento manual com quatro operadores

Final Assembly							
Assembly place # 1							
1	Take heatsink soan and put into fixture	4	2,4			1	2,4
2	Take fan assemble to Heatsink and secure cable	8	4,8			1	7,2
3	Take Mainboard + soan + assy on heat sink attach cable	6	3,6			1	10,8
4	Take frame (bottom cover) + soan + assy on heat sink	6	3,6			1	14,4
5	Screw Frame 6x Bottom Side	30	18,0			1	32,4
6	Move to next place	2	1,2			1	33,6
Assembly place # 2							
1	Take the Unit + place on fixture	2	1,2			2	1,2
2	Rotate fixture / unit	3	1,8			2	3,0
3	Screw Frame 1x to heatsink	5	3,0			2	6,0
4	pick first clamp and place to frame	5	3,0			2	9,0
5	pick screw from box and so <i>different type of screw</i>	5	3,0			2	12,0
6	Rotate fixture / unit	3	1,8			2	13,8
7	Screw frame 1x to heatsink (fan)	5	3,0			2	16,8
8	pick second clamp and place to frame	5	3,0			2	19,8
9	pick screw from box and so <i>different type of screw</i>	5	3,0			2	22,8
10	Rotate fixture / unit	3	1,8			2	24,6
11	Move to next place	2	1,2			2	25,8



Assembly place # 3							
1	Take the Unit + place on fixture	2	1,2			3	1,2
2	Take frontplate + place on fixture	2	1,2			3	2,4
3	Take metal front + place onto frontplate + assembly	6	3,6			3	6,0
4	Screw frontplate 2x <i>different type of screw</i>	10	6,0			3	12,0
5	assemble frontplate to unit	6	3,6			3	15,6
6	Pick top cover and assemble to unit	4	2,4			3	18,0
7	Screw top cover and frontplate to unit (2x)	10	6,0			3	24,0
8	Screw top cover to unit 2x	10	6,0			3	30,0
9	Move to next place	2	1,2			3	31,2
Assembly place # 4							
1	Take unit + place on fixture	2	1,2			4	1,2
2	Screw top cover to quadloc <i>different type of screw</i>	5	3,0			4	4,2
3	Rotate fixture / unit	3	1,8			4	6,0
2	screw top cover to heat sink at backside 3x	15	9,0			4	15,0
3	assemble bushing	7	4,2			4	19,2
4	Rotate fixture / unit	3	1,8			4	21,0
4	Screw top cover 2x (from bottom)	10	6,0			4	27,0
5	Rotate fixture / unit	3	1,8			4	28,8
6	Move to next place	2	1,2			4	30,0



Tabela 42: Cenário 2 – Processo com aparafusamento automático com um operador

<b>Final Assembly</b>									
<b>Assembly place # 1</b>									
Take the frame and put on fixture	4	2,4					1	2,4	
Take the spring and assembly on frame	5	3,0					1	5,4	
Screwing 1x	5	3,0					1	8,4	
Rotate fixture	2	1,2					1	9,6	
Take the bullet and screw	8	4,8					1	14,4	
Rotate fixture	2	1,2					1	15,6	
Take the spring and assembly on frame	5	3,0					1	18,6	
Screwing 1x	5	3,0					1	21,6	
Take and assembly the fan only for REM	4	2,4					1	24,0	
Take the heatsink and put on fixture	4	2,4					1	26,4	
Take the mainboard , assembly and read barcode	7	4,2					1	30,6	
Take the frame and assembly	5	3,0					1	33,6	
Screw 1x frame	5	3,0					1	36,6	
Rotate fixture	2	1,2					1	37,8	
Take the trimplate put on fixture	6	3,6					1	41,4	
Take the frontplate and assembly	4	2,4					2	43,8	
Screw 2x	10	6,0					2	49,8	
Assembly the trimplate	6	3,6					2	53,4	
Take the unit and place on fixture	4	2,4					2	55,8	
Take and assembly cover	6	3,6					2	59,4	
Load the part on screwing robot	4	2,4					2	61,8	
<b>Screwing Robot ( 7x Frame)</b>			21,0				2	61,8	
<b>Screwing Robot (Rotate and 1x frame)</b>			3,0				2	61,8	
<b>Screwing Robot (6x top cover)</b>			18,0				2	61,8	
<b>Screwing Robot (1x top frame)</b>			3,0				2	61,8	
<b>Screwing Robot (3x top</b>			9,0				2	61,8	
Unload Move for next station	4	2,4					2	<b>64,2</b>	

## ANEXO II – PRODUTO C: WCT (ANTES E DEPOIS DAS MELHORIAS)

Tabela 43: WCT do produto C antes das melhorias

<b>POSTO 1</b>							1	
PEGAR NO PAINEL FRONTAL, LER CÓDIGO E COLOCAR NO DISPOSITIVO	6	3.6					1	3.6
CARREGAR NOS BOTÕES PARA TESTAR POSIÇÃO DAS ESPONJAS	2	1.2					1	4.8
LER DUAS PLACAS DE SERVIÇO E ENCAIXAR NOS 2 LADOS DO PAINEL FRONTAL	12	7.2					1	12.0
PEGAR NO DISPLAY E LER CÓDIGO	3	1.8					1	13.8
RETIRAR PELÍCULA DO DISPLAY	4	2.4					1	16.2
COLAR NOVA PELÍCULA NO DISPLAY	6	3.6					1	19.8
COLOCAR DISPLAY NO PAINEL FRONTAL	4	2.4					1	22.2
RETIRAR PELÍCULA DO DISPLAY	3	1.8					1	24.0
ENCAIXAR AS DUAS PEÇAS METÁLICAS NOS PINS	10	6					1	30.0
COLOCAR AS DUAS ESPONJAS	6	3.6					1	33.6
RETIRAR CONJUNTO E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE	3	1.8					1	35.4
<b>POSTO 2</b>								
PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NA MÁQUINA DE APARAFUSAMENTO	5	3					2	3.0
APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (10X)			32.4				2	3.0
TIRAR CONJUNTO DA MÁQUINA DE APARAFUSAR E COLOCAR NO DISPOSITIVO	5	3					2	6.0
CONECTAR CABO COM O LADO "DISP SIDE UP" VIRADO PARA O ENCAIXE	5	3					2	9.0
CONECTAR CABO COMPRIDO NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO	11	6.6					2	15.6
CONECTAR CABO COM O LADO "KEY" VIRADO PARA O ENCAIXE	5	3					2	18.6
PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE	3	1.8					2	20.4
<b>POSTO 3</b>								
PEGAR NA CASE, LER CÓDIGO E COLOCÁ-LA NA PRENSA	5	3					3	3.0
COLOCAR DOIS RETAINERS NA CASE E FECHAR GAVETA PARA PRENSAR	9	5.4					3	8.4
ABRIR A PRENSA, PEGAR NA CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	7	4.2					3	12.6
PEGAR NA PLACA CONECTORA E MONTAR NA CASE	5	3					3	15.6
PEGAR NA FRONTPLATE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4					3	18.0
MONTAR PLACA PRINCIPAL NA FRONTPLATE	5	3.0					3	21.0
ENCAIXAR OS DOIS CONECTORES USB E RETIRAR AS 2 PROTEÇÕES	10	6.0					3	27.0
DESIMPEDIR BARREIRAS PARA APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (12X)			38.4				3	27.0
LER CASE, LER PLACA CONECTORA E COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO	10	6.0					3	33.0
LER PLACA PRINCIPAL, COLOCAR NA CASE E CARREGAR PARA ENCAIXAR	10	6.0					3	39.0
ENCAIXAR ANTENA NO CONJUNTO E FECHAR MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO	10	6.0					3	45.0
APARAFUSAR 5X, RODAR 90°, APARAFUSAR 2X, RODAR 90°	39	23.4					3	68.4
ABRIR MÁSCARA E COLOCAR CONJUNTO NO POSTO SEGUINTE	7	4.2					3	72.6
<b>POSTO 4</b>								
PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4					4	2.4
PEGAR NAS "KNOB" E ENCAIXAR NO LADO DIREITO E ESQUERDO DO CONJUNTO	8	4.8					4	7.2
ENCAIXAR CAP NA SWITCH PAD E COLOCAR NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO	18	10.8					4	18.0
PRESSIONAR BOTÕES VERMELHOS PARA TESTAR	2	1.2					4	19.2
FECHAR GAVETA PARA PRENSAR E VOLTAR A ABRIR	9	5.4					4	24.6
COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO SEGUINTE E FAZER TESTE DE VISÃO	6	3.6					4	28.2
PEGAR NO CONJUNTO CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4					4	30.6
CONECTAR 3 CABOS PELA ORDEM INDICADA E FAZER TESTE DE VISÃO	14	8.4					4	39.0
COLAR DUAS ESPONJAS E FAZER TESTE DE VISÃO	8	4.8					4	43.8
ENCAIXAR A CASE NO DISPLAY E FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO	8	4.8					4	48.6
APARAFUSAR 6X	30	18					4	66.6
ABRIR MÁSCARA, COLAR ETIQUETA E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE	11	6.6					4	73.2
Total Times:			201.6	201.6				201.6
			201.6					201.6

Tabela 44: WCT do produto C depois das melhorias

Work Elements	# of Motions	Manual Work	Machine Element Time	Walk Time	Forced Wait for	Op #	Operator Clock
<b>To add rows for additional elements: Copy entire row, then Insert Copied Cells.</b>							
<b>POSTO 1</b>						1	
PEGAR NO PAINEL FRONTAL, LER CÓDIGO E COLOCAR NO DISPOSITIVO	6	3.6				1	3.6
CARREGAR NOS BOTÕES PARA TESTAR POSIÇÃO DAS ESPONJAS	2	1.2				1	4.8
LER DUAS PLACAS DE SERVIÇO E ENCAIXAR NOS 2 LADOS DO PAINEL FRONTAL	12	7.2				1	12.0
PEGAR NO DISPLAY E LER CÓDIGO	3	1.8				1	13.8
RETIRAR PELÍCULA DO DISPLAY	4	2.4				1	16.2
COLAR NOVA PELÍCULA NO DISPLAY	6	3.6				1	19.8
COLOCAR DISPLAY NO PAINEL FRONTAL	4	2.4				1	22.2
RETIRAR PELÍCULA DO DISPLAY	3	1.8				1	24.0
ENCAIXAR AS DUAS PEÇAS METÁLICAS NOS PINS	10	6				1	30.0
COLOCAR AS DUAS ESPONJAS PROTETORAS	6	3.6				1	33.6
RETIRAR CONJUNTO DO DISPOSITIVO	3	1.8				1	35.4
MOVIMENTAR PARA A SEGUNDA BANCADA	3	1.8				1	37.2
COLOCAR CONJUNTO NA MÁQUINA DE APARAFUSAMENTO	3	1.8				1	39.0
<b>APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (10X)</b>			32.4			1	39.0
TIRAR CONJUNTO DA MÁQUINA DE APARAFUSAR E COLOCAR NO DISPOSITIVO	5	3				1	42.0
CONECTAR CABO COM O LADO "DISP SIDE UP" VIRADO PARA O ENCAIXE	5	3				1	45.0
CONECTAR CABO COMPRIDO NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO	11	6.6				1	51.6
CONECTAR CABO COM O LADO "KEY" VIRADO PARA O ENCAIXE	5	3				1	54.6
PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE	3	1.8				1	56.4
PEGAR NA CASE, LER CÓDIGO E COLOCÁ-LA NA PRENSA	5	3				1	59.4
COLOCAR DOIS RETAINERS NA CASE E FECHAR GAVETA PARA PRENSAR	9	5.4				1	64.8
MOVIMENTAR DE VOLTA PARA A PRIMEIRA BANCADA	3	1.8				1	66.6
<b>POSTO 2</b>							
ABRIR A PRENSA, PEGAR NA CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	7	4.2				2	4.2
PEGAR NA PLACA CONECTORA E MONTAR NA CASE	5	3				2	7.2
PEGAR NA FRONTPLATE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4				2	9.6
MONTAR PLACA PRINCIPAL NA FRONTPLATE	5	3				2	12.6
ENCAIXAR OS DOIS CONECTORES USB E RETIRAR AS 2 PROTEÇÕES	10	6.0				2	18.6
<b>DESIMPEDIR BARREIRAS PARA APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (12X)</b>			38.4			2	18.6
LER CASE, LER PLACA CONECTORA E COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO	10	6.0				2	24.6
LER PLACA PRINCIPAL, COLOCAR NA CASE E CARREGAR PARA ENCAIXAR	10	6.0				2	30.6
ENCAIXAR ANTENA NO CONJUNTO E FECHAR MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO	10	6.0				2	36.6
APARAFUSAR 5X, RODAR 90°, APARAFUSAR 2X, RODAR 90°	39	23.4				2	60.0
ABRIR MÁSCARA E COLOCAR CONJUNTO NO POSTO SEGUINTE	7	4.2				2	64.2
<b>POSTO 3</b>							
PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4				3	2.4
PEGAR NAS "KNOB" E ENCAIXAR NO LADO DIREITO E ESQUERDO DO CONJUNTO	8	4.8				3	7.2
ENCAIXAR CAP NA SWITCH PAD E COLOCAR NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO	18	10.8				3	18.0
PRESSIONAR BOTÕES VERMELHOS PARA TESTAR	2	1.2				3	19.2
FECHAR GAVETA PARA PRENSAR E VOLTAR A ABRIR	9	5.4				3	24.6
COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO SEGUINTE E FAZER TESTE DE VISÃO	6	3.6				3	28.2
PEGAR NO CONJUNTO CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4				3	30.6
CONECTAR 3 CABOS PELA ORDEM INDICADA E FAZER O TESTE DE VISÃO	14	8.4				3	39.0
COLAR DUAS ESPONJAS PROTETORAS E FAZER TESTE DE VISÃO	8	4.8				3	43.8
ENCAIXAR A CASE NO DISPLAY E FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO	8	4.8				3	48.6
APARAFUSAR 6X	30	18				3	66.6
ABRIR MÁSCARA, COLAR ETIQUETA E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE	11	6.6				3	73.2
<b>Total Times:</b>	<b>204</b>	<b>204.0</b>					<b>204.0</b>
		204					204.0

# ANEXO III - PRODUTO C: ITS DOS POSTOS 1, 2, 3 E 4 DA MONTAGEM FINAL

APTIV ELECTRONICS & SAFETY BRAG WI 1140.00.648

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 14/2/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 14/2/2019 Page 1 de 3

---

Processo / Modelo: [REDACTED] FAP1  
 Lugar: 1  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

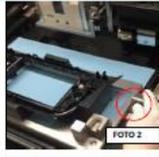
**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE  
 NO FINAL DO TURNO, DEIXAR O LUGAR ORGANIZADO E LIMPAR COM AS TOALHITAS COM ALCÓOL

Ordem	Item	Elemento	Element Time			
			Min	Seg	Min	Seg
		Mão Esquerda      Ambas Mãos      Mão Direita				
1		PEGAR NO PAINEL FRONTAL, LER CÓDIGO E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 1	6	3.6		
2		CARRREGAR NOS BOTÕES PARA TESTAR POSIÇÃO DAS ESPONJAS, FOTO 2	2	1.2		
3		LER PLACA DE SERVIÇO E ENCAIXAR NO LADO DIREITO DO PAINEL FRONTAL, FOTO 3	7	4.2		
4		LER PLACA DE SERVIÇO E ENCAIXAR NO LADO ESQUERDO DO PAINEL FRONTAL, FOTO 4	5	3.0		
5		PEGAR NO DISPLAY E LER CÓDIGO, FOTO 5	3	1.8		
6		POUSAR DISPLAY E RETIRAR PELÍCULA, FOTO 6	4	2.4		
7		COLAR NOVA PELÍCULA NO DISPLAY, FOTO 7	6	3.6		
8		COLOCAR DISPLAY NO PAINEL FRONTAL, FOTO 8	4	2.4		
9		RETIRAR FITA PROTETORA DO DISPLAY, FOTO 9	3	1.8		
10		ENCAIXAR AS DUAS PEÇAS METÁLICAS NOS PINS, FOTO 10	10	6.0		
11		COLOCAR AS DUAS ESPONJAS, FOTO 11	6	4.8		
12		RETIRAR CONJUNTO E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE, FOTO 12	3	1.8		
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
Total			61	36.6		

Realizado por: [REDACTED]  
 Data: 14/02/2019  
 Função: [REDACTED]  
 Nome: Filipe Costa

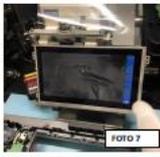
Verificado por:  
 Data:  
 Função:  
 Nome:

Aprovado por:  
 Data:  
 Função:  
 Nome:







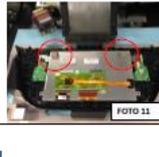




Figura 52: IT da montagem final do produto C (posto 1)

APTIV ELECTRONICS & SAFETY BRAG WI 1140.00.649

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 14/2/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 14/2/2019 Page 1 de 3

---

Processo / Modelo: [REDACTED] FAP2  
 Lugar: 2  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

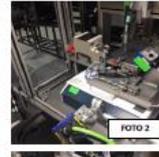
**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE  
 NO FINAL DO TURNO, DEIXAR O LUGAR ORGANIZADO E LIMPAR COM AS TOALHITAS COM ALCÓOL

Ordem	Item	Elemento	Element Time			
			Min	Seg	Min	Seg
		Mão Esquerda      Ambas Mãos      Mão Direita				
1		PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NA MÁQUINA DE APARAFUSAMENTO, FOTO 1	5	3.0		
2		APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (10X), FOTO 2				
3		TIRAR CONJUNTO DA MÁQUINA DE APARAFUSAR E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 3	5	3.0		
4		CONECTAR CABO COM O LADO "DISP SIDE UP" NO ENCAIXE, FOTO 4	5	3.0		
5		CONECTAR CABO COMPRIDO NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO, FOTO 5	11	6.6		
6		CONECTAR CABO COM O LADO "KEY" NO ENCAIXE, FOTO 6	5	3.0		
7		PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE, FOTO 7	3	1.8		
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
Total			34	20.4		

Realizado por: [REDACTED]  
 Data: 14/02/2019  
 Função: [REDACTED]  
 Nome: Filipe Costa

Verificado por:  
 Data:  
 Função:  
 Nome:

Aprovado por:  
 Data:  
 Função:  
 Nome:








INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

Figura 53: IT da montagem final do produto C (posto 2)

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 14/2/2019

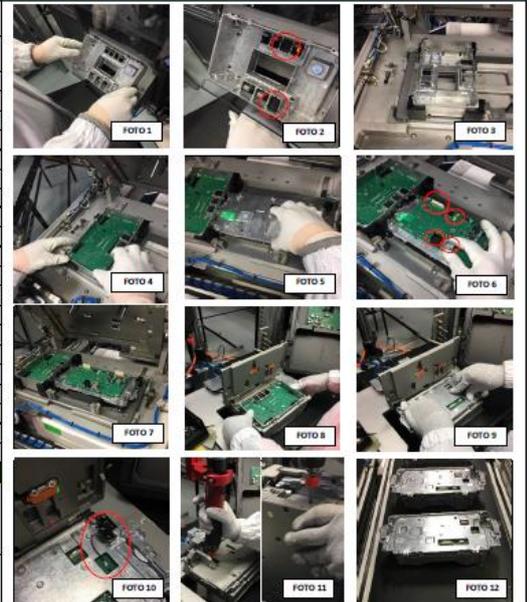
Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 14/2/2019

Page 1 de 3

Processo / Modelo: [REDACTED] FAP3  
 Lugar: 3  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE  
 NO FINAL DO TURNO, DEIXAR O LUGAR ORGANIZADO E LIMPAR COM AS TOALHITAS COM ÁLCOOL

No. Item	Seq. O	Elemento	Element Time			
			Min	Max	Min	Max
		Mód. Encastre Antena M3x6 M3x6				
	1	PEGAR NA CASE, LER CÓDIGO E COLOCÁ-LA NA PRENSA, FOTO 1	5	3.0		
	2	COLOCAR DOIS RETAINERS NA CASE E FECHAR GAVETA PARA FRENGAR, FOTO 2	9	5.4		
	3	ABRIR A PRENSA, PEGAR NA CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 3	7	4.2		
	4	PEGAR NA PLACA CONECTORA E MONTAR NA CASE, FOTO 4	5	3.0		
	5	PEGAR NA FRONTPLATE E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 5	4	2.4		
	6	MONTAR PLACA PRINCIPAL NA FRONTPLATE, FOTO 6	5	3.0		
	7	ENCAIXAR OS DOIS CONECTORES USB E RETIRAR AS 2 PROTEÇÕES, FOTO 7	10	6.0		
	8	DESIMPEDIR BARREIRAS PARA APARAFUSAMENTO AUTOMÁTICO (12X), FOTO 7				39
	9	LER CASE, LER PLACA CONECTORA E COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO, FOTO 8	10	6.0		
	10	LER PLACA PRINCIPAL, COLOCAR NA CASE E CARREGAR PARA ENCAIXAR, FOTO 9	10	6.0		
	11	ENCAIXAR ANTENA NO CONJUNTO E FECHAR MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO, FOTO 10	10	6.0		
	12	APARAFUSAR 5X, RODAR 90°, APARAFUSAR 2X, RODAR 90°, FOTO 11	39	23.4		
	13	ABRIR MÁSCARA E COLOCAR CONJUNTO NO POSTO SEGUINTE, FOTO 12	7	4.2		
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
Total			121	72.6		39



Realizado por: [REDACTED]  
 Verificado por: [REDACTED]  
 Aprovado por: [REDACTED]  
 Data: 14-02-2019  
 Função: [REDACTED]  
 Nome: Flávio Costa

Figura 54: IT da montagem final do produto C (posto 3)

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 14/2/2019

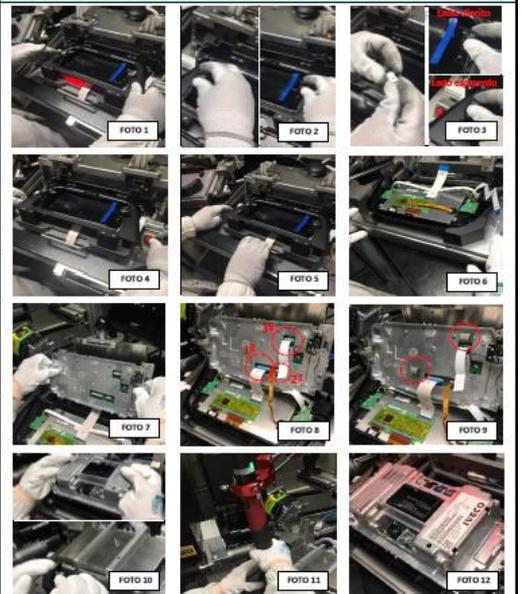
Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 14/2/2019

Page 1 de 3

Processo / Modelo: [REDACTED] FAP4  
 Lugar: 4  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE  
 NO FINAL DO TURNO, DEIXAR O LUGAR ORGANIZADO E LIMPAR COM AS TOALHITAS COM ÁLCOOL

No. Item	Seq. O	Elemento	Element Time			
			Min	Max	Min	Max
		Mód. Encastre Antena M3x6 M3x6				
	1	PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 1	4	2.4		
	2	PEGAR NAS "KNOB" E ENCAIXAR NO LADO DIREITO E ESQUERDO DO CONJUNTO, FOTO 2	6	4.8		
	3	ENCAIXAR CAP NA SWITCH PAD E COLOCAR NOS DOIS LADOS DO CONJUNTO, FOTO 3	18	10.8		
	4	PRESSIONAR BOTÕES VERMELHOS PARA TESTAR, FOTO 4	2	1.2		
	5	FECHAR GAVETA PARA FRENGAR E VOLTAR A ABRIR, FOTO 5	9	5.4		
	6	COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO SEGUINTE E FAZER TESTE DE VISÃO, FOTO 6	6	3.6		
	7	PEGAR NO CONJUNTO CASE E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 7	4	2.4		
	8	CONNECTAR 3 CABOS PELA ORDEM INDICADA, FOTO 8	12	7.2		
	9	COLAR DUAS ESPONJAS E FAZER TESTE DE VISÃO, FOTO 9	8	4.8		
	10	ENCAIXAR A CASE NO DISPLAY E FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO, FOTO 10	8	4.8		
	11	APARAFUSAR 5X, FOTO 11	30	18.0		
	12	ABRIR MÁSCARA, COLAR ETIQUETA E COLOCAR NO POSTO SEGUINTE, FOTO 12	11	6.6		
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
Total			120	72		



Realizado por: [REDACTED]  
 Verificado por: [REDACTED]  
 Aprovado por: [REDACTED]  
 Data: 14-02-2019  
 Função: [REDACTED]  
 Nome: Flávio Costa

Figura 55: IT da montagem final do produto C (posto 4)



# ANEXO V - PRODUTO M: ATUALIZAÇÃO DE ITS

APTIV ELECTRONICS & SAFETY BRAG WI 1120.00.53 Ver: 02

**Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho**

Effective Date: / Data Efectiva: 07/03/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 06/03/2019 Page 1 de 3

---

Processo / Modelo: AUDI.MIB3.CBA.SUB-ASSEMBLY  
 Lugar: 1  
 Ref. Doc.: \_\_\_\_\_  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas importantes:**

SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEQUINTE

NO FINAL DO TURNO, DEIXAR O LUGAR ORGANIZADO E LIMPAR COM AS TOALHITAS COM ALCÓOL

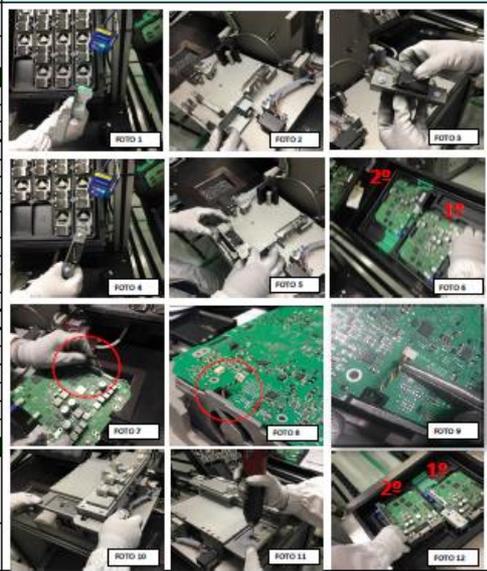
Seq. Item	Elemento	Element Time			
		Inicio	Final	Temp. Teor.	Temp. Real
1	PEGAR BACKPLATE E LER CÓDIGO, FOTO 1	4	2.4		
2	COLOCAR BACKPLATE NO DISPOSITIVO, FOTO 2	3	1.8		
3	ENCAIXAR VENTONINHA NO DISSIPADOR, FOTO 3	8	4.8		
4	LER CÓDIGO DO DISSIPADOR, FOTO 4	3	1.8		
5	COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 5	3	1.8		
6	PEGAR NA PLACA, FOTO 6	3	1.8		
7	RETRAIR A PROTEÇÃO DO CONECTOR, FOTO 7	3	1.8		
8	LER A PLACA E COLOCÁ-LA NO DISPOSITIVO DEIXANDO O CABO DA VENTONINHA POR FORA, FOTO 8	7	4.2		
9	COM O AUXÍLIO DA PINÇA APROXIMAR O CABO A ZONA DO ENCAIXE E DEPOIS PRESSIONAR COM O DEDO PARA ENCAIXAR, FOTO 9	8	4.8		
10	FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO, FOTO 10	3	1.8		
11	APARAFUSAR 2X, FOTO 11	10	6.0		
12	ABRIR MÁSCARA, RETRAIR PLACA E COLOCAR NO TABULEIRO, FOTO 12	6	3.6		
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
<b>Totais</b>		<b>61</b>	<b>36.6</b>		

Data: 07-03-2019 Verificado por: Aprovado por:

Função: IE

Nome: Flávio Costa

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)



APTIV ELECTRONICS & SAFETY BRAG WI 1120.00.53 Ver: 02

**Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho**

Effective Date: / Data Efectiva: 7/3/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 06/3/2019 Page 2 de 3

---

Processo / Modelo: AUDI.MIB3.CBA.SUB-ASSEMBLY  
 Lugar: 1  
 Ref. Doc.: \_\_\_\_\_  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas importantes:**

SE PASSAR MANIFESTO DEVE SER COLOCADO NA MATRIZ DE MATERIAL "DE ACORDO COM O MANIFESTO". CASO NÃO PASSE MANIFESTO DEVE SER PREENCHIDO A MATRIZ.

MATRIZ DE MATERIAL			
TASK ID	DESIGNAÇÃO	Nº DESENHO	APARELHO
	CONFORME MANIFESTO		

MATRIZ DE DISPOSITIVOS			
TASK ID	DESIGNAÇÃO	Nº DISPOSITIVO	APARELHO
A11	DISP-MIB3-10.00	10.00	MIB3

REGISTO DE REVISÕES:			
REVISÃO	DESCRIÇÃO	REALIZADO POR	DATA
01	Edição Inicial		
02	Aprovação	Flávio Costa	07/03/2019

Data: 07-03-2019 Verificado por: Aprovado por:

Função: IE

Nome: Flávio Costa

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)



Figura 56: IT do posto sub-assembly do produto M

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 12-04-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 12-04-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: [REDACTED] F.A.P6  
 Lugar: POSTO 6  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Ordem	Elemento	Elemento Time			
		Min	Max	Min	Max
1	PEGA APARELHO DO CARRINHO	2	1,2		
2	COLOCA APARELHO NO DISPOSITIVO FOTO 1	3	1,8		
3	COLOCA O FOIL NO APARELHO FOTO 2	5	3,0		
4	CARREGA NOS 2 BOTÕES PARA TESTAR FOTO 3	2	1,2		
5	COLOCA A BLENDA NO APARELHO CASO O SOFTWARE INDIQUE FOTO 4	4	2,4		
6	CARREGA NOS 2 BOTÕES PARA TESTAR FOTO 5	2	1,2		
9	RETIRAR O APARELHO DO DISPOSITIVO	2	1,2		
10	COLOCAR A PROTEÇÃO MOST CASO O APARELHO TENHA FOTO 6	4	2,4		
11	PASSAR PARA O POSTO SEGUINTE	2	1,2		
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
Total		26	15,6		

Realizado por: [REDACTED] Verificado por: [REDACTED] Aprovado por: [REDACTED]  
 Data: 04-12-2018  
 Função: IE  
 Nome: Flavio Costa

Figura 57: IT da montagem final do produto M (posto 6)

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 12-04-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 12-04-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: [REDACTED] F.A.FT  
 Lugar: FT  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas Importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Ordem	Elemento	Elemento Time			
		Min	Max	Min	Max
1	RETIRAR APARELHO DO CARRINHO FOTO 1	2	1,2		
2	COLOCA O APARELHO NO FUNCIONAL TEST FOTO 2	6	3,6		
3	RETIRA O APARELHO DO FUNCIONAL TEST	6	3,6		
4	COLOCA O APARELHO NO POSTO SEGUINTE, SE DER "PASS"	2	1,2		
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12	<b>NOTA:</b> CASO O APARELHO NÃO PASSE NO TESTE, A OPERADORA MARCA O MESMO NA TELA X DO ECRÃ TÁCTIL COLOCANDO O APARELHO PARA A ANÁLISE.				
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
Total		16	9,6		

Realizado por: [REDACTED] Verificado por: [REDACTED] Aprovado por: [REDACTED]  
 Data: 04-12-2018  
 Função: IE  
 Nome: Flavio Costa

Figura 58: IT do posto funcional test do produto M

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 12-04-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 12-04-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: **FA Packing**  
 Lugar: **Embalagem**  
 Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

**Notas importantes:**  
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Seq. Item	Seq. O	Elemento	Element Time			
			Min	Standard Min	Max Time	Min Time
		Mão Esquerda				
		Amboas Mãos				
		Mão Direita				
	1	PEGA NO APARELHO	2	1,2		
	2	EFETUA LEITURA DO APARELHO FOTO 1	3	1,8		
	3	COLOCA NA CAIXA FOTO 2	3	1,8		
	4	APÓS LEITURA DE 6 APARELHOS É GERADA UMA ETIQUETA - COLOCAR NA CAIXA	5	3,0		
	5	NO CASO DE CAIXA INCOMPLETA, COLA ETIQUETA NA CAIXA E COLOCA NO RACK DE INCOMPLETOS	5	3,0		
	6					
	7	<b>PROCEDIMENTO DE CAIXA INCOMPLETA:</b>				
	8	1- IR BUSCAR CAIXA À POSIÇÃO ASSINALADA NO RACK DE CAIXAS INCOMPLETAS				
	9					
	10	2- FAZER A LEITURA DA ETIQUETA INTERMÉDIA DA CAIXA QUE FOI BUSCAR AO RACK				
	11					
	12	3- INICIAR O PROCESSO DE EMBALAGEM NORMAL				
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
		<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>10,8</b>		

Realizado por: \_\_\_\_\_ Verificado por: \_\_\_\_\_ Aprovado por: \_\_\_\_\_  
 Data: 04-12-2018  
 Função: IC  
 Nome: Fábio Costa

QUANDO APLICÁVEL, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DOC. DOCUMENT CONTROL CENTRE




INserir fotos nos espaços designados: FOTO 1, FOTO 2, FOTO 3, FOTO 4, FOTO 5, FOTO 6.

Figura 59: IT do posto packing do produto M