



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Miguel de Carvalho Pereira Pinto

Implementação de um novo processo
produtivo adequado à introdução
faseada de múltiplos produtos



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

José Miguel de Carvalho Pereira Pinto

Implementação de um novo processo
produtivo adequado à introdução
faseada de múltiplos produtos

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

DECLARAÇÃO

Nome: José Miguel de Carvalho Pereira Pinto

Endereço electrónico: jmcpp26@gmail.com Telefone: 915985255

Número do Bilhete de Identidade: 13316669

Título da dissertação: Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

Orientador: Professor Doutor Francisco Moreira

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais e irmão pela paciência e apoio. Sem eles nada seria possível.

Aos meus tios pelo suporte e estabilidade que me ofereceram ao longo destes anos de estudo.

Agradeço ao Professor Doutor Francisco Moreira pela orientação ao longo do projecto e a todos os docentes do curso de MIEGI pelo conhecimento e experiência transmitidas ao longo de todo o meu percurso académico.

Agradeço à Dora Enes, Jorge Oliveira, André Seara, João Araújo, João Pereira, José Pinto, Daniela Pereira e Sérgio Costa, pela orientação, apoio e amizade demonstrados durante o meu tempo de estágio. Pela fonte de conhecimento que foram, pela motivação que me transmitiram diariamente e pela confiança que depositaram no meu trabalho.

Agradeço à Renata Carvalho e a todos os colaboradores da Delphi Automotive Systems- Portugal S.A. pela forma calorosa com que me receberam e me integraram no seu meio.

Por fim, gostaria de agradecer à Cristiana por todo o apoio e motivação que me transmitiu. Sem o seu contributo não seria possível a realização desta dissertação.

RESUMO

A realização desta dissertação está integrada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.

O projecto foi desenvolvido na Delphi Automotive Systems – Portugal, S.A. em Braga e teve como principal foco a implementação de uma nova linha de produção para a montagem final de um novo produto e a posterior integração de um modelo diferente.

É apresentado um enquadramento teórico no qual se abordam os principais conceitos e ferramentas da filosofia *Lean*, nomeadamente a sua origem e bases de sustentação e técnicas como o trabalho normalizado, gestão visual, *poka-yoke*, entre outros. São também abordados os indicadores de desempenho utilizados para medir o comportamento do sistema em análise.

Foi analisado o produto a implementar, definindo todas as suas características. Foram realizadas experiências de produção, denominadas por pré-séries, sendo em cada uma destacados os pontos críticos e possibilidades de falha. Com recurso à filosofia *Lean* foram avançadas soluções para os problemas encontrados, balanceando conteúdos de trabalho, aplicando a gestão visual, a metodologia SMED e implementando sistemas anti erro e de auxílio à produção com o intuito de otimizar a eficiência e desempenho da linha.

Depois de integrado o novo produto na linha de montagem implementada foram calculados os *Takt Times* a respeitar e a capacidade necessária para satisfazer as quantidades requeridas para os próximos 5 anos, apresentando também a utilização da linha para tais volumes com o objectivo de facilitar o trabalho do departamento de planeamento da produção.

PALAVRAS-CHAVE

Projecto de linha de produção, *Lean Production*, *Error Proofing*, Capacidade Produtiva

ABSTRACT

This work is integrated as part of the Minho University's Integrated Master's degree in Industrial Engineering and Management.

The project was developed in Delphi Automotive Systems – Portugal, S.A. in Braga and its main focus was the implementation of a new production line for the final assembly of a new product, and then, the introduction of a diferente model.

A theoretical framework was conducted on the Key concepts and tools of Lean production philosophy, including its origin and supporting pillars, and techniques such as standart work, visual management, error proofing, among others. Performance indicators, used to measure the behavior of the system under review were also applied.

The product to be implemented was analyzed and all its features defined. Production experiences were performed, called production pre series. In each one critical points and failure possibilities were highlited and analyzed. Based on Lean production philosophy, solutions to the problems encoutered were advanced, balancing work contents, using visual management, SMED methodology and implementing error proofing and assembly aid systems, in order to optimize the efficiency and performance of the line.

Once the new product was integrated on the assembly line the Takt times and required capacity to meet the required amounts for the next 5 years were estimated. The utilization of the line is presented as well in order to facilitate the work of the production planning department.

KEYWORDS

Projection of a production line, Lean Production, Error Proofing, Production Capacity

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objectivos	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 Toyota Production System	5
2.2 Lean production	7
2.2.1 Princípios Lean.....	8
2.3 Tipos de desperdício	9
2.3.1 Excesso de produção.....	10
2.3.2 Esperas.....	10
2.3.3 Transportes	11
2.3.4 Desperdício do próprio processo.....	11
2.3.5 Inventário	11
2.3.6 Movimentações	11
2.3.7 Defeitos.....	12
2.3.8 O oitavo desperdício	12
2.4 Ferramentas Lean	12
2.4.1 Plan, Do, Check and Act o ciclo PDCA.....	13
2.4.2 Os “ Five Whys”	13
2.4.3 Gestão Visual.....	14
2.4.4 Os Cinco S (5S)	14
2.4.5 Mecanismos Poke-Yoke	15
2.4.6 Standard Work.....	15
2.4.7 SMED / Quick Changeover	16

2.5	Tempo de Ciclo e Takt Time	17
2.6	Indicadores de Desempenho	18
2.6.1	Taxa de Produção.....	18
2.6.2	Produtividade	19
2.6.3	Eficiência.....	19
2.6.4	Índice de Planura	19
2.6.5	First Time Quality (FTQ)	20
2.6.6	Eficácia Operacional	20
2.6.7	Capacidade Produtiva	20
3	Enquadramento da empresa	23
3.1	Breve história da Delphi	23
3.2	Caracterização geográfica do grupo Delphi em Portugal	23
3.3	Produtos e principais clientes	25
3.4	Missão/ Visão/ Valores	26
3.5	Políticas da empresa	26
3.6	Fluxo de produção.....	27
3.7	Planeamento e Controlo da Produção	32
4	Desenvolvimento de um novo produto	35
4.1	Introdução ao Projecto	35
4.1.1	O Novo Produto	35
4.2	Desenvolvimento do Projecto.....	36
4.3	Processo Produtivo.....	37
4.4	Montagem Final	39
4.5	Lista de Materiais.....	40
4.6	Conteúdo de Trabalho	41
4.7	Análise das Pré-séries	42
4.8	Defeitos, Falhas e Oportunidades de melhoria	45
4.9	Implementação de melhorias	50
4.10	Abastecimento	55
4.11	Verificação de resultados após implementação de melhorias.....	58

4.11.1	Eliminação do Bottleneck.....	60
4.12	Força Laboral.....	62
4.13	Trabalho Normalizado	63
5	Integração do produto “Y”	65
5.1	Processo Produtivo.....	66
5.2	Lista de Materiais.....	66
5.3	Abastecimento	66
5.4	Dispositivos Error-Proofing.....	67
5.5	Análise das Pré-Series	67
5.6	Changeovers.....	68
6	Desempenho do Sistema.....	71
6.1	Tempos improdutivos	72
6.2	Cálculo do Takt Time.....	74
6.3	Capacidade Produtiva.....	75
7	Conclusão.....	77
7.1	Trabalho Futuro	78
	Referências Bibliográficas.....	79
	Anexo 1- Layout Do Sistema Produtivo Do Edifício 1.....	84
	Anexo 2- Percurso Dos Componentes Dentro Do Sistema Produtivo.....	85
	Anexo 3- Work Combination Table.....	87
	Anexo 4- Estudo Dos Tempos.....	88
	Anexo 5- Dispositivos Anti Erro Do Produto “X”	96
	Anexo 6- Trabalho Normalizado.....	98
	Anexo 7- Análise De Tempos Improdutivos.....	105
	Anexo 8- Calculo Do Takt Time.....	107
	Anexo 9- Calculo De Capacidades.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Casa do TPS (baseado em Liker, 2004).....	6
Figura 2- Principios Lean (Baseado em Womack & Jones, 1990).....	8
Figura 3- Os sete desperdícios de Ohno (Baseado em Russel e Taylor III, 2003).....	10
Figura 4- Ciclo PDCA	13
Figura 5- Five Why's.....	14
Figura 6 - Localização do grupo Delphi em Portugal	24
Figura 7- Complexo Industrial da Delphi braga (Baseado em google earth).....	25
Figura 8 - Produtos produzidos pela Delphi braga.....	26
Figura 9 - Secção de injeção	27
Figura 10 - Secção Montagem Final Edifício 2	28
Figura 11- Secção Surface Mount Technology	29
Figura 12 - Secção Sticklead.....	30
Figura 13 – a) Linha de montagem de antenas; b) Célula de módulos.....	31
Figura 14 - Linha de Montagem Final e testes	31
Figura 15- Planeamento da produção da Delphi Braga	32
Figura 16- Produto "X"	36
Figura 17- Sequência de produção do cover, botões e housing no edifício 2	38
Figura 18- Sequência de produção da Placa Principal, IR e Keyboard	39
Figura 19 - Sequencia de produção do produto “X” na montagem final	39
Figura 20- Sistema visual para o aparafusamento	51
Figura 21- Sistemas anti erro para flex cables	52
Figura 22 - Dispositivos anti erro montagem final produto "X"	53
Figura 23- Programa de auxilio à montagem	53
Figura 24- Leitura do QRC	54
Figura 25 - Bases entre postos de trabalho	54
Figura 26- Mockup Parts Presentation Posto 4	55
Figura 27 – a) Caixa display; b) Caixa placa principal; c) Recipiente para parafusos.....	56
Figura 28 – a) Recipientes flex cables; b) Caixa IRs.....	56
Figura 29 - Caixa Keyboard e Caixa Cover	56
Figura 30- Caixa de keybords e covers	57
Figura 31- Caixa dos botões e caixa das sockets	57

Figura 32- Gestão Visual Rampas Abastecimento	58
Figura 33- Layout antes da mudança	61
Figura 34- Layout depois da mudança	61
Figura 35- Produto "Y"	65
Figura 36- Diagrama Ishikawa, causas de tempo improdutivo	72
Figura 37- Layout sistema produtivo do edifício 1	84
Figura 39- Percurso da cover e botões do sistema produtivo no edifício 2	85
Figura 38- Percurso housing no sistema produtivo do edifício 2	85
Figura 40- Percurso da placa principal no sistema produtivo no edifício 1	86
Figura 41- Percurso da Keyboard e IR no sistema produtivo no edifício 1	86
Figura 42- Versão inicial da Work Combination Table.....	87
Figura 43- Dispositivo anti erro do posto 1	96
Figura 44- Dispositivo anti erro posto 2	96
Figura 45- Dispositivo anti erro do posto 3	97
Figura 46- Dispositivo anti erro do posto 4	97
Figura 47- Instruções de trabalho montagem final posto 1 produto "X"	98
Figura 48- Instruções de trabalho montagem final posto 2 produto "X"	98
Figura 49- Instruções de trabalho montagem final posto 3 produto "X"	98
Figura 50- Instruções de trabalho montagem final posto 4 produto "X"	98
Figura 51- Instrução de trabalho montagem final posto fita + teste visual produto "X"	98
Figura 52- Instrução de trabalho montagem final posto teste funcional	98
Figura 53- Instrução de trabalho montagem final posto CMI	98

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1- Lista de materiais, produto "x".....	40
Tabela 2-Conteúdo Trabalho Posto 1.....	41
Tabela 3- Conteúdo Trabalho Posto 2	41
Tabela 4- Conteúdo Trabalho Posto 3	42
Tabela 5- Conteúdo Trabalho Posto 4	42
Tabela 6- TC em segundos das três primeiras pré séries.....	43
Tabela 7- TC em segundos Pré Série 1,2 e 3, sem os postos dos testes	44
Tabela 8- TC em segundos da 4ª e 5ª pré série	44
Tabela 9- TC em segundos da 4ª e 5ª pré série, sem os postos dos teste.....	44
Tabela 10- Defeitos verificados.....	45
Tabela 11-FMEA simplificada posto 2.....	46
Tabela 12- FMEA simplificada posto 2.....	47
Tabela 13- FMEA simplificada posto 3.....	48
Tabela 14- FMEA Simplificado posto 4	49
Tabela 15- FMEA Simplificado posto fita.....	49
Tabela 16- FMEA simplificado aparafusamento	50
Tabela 17- Tempo de ciclo em segundos	59
Tabela 18- Tempo de ciclo em segundos	59
Tabela 19- Tempos de saída da montagem final em segundos	60
Tabela 20- Tempo de ciclo em segundos	62
Tabela 21 - Número de colaboradores por posto, antes e depois da mudança	62
Tabela 22- Tempo de ciclo em segundos	68
Tabela 23 - Indicadores de desempenho por mês	71
Tabela 24 - Média de tempos improdutivos por dia	73
Tabela 25 - Volumes de vendas por ano.....	74
Tabela 26- Análise do Tak Time	74
Tabela 27- Análise capacidade produtiva.....	75
Tabela 28- TC em segundos da 1ª pré série do produto "X"	88
Tabela 29- TC em segundos da 2ª pré série do produto "X".....	89
Tabela 30- TC em segundos da 3ª pré série do produto "X"	90
Tabela 31- TC em segundos da 4ª pré série do produto "X"	91

Tabela 32- TC em segundos da 5ª pré série do produto "X"	92
Tabela 33- TC em segundos da 6ª pré série do produto "X"	93
Tabela 34- TC em segundos depois da mudança para o posto do teste visual + fita	94
Tabela 35- TC em segundos antes da mudança para o posto do teste visual + fita.....	94
Tabela 36- TC em segundos 1ª pré série do produto "Y"	95
Tabela 37- - Causas das paragens do mês de Agosto	98
Tabela 38- - Causas das paragens do mês de Julho	98
Tabela 39- Causas das paragens do mês de Junho	98
Tabela 40- Causas das paragens do mês de Maio	98
Tabela 41- - Causas das paragens do mês de Setembro.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AVI - Automated Vision Inspection

FIS - Factory Information System

FTQ - First Time Quality

IT - Instruções de Trabalho

JIT - Just in Time

LP - Lean Production

OE - Operation Effectiveness

PDCA - Plan-Do-Check-Act

PCB - Printed Circuit Board

QRC - Quick Response Code

SMED - Single Minute Exchange of Dies

SMT - Surface Mount Technology

TT - Takt Time

TC - Tempo de Ciclo

THT - Throught Hold Technology

TPS - Toyota Production System

TPM - Total Preventive Maintenance

VSM – Value Stream Mapping

WIP - Work-in-Process

1 Introdução

Este documento regista um projecto de dissertação de mestrado realizado na Delphi Automotive Systems-Portugal, S.A., no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Nesta secção é apresentado o enquadramento do projecto e seus objectivos. É ainda descrita a metodologia de investigação usada e a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

Flexibilidade é definida por (Upton, 1994) como “ a capacidade de mudar ou reagir com o mínimo de penalizações, no tempo, esforço, custo ou performance”. Flexibilidade produtiva, traduz-se assim na quantidade e variedade de produtos que são introduzidos numa linha de produção sem haver perdas de desempenho (Koste & Malhotra, 1999).

A constante evolução tecnológica no mercado mundial conduz à inovação, ao surgimento de novos produtos com oferta de novas características alterando constantemente as preferências dos consumidores. As organizações têm que ser flexíveis, sendo capazes de extinguir a produção de produtos obsoletos e introduzir novos produtos com funcionalidades capazes de responder aos requisitos de um mercado cada vez mais exigente.

O projecto retratado neste documento foi realizado na Delphi Automotive Systems – Portugal, S.A. e tem o objectivo de implementar o processo produtivo para um novo produto e posterior integração, na linha de montagem final criada, de um outro.

Devido à evolução do mercado automóvel, a Delphi Braga encontra-se numa fase de transição. Os produtos que manufactura estão a caminho da obsolescência, sendo os volumes de produção cada vez menores até à extinção completa do produto. Assim a Delphi está a trabalhar no sentido de modernizar a panóplia de produtos. Para tal é necessário a criação de novas linhas de produção capacitadas para executar os conteúdos de trabalho requeridos e que ofereçam flexibilidade para a introdução, sem entraves, de novos produtos.

Sendo este o primeiro produto deste género na Delphi Braga o processo de construção da linha servirá como base para a implementação e adaptação das outras a implementar. Foi realizada uma análise profunda das características do novo produto e com a experiência e *know how* da Delphi Braga foram melhorados certos aspectos do produto. Com base na filosofia de produção Lean foram realizadas pré séries produtivas com a introdução e implementação de melhorias até se atingir o objectivo de encontrar um método de trabalho óptimo que oferecesse uma cadência de produção viável.

Depois de implementada a linha de montagem final, procedeu-se à introdução do 2º produto na produção em série.

Com o objectivo de averiguar a capacidade do sistema produtivo elaborado de responder à procura prevista, analisou-se a capacidade oferecida pela linha de produção. Assim, utilizaram-se os indicadores de

desempenho da Delphi para analisar a eficiência do sistema e averiguar o seu grau de utilização com o objectivo de oferecer melhores guias para o planeamento de produção e possibilidade de introdução de novos produtos.

1.2 Objectivos

O propósito desta dissertação de mestrado incide na implementação de uma nova linha de produção para um novo produto com vista a uma elevada produtividade, garantindo a flexibilidade da linha para a introdução de um outro novo produto.

Os principais objectivos passam por definir e implementar o processo produtivo; analisá-lo identificando situações de erro e potencialidades de falha, suas causas e efeitos, encontrar soluções, implementá-las sem nunca deixar de ter uma óptica de melhoria contínua.

Depois da implementação do segundo produto na linha tem-se como foco a análise de capacidade e desempenho da linha com o intuito de averiguar a possibilidade de introduzir novos produtos e facilitar o planeamento de produção.

Pretende-se que o processo de implementação deste novo processo produtivo sirva como base para a criação de outros processos semelhantes.

1.3 Metodologia de investigação

Para o sucesso do projecto e para que este esteja bem estruturado e compreensível é necessário definir a metodologia de investigação a utilizar. A definição da metodologia de investigação cria uma base para a organização dos passos a tomar com vista ao cumprimento dos objectivos propostos.

Neste projecto são utilizadas duas filosofias de investigação, a metodologia Investigação-Acção, *Action-research*, e a metodologia “caso de estudo”, *case study*.

A metodologia *Action- Research*, traduz-se numa investigação activa. O investigador não funciona como um mero observador, intervém e participa nas actividades em estudo. Esta metodologia promove o envolvimento de todos os intervenientes no projecto e é adequada a situações que exijam flexibilidade (Coughlan & Coughlan, 2002).

A metodologia comporta várias fases de investigação ligadas num ciclo contínuo. Inicialmente identifica-se e analisa-se o problema, são sugeridos planos de acção dos quais apenas um é seleccionado e implementado. É então feita uma nova análise para se averiguar o impacto das acções tomadas entrando numa nova fase de diagnóstico voltando a iniciar o ciclo até que o problema seja resolvido. A Investigação-Acção promove assim a mudança dentro da organização respondendo a perguntas do tipo “como?” (Coughlan & Coughlan, 2002).

O projecto é também abordado do ponto de vista da metodologia de investigação *Case Study*, que servirá de guia para outros projectos. Descrevendo ao detalhe o conhecimento dos produtos e processos em questão e respondendo a perguntas do tipo “porquê?”, “o quê?” e “como?” (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

Estas metodologias de investigação focam-se na resolução de problemas reais e promovem novas hipóteses e teorias, enquadrando-se perfeitamente no conceito deste projecto (Saunders et al., 2009).

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação de mestrado está estruturada em sete capítulos e uma secção dirigida aos anexos. No primeiro capítulo, Introdução, é feito o enquadramento do projecto, são definidos os objectivos a atingir, são definidas as metodologias de investigação a utilizar e é ainda descrita a estrutura deste documento.

O segundo capítulo engloba a revisão da literatura, o estado da arte, fornecendo um enquadramento teórico dos temas a ser abordados. É apresentada a origem e princípios da filosofia *Lean* e do *Toyota Production System*. São também abordadas várias ferramentas como o trabalho normalizado, *poka-yoke*, *SMED*, gestão visual, ciclo PDCA, entre outros. São ainda apresentados alguns indicadores de desempenho utilizados.

O terceiro capítulo destina-se à identificação da empresa onde o projecto foi realizado. É apresentada a organização em questão e são descritos o seu sistema produtivo e a sua metodologia para o planeamento da produção.

No quarto capítulo introduz-se o projecto, com a descrição do produto a implementar e tarefas necessárias para o fazer. São analisados todos os aspectos necessários à manufactura do produto como sequência produtiva, conteúdo de trabalho, lista de materiais, entre outros. Neste mesmo capítulo é feita uma análise crítica às pré-series realizadas com identificação de falhas e defeitos. São implementadas melhorias e verificados os seus resultados.

No capítulo cinco introduz-se o segundo produto a implementar sendo realizada uma análise aos resultados da implementação

No sexto capítulo realiza-se uma análise ao desempenho da linha já com os dois produtos, abordando-se conceitos como o *Takt time* e capacidade produtiva.

O capítulo sete diz respeito à conclusão do trabalho desenvolvido e ao possível trabalho futuro.

Os anexos destinam-se à apresentação de material adicional relativa ao projecto.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica dos tópicos que suportam este projecto, nomeadamente, os conceitos e princípios base bem como algumas ferramentas da filosofia de produção *Lean*. São também retratados os métodos de cálculo e significado de indicadores de desempenho utilizados para a análise da performance do sistema produtivo.

Nos dias de hoje, num mercado global e extremamente competitivo, as organizações enfrentam dois principais desafios: o surgimento e constante evolução de novas filosofias e métodos de produção, que tornam os existentes obsoletos; e a mudança de atitude por parte do cliente que se está a tornar cada vez mais exigente na qualidade, inovação, preço e tempo de espera de um determinado produto ou serviço (Holweg, 2007; Jasti & Kodali, 2015). A satisfação do cliente é actualmente considerada um factor chave para o sucesso das organizações. De acordo com Jasti & Kodali, (2015), para sobreviverem num ambiente tão competitivo e imprevisível as organizações tem de ser rápidas e flexíveis para atingirem um elevado grau de satisfação por parte do cliente. É um requerimento ao sucesso empresarial que as organizações sejam capazes de se reconfigurarem com o menor desperdício possível em resposta a alterações no mercado ou ao surgimento de novas oportunidades (Al-Tahat & Jalham, 2015).

O termo “*Lean*”, introduzido por John Krafcik em 1988 foi popularizado na obra “ *The machine that changed the world*”. Publicado em 1990 por uma equipa de investigadores, liderada por James Womack após um estudo de 5 anos (1986-1990) da indústria automóvel. Esta obra divulgou pelas indústrias do Ocidente, os conceitos aplicados no *Toyota Production System* (TPS) e tornou-se numa das referências mais citadas na investigação de gestão empresarial (Holweg, 2007).

2.1 Toyota Production System

O *Toyota Production System* teve origem no Japão na década de 40, numa economia e indústria devastadas pela crise inerente à segunda Guerra Mundial onde os dirigentes da Toyota desafiaram as ideias ocidentais de produção em massa (Holweg, 2007).

O “Fordismo” assentava as suas ideias no aumento da produtividade, produzindo em larga escala mas descurando a variabilidade e qualidade dos seus produtos. Os fabricantes Japoneses conseguiram perceber que para vingarem no mercado teriam de se distanciar deste tipo de abordagem (Holweg, 2007).

Taiichi Ohno, um engenheiro mecânico com experiência na indústria têxtil, juntou-se à divisão de produção automóvel da Toyota em 1943. Sem experiência nesta área, facto que segundo Jayaram, Das, & Nicolae, (2010) foi instrumental para o desenvolvimento de uma filosofia inovadora, Taiichi Ohno, analisou os sistemas de produção ocidentais encontrando duas principais falhas: a produção em grandes lotes que incorria em elevados custos de inventário, ocupação de espaço e aumento do número de defeitos; o facto de a filosofia de produção instalada ser incapaz de ir de encontro às preferências do cliente, oferecendo um muito reduzido grau de variedade de produtos (Holweg, 2007). Auxiliado por Shigeo Shingo, consultor de qualidade, famoso

pelo seu trabalho sobre a metodologia *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), Taiichi Ohno desenvolveu o *Toyota Production System* (TPS) (Emiliani, 2006).

O principal foco de Taiichi Ohno foi reduzir os custos eliminando todo o tipo de desperdícios (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977), esta abordagem surge da sua experiência com o tear automático criado pelo fundador da Toyota, Sakichi Toyoda, que parava automaticamente quando surgia algum problema reduzindo o desperdício de material e de tempo-máquina (Emiliani, 2006). Este conceito é apelidado de “*Jidoka*” que se traduz em automação e além de reduzir os desperdícios ajuda no aumento da qualidade do produto. Para além deste conceito Ohno baseia-se em outro pilar para a construção do TPS: o *Just In Time* (JIT), um sistema cujo objectivo consiste em produzir apenas o necessário no momento exacto, através de Lead Times (LT) curtos, reduzindo assim a necessidade de *stocks* (Sugimori et al., 1977). Para desenvolver este conceito, Ohno baseou-se nas ideias de Kiichiro Toyoda, filho do fundador da companhia (Emiliani, 2006).

O TPS surge normalmente representado como um edifício, “ a casa do TPS” (Figura 1), em que os seus conceitos são apresentados como funções bem determinadas mas completamente ligados entre si trazendo robustez ao sistema, que é apenas tão forte quanto o seu elemento mais fraco (Liker & Morgan, 2006), uma casa só é coesa com todos os seus elementos estruturais (Liker, 2004; Pinto, 2009).

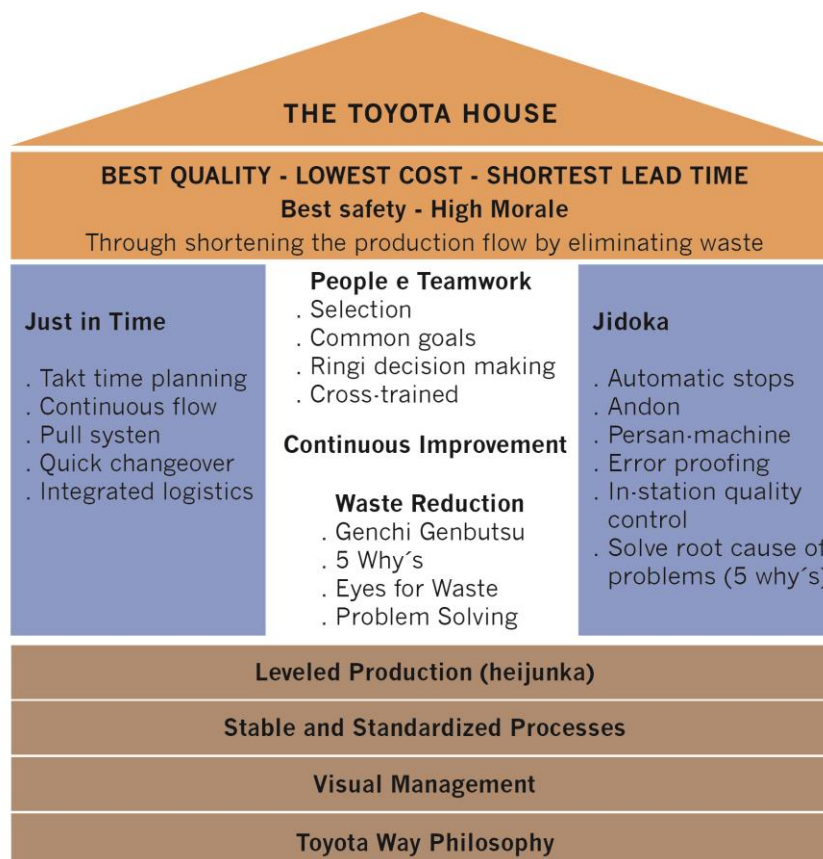


Figura 1- Casa do TPS (baseado em Liker, 2004)

Existem várias versões da casa do TPS mas todas elas assentam nos mesmos princípios fulcrais (Liker., 2004). Os conceitos de qualidade, menor custo possível e menor *lead-time*, a maior segurança, moral e motivação constituem o telhado da casa e são tidos como as metas a atingir (Pinto, 2009).

Os dois pilares são os conceitos fundamentais do TPS, já referidos anteriormente. O *Just In Time* (JIT) traduz se na redução de *stocks*, produzindo apenas aquilo que é necessário na altura certa (Liker, 2004). Esta filosofia de produção é denominada de “*Pull Production*” pois o produto é “puxado” pelo cliente, isto é, o sistema apenas responde à procura, permitindo assim a eliminação de desperdício (Gong, Wang, & Lai, 2009). O outro pilar é constituído pelo *Jidoka* que, apesar de se poder traduzir o conceito como “automação” engloba também processos manuais em que, no lugar da máquina, é o operador que pára o processo à detecção de um problema ou defeito para que a fonte deste possa ser resolvida e não seja acrescentado valor a mais nenhuma unidade defeituosa (Berk & Toy, 2009).

O suporte de uma casa assenta nos seus alicerces, na casa do TPS pode-se encontrar na base a filosofia Toyota que engloba os conceitos de gestão visual, normalização, estabilidade e fiabilidade dos processos, assim como o da produção nivelada, *Heijunka*, que através do nivelamento quer da quantidade quer da variedade permite ao sistema reagir a variações na procura (Liker, 2004).

A casa do TPS “abriga” a força de trabalho, segundo Pinto, (2009) o sucesso deste sistema está na aplicação continuada destas ferramenta fruto de um elevado conhecimento dos colaboradores, da sua satisfação, trabalho em equipa, liderança e mentalidade de melhoria continua.

2.2 Lean production

Como já foi referido anteriormente, depois do sucesso da Toyota que através do TPS conseguiu sair de uma situação de falência transformando-se num dos líderes do mercado automóvel (Womack, Jones, & Roos, 1990), os conceitos do TPS, apelidados de *Lean Production* foram dados a conhecer ao mundo ocidental na obra “*The machine that changed the world*” de James Womack em 1990 (Holweg, 2007).

O termo “*Lean*” tem vindo a evoluir constantemente, passando de um conjunto de técnicas, para uma filosofia de gestão não exclusiva à indústria do sector automóvel, sendo agora aplicada em praticamente todo o tipo de negócios e actividades (Hines, Holwe, & Rich, 2004).

A produção *Lean* é uma filosofia que procura trazer o máximo de valor para o cliente enquanto identifica e minimiza todo o tipo de desperdício ao longo do processo produtivo, tornando as organizações mais flexíveis e competitivas (Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013; Hu, 2013). Implementado numa filosofia de melhoria continua, a produção *Lean* oferece às organizações ferramentas para sobreviverem num mercado global, extremamente competitivo e cada vez mais exigente (Alves & Alves, 2015).

2.2.1 Princípios Lean

Os princípios *Lean* (Figura 2), desenvolvidos por Womack & Jones, são, segundo Alves & Alves, (2015), uma série de passos necessários à correcta implementação da filosofia *Lean*, criando uma estrutura de base para a introdução da metodologia.

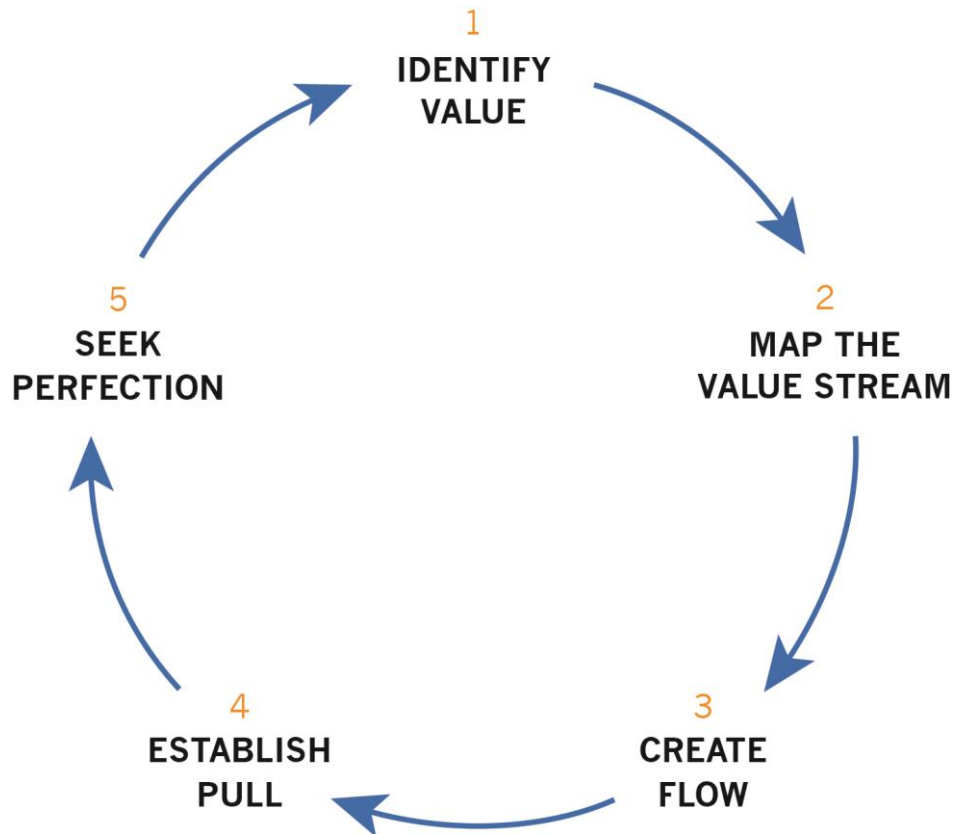


Figura 2- Princípios Lean (Baseado em Womack & Jones, 1990)

O primeiro princípio *Lean* apresentado por Womack passa pela definição de valor do ponto de vista do cliente (Womack et al., 1990). Segundo Liker & Morgan, (2006), o cliente é o ponto de partida para qualquer processo, assim é essencial identificar o que o cliente realmente pretende, identificando os atributos e especificações pelas quais este estará disposto a pagar e eliminando características supérfluas (Panwar, Nepal, Jain, & Rathore, 2015; Womack et al., 1990).

Depois de se identificar aquilo que o cliente quer e necessita, é necessário analisar detalhadamente, todos os processos inerentes ao sistema, identificando as actividades que acrescentam valor para o cliente e as que são desnecessárias (Alves & Alves, 2015). De acordo com Womack & Jones, (2003) existem três tipos de actividades: as actividades que acrescentam valor; actividades que não acrescentam valor mas são necessárias; e actividades que não acrescentam valor e são dispensáveis ao processo. Assim, as actividades classificadas como necessárias mas que não acrescentam valor, tais como o controlo de qualidade e a manutenção dos

equipamentos, devem ser alvo de um constante processo de optimização. As actividades que são dispensáveis devem ser eliminadas por completo (Al-Tahat & Jalham, 2015; Pattanaik & Sharma, 2009).

A produção *Lean* requer a eliminação do desperdício com o intuito de levar o produto ou serviço o mais rápido possível ao cliente (Liker & Morgan, 2006). Através da redução do *work-in-process* (WIP), do inventário e da eliminação de *bottlenecks*, as organizações conseguem obter um fluxo de produção contínuo, que reduz os *Lead Times* e as torna mais flexíveis a variações na procura (Shah & Ward, 2003).

A implementação da *Pull Production*, ou produção puxada, é fundamental para o funcionamento da filosofia *lean*. O sistema de produção *Pull* consiste em que cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permitir, assim a produção só é desencadeada quando há um pedido de um cliente (Pinto, 2009). Isto é conseguido com recurso à produção *Just in Time*, que visa produzir apenas aquilo que é necessário na altura certa traduzindo-se numa redução de *stocks* e da força de trabalho e consequente aumento da produtividade e redução dos custos (Afonso & Alves, 2009).

O último princípio *Lean* reside na melhoria contínua e na procura pela perfeição. De acordo com Pinto, (2009), os interesses, expectativas e necessidades de todas as partes encontram-se em constante evolução. Ouvindo a voz do cliente e actuando rapidamente para satisfazer as suas necessidades as organizações conseguem melhorar continuamente em busca da perfeição.

2.3 Tipos de desperdício

Como já foi referido anteriormente, a redução dos desperdícios é um ponto fulcral da filosofia *Lean*. Ohno, (1988) define desperdício como todos os elementos de produção que só aumentem os custos sem agregar valor, isto é, todas as actividades que não acrescentem valor ao produto, na perspectiva do cliente, mas que sejam realizadas dentro do processo de produção. É então necessário definir o que é que o cliente percebe como valor e identificar as actividades que contribuem para esse objectivo (Womack & Jones, 2003).

Pinto, (2009) diz que o primeiro passo a tomar para as organizações combaterem o desperdício, é a identificação e a classificação das suas diferentes formas. Para isso, define dois tipos de desperdício: o puro desperdício, actividades completamente desnecessárias que chega a representar 65% de todo o desperdício de uma organização e que deve ser completamente eliminado; o desperdício necessário, que consiste nas actividades que não acrescentam valor ao produto ou serviço, mas que são indispensáveis à produção como por exemplo o controlo de qualidade, realização de *setups*, etc. Este tipo de desperdício deve ser reduzido ao máximo dentro da organização.

Existem várias maneiras de classificar os desperdícios, sendo a mais conhecida apelidada de “*seven wastes*”, os sete desperdícios de Ohno. Identificados por Shigeo Shingo e Taiichi Ohno aquando do desenvolvimento do TPS (Pinto, 2009).

Todos os tipos de desperdício estão interligados entre si, isto é, cada tipo de desperdício gera, de forma directa ou indirecta, outros tipos de desperdícios e é da mesma maneira influenciado por eles. Por exemplo, o

excesso de produção pode conduzir a um transporte desnecessário e a um aumento dos níveis de *stock* (Ortiz, 2006). Assim na tentativa de minimizar desperdícios é necessária uma abordagem global, percebendo as ligações entre os vários tipos de desperdício (Rawabdeh, 2005).

Os sete tipos de desperdício identificados por Taiichi Ohno (Figura 3) são descritos a seguir:



Figura 3- Os sete desperdícios de Ohno (Baseado em Russel e Taylor III, 2003)

2.3.1 Excesso de produção

A sobreprodução é considerada, entre os 7 desperdícios, como o mais penalizante para as organizações (Ohno, 1988; Rawabdeh, 2005). De acordo com Pinto, (2009) o excesso de produção é o exacto oposto da produção JIT, produzir o desnecessário traduz-se no consumo de material e energia sem que haja retorno financeiro, numa ocupação supérflua de recursos e num aumento de *stocks*. Esta filosofia de produção é apelidada de “*Just in Case*” (JIC) e traduz se pela antecipação da produção na expectativa de uma venda antecipada, é também caracterizada pela produção em grandes lotes, com o intuito de rentabilizar custos de *setup* e custos de posse de materiais (Ohno, 1988). Para minimizar este tipo de desperdício é, segundo Pinto, (2009), essencial a implementação de um sistema de produção *Pull*, nivelando a produção em lotes mais pequenos e flexíveis.

2.3.2 Esperas

Este tipo de desperdício refere-se ao tempo em que os recursos, sejam eles pessoas ou equipamentos, estão sem produzir enquanto esperam por algo (Pinto, 2009). A obstrução do fluxo de produção, por exemplo, uma avaria, defeitos de qualidade ou mesmo um acidente; a falta de material ou capacidade e os elevados tempos de *changeover* são as principais causas de esperas, aumentando o *Lead Time* dos produtos e interrompendo o fluxo de produção (Monden, 1993).

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

Pinto, (2009) defende que para se eliminar a inactividade se deve melhorar o planeamento da produção reduzindo tempos de *setup* e *changeover*, nivelar a produção e optar por um *layout* específico por produto quando possível.

2.3.3 Transportes

Qualquer transporte de materiais, semiacabados ou em produto final, consiste na actividade que não acrescenta valor ao produto mas que por vezes é essencial e imprescindível (Ortiz, 2015). Estes transportes acrescem os custos e os tempos de fabrico e aumentam o risco de acidentes e danificação dos produtos. Na impossibilidade de os eliminar totalmente, o fluxo de transportes deve ser otimizado, encurtando distâncias através de correcções no *layout* e optando por sistemas de transportes mais flexíveis (Pinto, 2009).

2.3.4 Desperdício do próprio processo

Este tipo de desperdício diz respeito a operações e processos desnecessários, que não acrescentem valor ao produto, no ponto de vista do cliente. O sobre-processamento ou processamento incorrecto pode traduzir-se num aumento de defeitos, e incorre em desperdícios de tempo, material e mão-de-obra. A optimização de processos, formação dos colaboradores e autonomização são maneiras de combater processamentos incorrectos (Pinto, 2009).

Processos demasiado complexos com equipamentos pouco flexíveis incentivam à sobreprodução como uma tentativa de compensação, conduzindo a desperdícios e transportes completamente desnecessários. É necessário estabelecer processos simples com equipamentos o mais pequenos possível, capazes de garantir a qualidade necessária ao produto e um fluxo contínuo (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013).

2.3.5 Inventário

Pinto, (2009) considera os *Stocks* como “a mãe de todos os males”. Os *stocks* traduzem-se na presença de materiais, semi-acabados ou produtos finais, retidos por tempo indeterminado, dentro ou fora da fábrica. Elevados níveis de inventário originam custos adicionais, previnem a rápida identificação de problemas, ocupam espaço desnecessariamente e correm o risco de deterioração (Rawabdeh, 2005; Wahab et al., 2013). Organizações com uma filosofia JIC têm tendência para criar um elevado nível de *stock* através da antecipação da produção, defeitos e avarias. Para combater os elevados níveis de *stock* é então necessário implementar uma produção puxada, melhorar a qualidade dos processos, planear a produção de modo a ser possível manter um fluxo estável e contínuo (Pinto, 2009).

2.3.6 Movimentações

Este tipo de desperdício está relacionado com a fraca ergonomia da produção, onde os operadores têm de fazer movimentos desnecessários e evitáveis. Estas estão normalmente relacionadas com problemas de *layout*, actividades relacionadas com a procura de materiais e ferramentas e conteúdos de trabalho não normalizados. As movimentações são uma actividade de valor não acrescentado que aumentam o Lead time dos

produtos, incorrendo numa baixa produtividade, e conduzem a problemas de qualidade. Para resolver este problema é necessário otimizar o *layout*, ter conteúdos de trabalho bem definidos e implementar a gestão visual (Ortiz, 2006; Rawabdeh, 2005).

2.3.7 Defeitos

Os defeitos consistem em erros que ocorrem na produção fazendo com que os produtos não correspondam aos padrões da organização. A presença destes defeitos não só incorre no desperdício de materiais e recursos como pode causar a falha no cumprimento de prazos, faltas de material para além do aumento do Lead time dos produtos (Rawabdeh, 2005). A estes, estão também associados os custos de inspecção, de resposta as queixas dos clientes e de retrabalho ou sucata. Este tipo de desperdício pode conduzir a sobreprodução, na tentativa de compensar os produtos que não correspondem aos padrões, transportes e esperas desnecessários, bem como ao aumento dos níveis de Stock, aumentando assim os custos de produção.

Para diminuir o número de defeitos é essencial normalizar processos, implementar dispositivos anti-erro, incentivar a produção em fluxo contínuo e, quando possível, automatizar determinadas actividades (Pinto, 2009).

2.3.8 O oitavo desperdício

Com a evolução dos tempos e o desenvolvimento da filosofia de produção Lean, muitos autores completam a classificação dos 7 desperdícios de Ohno acrescentando um oitavo: a não utilização, em pleno, das capacidades dos trabalhadores (Ortiz, 2006).

A não utilização das capacidades mentais e criatividade dos trabalhadores, bem como a alocação incorrecta dos mesmos, não utilizando todo o seu potencial resulta em perdas de tempo, no desperdício de recursos e em perdas de oportunidades de melhoria e aprendizagem (Wahab et al., 2013).

2.4 Ferramentas Lean

A filosofia de produção *Lean*, como já foi referido previamente, tem como foco a maximização do valor através de uma constante redução do desperdício e de uma mentalidade de melhoria contínua (Alves & Alves, 2015). Para tal, apoia-se num conjunto de ferramentas cujo objectivo é a simplificação, optimização e normalização dos processos, identificação e remoção de tarefas, recursos e materiais que não acrescentem valor aos produtos e serviços (Pinto, 2009).

Existe um elevado número de técnicas, métodos e ferramentas associados à filosofia Lean, desenvolvidas para diferentes propósitos, estão quase sempre interligadas. É necessária uma profunda compreensão das ferramentas e da sua área de aplicação. A utilização da ferramenta errada para resolver um problema pode resultar no desperdício de tempo e dinheiro, bem como na desconfiança do funcionamento da filosofia Lean (Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003).

Nesta secção são apresentadas as principais ferramentas *Lean* utilizadas neste projecto.

2.4.1 Plan, Do, Check and Act o ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan- Do- Check- Act*) (Figura 4) também conhecido como o ciclo de Demming, é uma filosofia criada por Walter Shewhart nos anos 30 e popularizada por W. E. Demming, a partir de 1950, como o ciclo da melhoria contínua (Pinto, 2009). É um modelo de resolução de problemas no contexto do controlo de qualidade e é aplicável a todo o tipo de problemas e áreas (Matsuo & Nakahara, 2013).

É uma filosofia que visa a melhoria contínua, através de uma sequência simples com 4 passos: planejar (*Plan*), fazer (*Do*), verificar (*check*) e ajustar (*Act*).

O primeiro passo desta ferramenta de qualidade é o “*Plan*”, em que se deve definir objectivamente o problema, recolhendo toda a informação possível sobre o mesmo. Esta fase caracteriza-se pela utilização de ferramentas como os “5 whys”, para identificar causas-raiz do problema, e do brainstorming para a formulação de hipóteses de resolução. A segunda etapa, apelidada de “*Do*”, passa por testar as hipóteses formuladas anteriormente, utilizando o método científico, e reunindo dados através da observação directa. Na fase “*check*” é necessário comparar os resultados com o planeado, perceber aquilo que correu bem e aquilo que correu mal enfrentado os factos. Por fim, é preciso tomar acções correctivas, retirar ilações dos resultados, observar a actual condição e definir novas metas rumo à situação ideal para recomençar de novo o ciclo (Pinto, 2009; Van Scyoc, 2008).



Figura 4- Ciclo PDCA

2.4.2 Os “Five Whys”

A análise dos “cinco porquês” (*five whys*) é uma metodologia, usada num prisma de melhoria contínua, tem como objectivo identificar as causas-raiz de um determinado problema (Dombrowski & Mielke, 2013). De acordo com Pinto, (2009) o número de vezes em que se interroga o “porquê” está relacionado com a dimensão

do problema, assim para problemas simples pode apenas ser necessário perguntar três ou quatro vezes “porquê”, enquanto para problemas mais profundos pode ser preciso exceder as cinco interrogações. As organizações devem resolver os seus problemas esmiuçando as suas verdadeiras causas para impedir que estes ocorram novamente. Na Figura 5 é possível visualizar a aplicação da metodologia para um simples problema do quotidiano.



Figura 5- Five Why's

2.4.3 Gestão Visual

Também referida como Controlo Visual, a gestão visual é um processo que torna as coisas visíveis, lógicas e intuitivas. Através do controlo visual é facilmente perceptível, para todos, aquilo que está a ser produzido, como está a ser produzido, e se vai de encontro com o planeado (Al-Tahat & Jalham, 2015; Pinto, 2009). A informação deve ser o mais simples possível para que todas as pessoas consigam rapidamente e sem hesitações, a informação necessária. A gestão visual pode e deve ser aplicada a todos os níveis das organizações e não apenas no *Shopfloor*. Pode aparecer das mais variadas maneiras como cartões *Kanban*, semáforos, etiquetas, roupas de diferentes cores, quadros *andon*, entre outros. A aplicação da gestão visual resulta num local de trabalho mais facilmente monitorizado através de indicadores claros, simples e intuitivos que transmitem informação crucial sem ser necessário pronunciar uma palavra (Gwendolyn, 1997).

Como já foi referido, as ferramentas *Lean* estão interligadas e são por vezes complementares, neste sentido, as práticas dos “5S” são um enorme contributo para a implementação do Controlo Visual (Pinto, 2009).

2.4.4 Os Cinco S (5S)

Os 5S são um conjunto de práticas simples que visam a redução do desperdício e a optimização do desempenho de pessoas, recursos e processos através da manutenção de condições óptimas nos locais de trabalho. Estes devem ser ordenados, arrumados, organizados e livres de qualquer foco de desperdício (Pinto, 2009). Esta ferramenta é assim conhecida devido às cinco palavras japoneses que denominam os seus princípios:

1. *Seiri* (organização): Identifica tudo aquilo que não é necessário, separa o útil do inútil;
2. *Seiton* (arrumação): Cada coisa no seu lugar, identifica ferramentas e os seus respectivos lugares. Facilita o acesso a ferramentas de uso frequente;
3. *Seiso* (limpeza): Limpa e mantém os locais de trabalho limpos;

4. *Seiketsu* (normalização): Define normas e estandardiza as boas práticas;
5. *Shitsuke* (autodisciplina): Compromisso pessoal com as práticas dos 5S, elimina a variabilidade, estabelecendo procedimentos de controlo visual.

2.4.5 Mecanismos Poke-Yoke

Poke-Yoke é um termo japonês que se traduz em “ sistema à prova de erro” e é também denominado por *Error Proofing*, pode ser aplicado a processos ou serviços em todos os tipos de organizações (Pinto, 2009). Shigeo Shingo foi o primeiro a aplicar esta abordagem, e define-a como um sistema que impede a ocorrência de defeitos ou que os detecta e interrompe a processo evitando que este se propague pelo sistema (Hodge, Ross, Joines, & Thoney, 2011). Este tipo de ferramentas é utilizado em todo o tipo de tarefas, desde actividades industriais, a situações do quotidiano.

Os dispositivos *error-proofing* podem, então, ser considerados como dispositivos de prevenção ou de detecção/aviso. Os dispositivos de prevenção param o processo aquando da detecção de um defeito, para que este seja imediatamente corrigido. Os sistemas de detecção emitem alertas, através de sinais sonoros ou luminosos, informando os colaboradores para a ocorrência de um defeito (Shingo, 1986; Van Scyoc, 2008). Segundo Pinto, (2009) os *poke-yoke* de prevenção podem ser ainda divididos em três categorias: Controlo, em que uma acção autocorrigue o problema; Paragem, um sistema que para o processo ou equipamento na presença de condições de erro; Factores humanos, são utilizados sons, cores, formas, símbolos e *checklists* para simplificar processos e evitar a ocorrência de erros Van Scyoc, (2008), defende que as organizações devem dar prioridade à implementação de dispositivos anti-erro de prevenção.

A base da ferramenta *Poke-Yoke* é que os defeitos e anomalias ocorrem devido ao erro dos colaboradores. Assim, um factor crítico na implementação de dispositivos *error-proofing* é a necessidade de um conhecimento profundo do processo, actividade ou função identificando pontos de potencial erro humano (Van Scyoc, 2008).

De acordo com Shingo, (1986), existem três métodos de funcionamento de dispositivos anti-erro. O *contact-method*, em que através do contacto, ou da sua ausência, entre o produto e o dispositivo se verifica a existência de defeitos. O *fixed-value-method*, onde se confere se um numero de movimentos, previamente definido, foi realizado. O *motion-step-method* também referido como *sequence-method*, onde é verificado se a sequência de tarefas foi efectuada correctamente.

Um dos pilares da casa do TPS, *Jidoka*, está estritamente ligado com a utilização de dispositivos *poke-yoke* para garantir que produtos que não correspondam aos padrões não transitem dos postos de trabalho ou equipamentos onde estão a ser produzidos propagando os defeitos pelo sistema (Pinto, 2009).

2.4.6 Standard Work

A normalização dos processos é um dos aspectos mais importantes da produção *Lean*. A uniformização do conteúdo de trabalho implica que todos façam do mesmo modo, utilizando as mesmas ferramentas,

executando os mesmos passos e seguindo a mesma sequência com o intuito de eliminar a variabilidade dos processos e produtos (Pinto, 2009).

O *standardized work*, ou trabalho normalizado, é, segundo Hodge et al.,(2011) a maneira mais fácil, segura e eficiente, que se conhece no momento, de realizar uma determinada tarefa. No entanto, o seu principal objectivo é fornecer uma base para a melhoria contínua no desempenho dessa função. Assim Pinto, (2009) adapta o ciclo “PDCA”, abordado anteriormente, ao trabalho normalizado trocando o “P” de *plan* pelo “S” de *standardized*, formando o ciclo “SDCA”. O ciclo da normalização parte, então, de um processo uniformizado com o intuito de melhorar o desempenho das tarefas e estandardizar as práticas que levaram a essa melhoria.

O trabalho normalizado, reduzindo a variabilidade, traz consistência aos produtos e processos e é aplicável a qualquer tipo de tarefa. Deve ser registado em documentos simples e de fácil leitura que possuam três elementos básicos: o tempo de ciclo; a sequência de produção; o nível de WIP (Monden, 1993; Pinto, 2009).

O tempo de ciclo, *standardised cycle time*, diz respeito ao tempo necessário para que cada etapa do processo seja concluída. A determinação deste tempo de ciclo é uma fase crucial para a normalização do trabalho. Caso a produção exceda o tempo definido, o sistema vai incorrer em esperas. Por outro lado, se produzir abaixo do *standardised cycle time* a organização pode entrar em sobreprodução e criar elevados níveis de inventário, dois dos desperdícios de Ohno (Monden, 1993).

A sequência de produção é a ordem, que otimiza o processo, pela qual se devem efectuar as operações que resultam na realização de uma tarefa. É assim possível garantir que não há grandes flutuações no tempo de ciclo devido à aleatoriedade na sequência da execução de tarefas (Pinto, 2009).

Work In Process consiste em todo o material que esteja à espera para terminar o processo. O nível de WIP, diz respeito à quantidade de material necessário para garantir a fluidez das operações e manter um fluxo contínuo no process (Pinto, 2009).

De acordo Liker, (2004), é fundamental, para a implementação do *standardized work* que os padrões de trabalho estejam bem definidos, com tarefas e normas claras e específicas. O autor defende ainda, que sendo os colaboradores as pessoas com mais conhecimento e informação do processo e da realização das tarefas, devem ser estes a identificar e implementar, melhorias no método de trabalho.

2.4.7 SMED / Quick Changeover

O *Single Minute Exchange of Dies*, também conhecido por *Quick Changeover*, consiste num conjunto de técnicas e procedimentos que permite a realização das operações de *setup* de equipamentos e processos em menos de dez minutos (Shingo, 1985).

O processo de *setup* ou *changeover* diz respeito a todas as actividades necessárias à mudança da produção de um determinado produto para outro produto diferente, até ser atingido um determinado ritmo de produção com a qualidade desejada (Costa et al., 2013).

Van Goubergen & Van Landeghem, (2002), defendem que as principais razões e vantagens para redução de tempos de *changeover* se podem dividir em três grupos: 1) Flexibilidade, devido a elevada customização dos produtos e à pequena quantidade requerida, as organizações têm de ser flexíveis para satisfazerem os seus clientes; 2) Estragulamentos, mais conhecidos como *bottlenecks*, eliminando e reduzindo *setups* é possível maximizar a capacidade produtiva dos sistemas e evitar o aparecimento de estrangulamentos; 3) Redução de custos; com tempos de *setup* reduzidos os equipamentos param durante menos tempo, sendo melhor aproveitados e minimizando assim os custos de produção.

Para implementar a metodologia SMED, é necessário um conhecimento detalhado de todas as actividades constituintes do processo de *changeover* em que se esta a actuar (Costa et al., 2013; McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007).

O primeiro passo desta técnica passa por identificar as actividades do processo *de setup* em questão e classificá-las como internas ou externas. Shingo, (1985) define *setups* internos como aqueles que requerem a paragem do equipamento para a sua realização, *setups* externos não necessitam a paragem da produção.

Na segunda fase, o objectivo passa por converter o máximo de *setups* internos em *setups* externos. Preparando as condições de *setup* atempadamente, recorrendo ao auxílio de *jigs*, normalizando os processos de *changeover* é possível minimizar o número e o tempo gasto em *setups* internos, maximizando assim a capacidade dos equipamentos (McIntosh et al., 2007).

A última etapa da metodologia SMED consiste numa análise de melhoria a cada operação básica de *setup* interno e externo, num prisma de melhoria contínua com o objectivo de melhorar os processos e reduzir ainda mais os tempos gastos com operações de *changeover* (Costa et al., 2013).

2.5 Tempo de Ciclo e Takt Time

O Tempo de Ciclo (TC) refere-se ao intervalo de tempo entre duas peças consecutivas e é definido pelo tempo da operação mais demorada da sequência de fabrico desse produto. Assim, o Tempo de Ciclo faculta informação sobre de quanto em quanto tempo, o sistema produtivo, é capaz de fornecer um produto (Pinto, 2009).

O *Takt Time* (TT), é uma métrica da filosofia de produção *Lean* e, traduz-se na frequência de produção ideal para o nível de procura do mercado. O *Takt Time* sincroniza o ritmo de produção com o ritmo das vendas, isto é, fornece a informação sobre de quanto em quanto tempo um cliente necessita de um produto final (Deif & ElMaraghy, 2014; Monden, 1993). O *Takt Time* pode ser calculado através da seguinte equação (1).

$$(1) \quad TT = \frac{\text{Tempo diário trabalho}}{\text{Procura diaria}}$$

Para se ser mais preciso, foram criadas novas vertentes deste indicador tendo em conta o tempo gasto em paragens planeadas da produção, o TT Planeado, e ainda tempos improdutivos não planeados, o TT Útil, que reflecte todo o tipo de paragens na produção, sejam elas planeadas ou não. O TT Planeado e o TT Útil podem ser calculados recorrendo às equações (2) e (3) (Carvalho, 2006).

$$(2) \text{ TT Planeado} = \frac{\text{Tempo planeado de produção diária}}{\text{Procura diária}}$$

$$(3) \text{ TT Útil} = \frac{\text{Tempo real de produção diária}}{\text{Procura diária}}$$

O TT útil representa então, quando realmente o mercado necessita de um produto. Assim, para se produzir a um ritmo ideal, o tempo de ciclo deve ser igual ao TT Útil. Desta maneira as organizações são capazes de cumprir prazos evitando desperdícios de sobreprodução e inventários (Liker, 2004). Para se produzir ao ritmo do TT, Deif & ElMaraghy, (2014) defendem que se devem aplicar métodos de *setups/changeover* rápidos e eficientes, deve ser implementada uma filosofia *Just-In-Time* e ter níveis de capacidade ajustáveis.

2.6 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho, frequentemente referidos como *key performance indicators* (KPI), consistem em métricas que caracterizam o estado de um processo ou sistema, verificando se os objectivos do mesmo estão a ser cumpridos (Hronec, 1994). A análise destes indicadores de desempenho permite uma tomada de decisões baseada em factos e dados concretos assim como a redefinição de metas e objectivos. É então fulcral para uma boa gestão operacional, as organizações terem métricas pelas quais possam medir o seu desempenho e usar como fundamento para a tomada de decisões (Pinto, 2009).

2.6.1 Taxa de Produção

A taxa de produção é um indicador de desempenho que representa a cadência com que um determinado recurso é processado. Esta métrica fornece, então, informação sobre a velocidade com que um equipamento, posto de trabalho, linha ou célula de produção, processa os artigos. A cadência de produção pode ser calculada através da equação (4) que faz a relação entre o volume de produção e o tempo disponível para a mesma (Carvalho, 2006).

$$(4) \text{ Taxa de produção diária (uni./h)} = \frac{\text{Produção diária (unidades)}}{\text{Tempo disponível diário (h)}}$$

2.6.2 Produtividade

Sink & Tuttle, (1989) definem produtividade como “a relação entre a quantidade de *outputs*, de um determinado sistema, e os *inputs* introduzidos para gerar esses mesmos *outputs*”. Produtividade, pode então ser descrita, como uma medida de eficiência que traduz a razão entre o número de produtos obtidos e a quantidade de recursos utilizados. Sendo a mão-de-obra geralmente considerada o recurso mais valioso de uma organização, a produtividade é tipicamente expressa como o a razão entre a quantidade ou valor dos produtos e o tempo de mão-de-obra gasto para os produzir (Carvalho, 2006). A produtividade diária é obtida através da equação (5)

$$(5) \text{ Produtividade (uni./h.h.)} = \frac{\text{Produção diária (unidades)}}{\text{Tempo diario disponivel(h)} \times \text{N}^{\circ} \text{ de operadores}}$$

Uma simples comparação da produtividade de dois ou mais processos com tempos de ciclo diferentes, não traduz a realidade senão se tiver em conta o fator de equivalência, calculado com recurso a equação (6) (Carvalho,2003).

$$(6) \text{ Fator de equivalência} = \frac{\text{Maior Tempo de Ciclo}}{\text{Menor Tempo de Ciclo}}$$

2.6.3 Eficiência

A *Line Efficiency* avalia a capacidade de uma linha ou sistema em alcançar objectivos, reflectindo, em forma de percentagem, a utilização de uma linha de produção (Ponnambalam, Aravindan, & Naidu, 1999). A eficiência do sistema está directamente relacionada com o Tempo de Ciclo e com o número de postos de trabalho, podendo ser calculada a partir da equação (7).

$$(7) \text{ Eficiência Sistema (\%)} = \frac{\sum \text{TC de cada posto de trabalho}}{\text{TC sistema} \times \text{N}^{\circ} \text{ de postos de trabalho}}$$

2.6.4 Índice de Planura

O índice de planura é um indicador que reflecte a divisão do conteúdo de trabalho pelos vários postos de trabalho de uma linha de produção. Na situação ideal o índice de planura, ou *Smoothness Index*, deve ter um valor de zero, indicando que o balanceamento é óptimo, tendo todos os postos o mesmo tempo de processamento (Delphi, 2013). O índice de planura pode ser obtido através da equação (8).

$$(8) \text{ Índice de Planura} = \sqrt{\sum (TC \text{ cada posto de trabalho} - TC \text{ sistema})^2}$$

2.6.5 First Time Quality (FTQ)

Li, Blumenfeld, & Marin, (2008) definem o *First Time Quality* como a percentagem de produtos dentro dos padrões de qualidade, processados uma só vez. Ou seja, a percentagem de “produtos bem feitos à primeira”. No entanto, a Delphi utiliza este indicador de maneira contrária, considerando que o FTQ representa o ratio de artigos não conformes depois de processados uma vez, “produtos não conformes à primeira”(Delphi, 2013). A Delphi calcula o *First Time Quality* através da equação (8).

$$(9) \text{ First Time Quality (\%)} = \frac{\text{Produtos não conforme (uni)}}{\text{Total de Produção (uni)}} \times 100$$

2.6.6 Eficácia Operacional

A Eficácia Operacional (OE) é um indicador utilizado na Delphi para quantificar o cumprimento dos objetivos de produção. A OE traduz-se na eficácia do sistema, relacionando o tempo esperado para produzir uma determinada quantidade de um certo produto, com o tempo real de produção. O tempo esperado de produção resulta da multiplicação do tempo de ciclo do produto em causa, pelo número de produtos que se deseja produzir. Quando o OE toma o valor de 100%, significa que não ocorreram imprevistos na produção e que o tempo real de processamento é igual ao TC. A OE pode ser calculada através da equação (10) (Delphi, 2013).

$$(10) \text{ OE(\%)} = \frac{\text{TC (seg)} * \text{N}^{\circ} \text{ produtos(uni)}}{\text{Tempo real (seg)}} \times 100$$

2.6.7 Capacidade Produtiva

Capacidade é definida por Andersson & Bellgran, (2015), simplesmente, como “ a quantidade de produtos que um sistema é capaz de produzir por unidade de tempo”. Este indicador representa então o potencial produtivo que a organização dispõe, isto é, o volume ideal de produção de produtos/serviços que uma empresa pode realizar (Staudt, Coelho, & Gonçalves, 2011).

O bom conhecimento capacidade produtiva tem grande importância na tomada de decisões de uma organização, por exemplo numa decisão de investimento devido a um aumento da procura (Staudt et al., 2011).

Vários autores como Peinado & Graeml, (2007) e Staudt et al., (2011) definem quatro tipos de capacidade:

- Capacidade Instalada, que representa o volume máximo que uma organização pode obter, sem perdas e trabalhando num regime *full time*, isto é, trabalhando continuamente 24 horas por dia;

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

- Capacidade Disponível, que diz respeito à quantidade produzida por um sistema produtivo durante uma jornada de trabalho, ou seja, tendo em conta o número de horas e turnos de trabalho. Pode ser calculada através da equação (11).

$$(11) \textit{ Capacidade Disponível} = N^{\circ} \frac{\textit{horas}}{\textit{turno}} * N^{\circ} \textit{ de} \frac{\textit{turnos}}{\textit{dia}} * 3600$$

- Capacidade Efectiva é calculada através da equação (12) e corresponde à Capacidade Disponível considerando as paragens planeadas do sistema como por exemplo os intervalos, períodos de limpeza, entre outros.

$$(12) \textit{ Capacidade Efectiva (seg)} = \textit{Capacidade Disponível} - \textit{Paragens Planeadas}$$

- Capacidade Realizada que aborda, também, as paragens não planeadas relacionando a Capacidade Efectiva com a Eficácia Operacional (OE) através da fórmula (13);

$$(13) \textit{ Capacidade Realizada (seg)} = \textit{Capacidade Disponível} * \textit{OE}$$

Para se averiguar o grau de utilização da capacidade de um sistema produtivo é necessário conhecer a Capacidade Esperada, que diz respeito ao tempo que teoricamente é necessário para produzir determinado volume de um certo produto. Através das equações (14) e (15) é possível calcular a capacidade esperada e taxa de utilização, respectivamente.

$$(14) \textit{ Capacidade Esperada (seg)} = \textit{TC produto} * \textit{volume de produção}$$

$$(15) \textit{ Utilização (\%)} = \frac{\textit{Capacidade Esperada}}{\textit{Capacidade Realizada}} * 100$$

3 Enquadramento da empresa

Neste capítulo apresenta-se a empresa onde é desenvolvido todo o projecto. Inicia-se com um breve historial da empresa, a caracterização geográfica da *Delphi Automotive System – Portugal S.A.*, seguindo-se a descrição dos principais produtos e dos principais clientes. Posteriormente, apresenta-se os valores da empresa, a sua missão, visão e as políticas usadas. Por fim, elabora-se a descrição do fluxo de produção e do planeamento e controlo desta.

3.1 Breve história da Delphi

Max Grundig, fundador da empresa eletrónica Grundig AG, em 1965 instalou uma filial em Braga onde a produção se centrava essencialmente na manufactura de transformadores. Ao longo dos anos, a gama de produtos do grupo Grundig aumentou, começando a produzir auto-rádios, televisores e telefones. Em 1990 a filial em Braga especializou-se exclusivamente na produção de auto-rádios.

Em 2003 a multinacional Delphi adquiriu a Grundig Car Intermedia System, passando assim a ser designada por Delphi Grundig. Mais tarde, em 2006 a empresa mudou definitivamente a sua designação comercial para *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A.*

Ao longo dos tempos, o portefólio de produtos de tecnologia móvel multimédia da empresa expandiu-se rapidamente, produzindo antenas, plataformas, entre outros.

O grupo Delphi encontra-se sub-dividido em cinco divisões: *Electronics & Safety, Electrical/Electronic Architecture, Powertrain Systems, Thermal Systems e Product & Service Solution.*

3.2 Caracterização geográfica do grupo Delphi em Portugal

O grupo Delphi é sediado em Troy Michigan, nos Estados Unidos, encontrando-se em mais de 30 países, empregando aproximadamente 160 mil pessoas e movimentando cerca de 12 mil milhões de euros por ano, sendo assim, considerado um dos maiores fornecedores de componentes para automóveis no mundo.

Em Portugal, a Delphi iniciou a sua actividade em 1981, possuindo quatro localizações, três fábricas de manufactura, localizadas em Braga, Castelo Branco e no Seixal, e um centro tecnológico localizado em Lumiar, Lisboa (Figura 6).

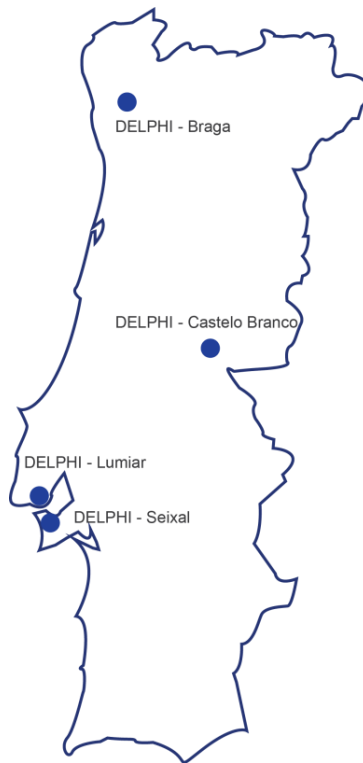


Figura 6 - Localização do grupo Delphi em Portugal

O projecto desenvolve-se na *Delphi automotive systems – Portugal S.A.* de Braga, inserida na divisão *Electronics & Safety*. Esta direcciona-se ao fabrico de auto rádios, para a indústria automóvel. Emprega actualmente cerca de 700 colaboradores, ocupando um espaço de instalação coberta de 17 000 m² numa área total de 30 000 m². Anualmente a empresa produz cerca de 6 milhões de unidades, exportando a totalidade da sua produção para os maiores fabricantes de automóveis, atingindo assim um volume de negócios superior a 200 milhões de euros.

Presentemente, o complexo industrial da Delphi detém 4 edifícios (Figura 7). O edifício 1 possui a maior parte dos serviços administrativos e o sector de produção de placas electrónicas para a produção de auto-rádios, antenas, entre outros, existe também uma parte destinada á armazenagem da matéria-prima. O edifício 2 destina-se à produção de artigos de plásticos e a armazenagem de produtos acabados. No edifício 3 armazena-se todo o material de embalagem. A maior parte dos escritórios da empresa encontram-se no edifício 4.



Figura 7- Complexo Industrial da Delphi braga (Baseado em google earth)

3.3 Produtos e principais clientes

A Delphi possui uma vasta gama de produtos de alta tecnologia com características específicas e de grande complexidade de fabrico, para assim, atingir os objectivos e satisfazer os seus clientes. A empresa centra-se na produção de auto rádios, sistemas de navegação, produtos de telemática, sistemas de recepção, componentes plásticos (moldação e acabamento) e placas electrónicas (montagem e soldadura de componentes em PCB's), (Figura 8). Os produtos com maiores quantidades são os sistemas de recepção, representando cerca de 65% de volume total, seguindo-se a produção dos auto rádios com 30% do volume de produção, sendo esta aquela com maior importância, gerando cerca de 80% das receitas da empresa.

Os clientes da Delphi são os principais fabricantes de automóveis de todo o mundo. Sendo os responsáveis pelo maior número de encomendas a Volkswagen Group, a General Motors, a BMW Group, a Fiat Chrysler Automobiles e a AB Volvo.



Figura 8 - Produtos produzidos pela Delphi braga

3.4 Missão/ Visão/ Valores

A Delphi tem como missão "Ser o líder global em sistemas para automóveis e similares. Trabalhar em conjunto com os fornecedores, e todas as partes interessadas para fornecer soluções de alto valor acrescentado aos nossos clientes e accionistas".

A visão define-se como " Ser reconhecido pelos nossos clientes como o seu melhor fornecedor".

Os 7 absolutos de excelência da Delphi são: Foco, no cliente; Objectivo de desempenho, fazer bem à primeira, sempre; Método, inovação e melhoria contínua; Controlo, feedback do cliente; Pessoas, tratar bem e com respeito; Modelo, trabalho em equipa; Recompensa, reconhecimento e segurança.

Os valores da Delphi baseiam-se na integridade, excelência, trabalho em equipa e prestação de contas.

3.5 Políticas da empresa

A Delphi rege-se por políticas de qualidade, de ambiente e higiene e segurança que são essenciais para um bom funcionamento de toda a empresa e constante desenvolvimento da mesma.

A política de qualidade destaca-se em exceder as expectativas dos clientes, focando-se na satisfação e entusiasmo dos clientes externos e internos, no reconhecimento dos colaboradores como a sua maior valia, tratando-os com respeito e promovendo o trabalho em equipa. A inovação e a melhoria contínua são o objectivo de todos os colaboradores. A empresa promove também a eliminação de desperdícios a todos os níveis, aceitando a mudança como uma oportunidade.

A política de ambiente empenha-se em proteger a saúde humana, e o ambiente em geral. Este compromisso vai para além do cumprimento da lei, abrangendo a integração de práticas ambientais na gestão diária. Esta política baseia-se na protecção dos recursos naturais, na prevenção da poluição e na gestão ambiental envolvendo todos os colaboradores da Delphi.

A política de higiene e segurança é para a Delphi, a política prioritária, defendendo que com a colaboração de todos, os acidentes podem ser prevenidos. Assume-se como prioridade o compromisso e protecção da saúde e segurança de cada colaborador. Implementando acções que visam ajudar os colaboradores a usufruir de um ambiente de trabalho saudável e livre de riscos de lesão.

3.6 Fluxo de produção

O fluxo de produção na Delphi Braga inicia-se com a recepção de matéria-prima, enviada pelos fornecedores, no armazém do edifício 2. Neste edifício são processados os componentes plásticos que, posteriormente são enviados para o edifício 1, responsável pela manufactura dos produtos finais.

Depois de processada a recepção de matéria-prima no armazém do edifício 2, esta é separada e enviada para os respectivos locais. Os componentes necessários à produção das partes plásticas permanecem no edifício 2, enquanto os outros são enviados para o edifício 1. Recentemente, a Delphi começou a receber os componentes electrónicos mais sensíveis directamente no edifício 1, para evitar riscos de deterioração com o transporte. Assim, a produção inicia-se simultaneamente nos dois edifícios.

O *shopfloor* do edifício 2 está dividido em 3 secções: Injecção, Pintura e Montagem Final. É na secção de injecção (Figura 9) que se inicia o processo produtivo. Estão instaladas nesta área 12 máquinas de injecção que processam a material plástico nos mais variados moldes. Estes equipamentos têm diferentes capacidades e 10 deles injectam apenas um tipo de material de cada vez, enquanto os restantes permitem a bi-injecção (injecção simultânea de dois materiais diferentes).



Figura 9 - Secção de injecção

Finalizada a injeção, as peças, maioritariamente blindas e botões, prosseguem para a secção de pintura. As peças conformadas são colocadas em tabuleiros próprios, *jigs*, que garantem a orientação correta do material a pintar. Procede-se, então, a uma limpeza e inspeção com o intuito de garantir que as peças estão de acordo com os padrões e que não existem impurezas ou pequenas sujidades que afectem a qualidade da pintura. Para o processo de pintura estão disponíveis duas máquinas de pintura automática que permitem a pintura simultânea de diferentes produtos.

Processada a pintura, os *jigs*, carregados com as peças, seguem directamente para as estufas, onde passam por um processo de cura, com temperaturas a rondar os 85 °C. Existem quatro equipamentos disponíveis e a cura tem como objectivo, garantir a aderência da tinta às superfícies plásticas. Os carros que transportam o *jigs* são, então, retirados das estufas de aquecimento para a zona de inspeção, onde é feito um controlo de qualidade a todas as peças para garantir que peças não conformes não cheguem à secção de montagem final.

A última fase de produção no edifício 2, comumente referido de “edifício dos plásticos”, é a montagem final (Figura 10). Estão instaladas duas linhas de produção onde se procede à montagem manual das blindas, botões e outras peças. É também nesta secção que se executam as operações de cravação a quente e gravação a *lazer*, inspeção final e processo de embalagem. O produto é então enviado para o armazém onde aguarda ordem de expedição para o edifício 1 ou directamente para o cliente final.



Figura 10 - Secção Montagem Final Edifício 2

No edifício 1, executa-se a montagem dos componentes electrónicos dos produtos e a montagem propriamente dita das antenas, sistemas de recepção, auto rádios e displays. A zona de produção está dividida em 3 áreas: Montagem Automática, THT e secção de Montagem Final.

A sequência produtiva, no edifício 1, inicia-se na secção de Montagem Automática (Figura 11). Esta área é também apelidada de SMT devido ao tipo de tecnologia utilizado nesta fase do processo produtivo, o

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

Surface Mount Technology. Este sector dispõe de 4 equipamentos de *Lazer Marking*, que imprimem códigos nas *Printed Circuit Board* (PCB). Estes códigos, denominados por *Quick Response Codes* (QR), permitem a rastreabilidade das operações de montagem durante todo o processo, o que permite uma mais fácil identificação das causas de potenciais defeitos. Em seguida, os *arrays de PCBs* (conjunto de *Printed Circuit Boards*) passam pela operação de inserção de componentes electrónicos, para isso, existem 12 linhas completamente automatizadas. Estas linhas são altamente flexíveis, isto é, são capazes de processar todo o tipo de diferentes PCBs sem a necessidade de muitos *setups* e a Delphi Braga possui ainda o espaço e o equipamento para instalar mais 4 linhas deste tipo caso seja necessário. À saída das linhas de SMT, as placas e os componentes passam por uma inspecção visual, com recurso a um equipamento *Automated Optical Inspection* (AOI). Os *arrays* de placas são então, agrupados em *containers* e transferidos para um supermercado intermédio.



Figura 11- Secção Surface Mount Technology

Na zona *Through Hole Technology* (THT), ou *Sticklead* (Figura 12), é feita a colocação manual de componentes nas placas de circuito impresso, que não são passíveis, por diversas razões, de inserção automática no sector de SMT.

Nesta fase do processo, os arrays de placas precisam de ser “singulados”, isto é, as placas necessitam de ser individualizadas. Para isso existem 3 equipamentos denominados por “singuladoras” disponíveis e uma extra caso existam problemas de capacidade. As placas são então, colocadas em tabuleiros e enviadas para as linhas de montagem manual de elementos.

A primeira operação nestas linhas consiste na leitura do código das PCBs, impresso na secção de SMT. As placas de circuito impresso são então colocadas em suportes de protecção, específicos a cada tipo de placa, apelidados de paletes. Existem dois postos por linha para a colocação manual de componentes. Em seguida o conjunto passa por um processo de *clinch*, que consiste numa fixação mecânica, e por um equipamento automático de soldadura por onda. Para este conjunto de operações estão instaladas 5 linhas de produção,

sendo que 3 delas utilizam equipamentos de solda *Lead-Free* (sem a utilização de chumbo). Devido a toxicidade deste material, para salvaguardar a saúde dos colaboradores, a Delphi Braga pretende substituir as restantes máquinas de solda por equipamentos *Lead-Free*. Antes de saírem das linhas de *Sticklead*, todas as placas são sujeitas a um controlo visual para garantir a sua conformidade.

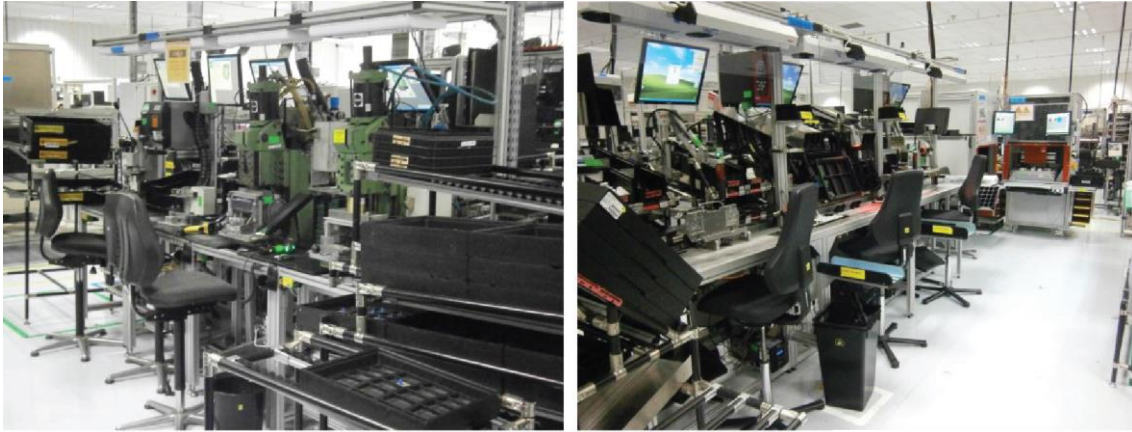


Figura 12 - Secção Sticklead

A operação seguinte consiste num controlo de qualidade aos circuitos e componentes colocados nas PCBs, realizado com recurso a equipamentos *In Circuit Test* (ICT), que testam as ligações, qualidade e o correto posicionamento dos componentes e circuitos.

Algumas placas necessitam, ainda, de ser associadas a outros componentes, para isso existem 4 células de *Sub-Assembly* junto aos ICTs que executam esta operação de pré-montagem. Os produtos intermédios são então armazenados num supermercado, prontos a entrar na área de Montagem Final.

A secção de Montagem Final encontra-se dividida em várias zonas: existem 3 células de *Sub-Assembly* de *Trimplates*, que montam o conjunto do painel frontal dos auto-rádios, uma responsável por processar os mecanismos, essencialmente leitores de *CD* e *SD Cards*, 6 linhas de montagem de auto rádios (Figura 14), 4 de montagem de antenas (Figura 13 a) e 2 células de montagem final de módulos (Figura 13 b).



a)

b)

Figura 13 – a) Linha de montagem de antenas; b) Célula de módulos

As 6 linhas de montagem final de auto rádios são abastecidas pelos supermercados de THT, *trimplates* e mecanismos, e são responsáveis pela montagem propriamente dita do auto rádio completo. Duas destas linhas, instaladas recentemente, estão apenas habilitadas à produção de dois tipos de produtos, aqueles que representam o maior volume de vendas da Delphi Braga. Os outros tipos de auto-rádios são alocados às restantes linhas consoante semelhanças no seu processo de montagem.

Tanto as linhas de montagem final de auto rádios e antenas como as células de módulos são precedidas de uma zona de testes onde se executa um controlo de qualidade. Caso os produtos estejam dentro dos padrões dos clientes, são etiquetados, embalados e transportados para a zona de expedição. No anexo 1 é apresentado o layout do sistema produtivo do edifício 1.



Figura 14 - Linha de Montagem Final e testes

3.7 Planeamento e Controlo da Produção

O planeamento e controlo da produção é um factor chave no sucesso de qualquer organização (Manikas, Gupta, & Boyd, 2015).

Na Delphi Braga o planeamento da produção é executado em três fases com diferentes horizontes temporais (Figura 15).

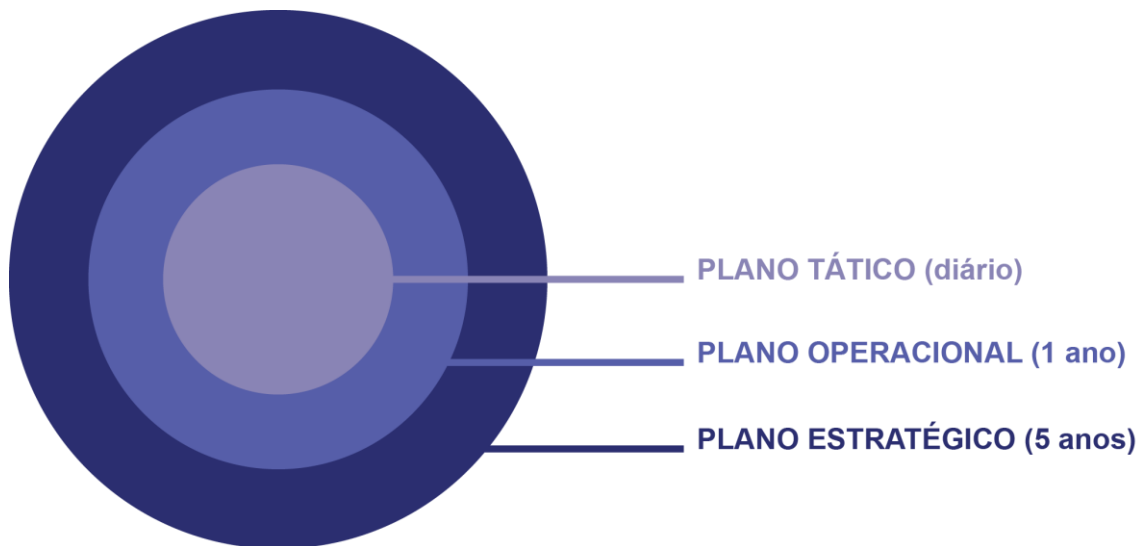


Figura 15- Planeamento da produção da Delphi Braga

O Plano Estratégico é projectado para 5 anos e diz respeito, essencialmente, à introdução de novos produtos e clientes. É executado pelo Departamento de Engenharia, que é o responsável pela implementação de novos projectos. A informação referente a especificações e volumes dos novos produtos é enviada num documento denominado por “*SPS Summary*”, por departamentos especializados na sede da Delphi. O Departamento de Engenharia da Delphi braga procede então ao desdobramento e interpretação do documento, determinando os equipamentos e capacidade necessária para responder aos volumes requeridos. É então feita uma comparação com o estado actual do sistema produtivo para averiguar se este está apto para a produção ou se é necessário aumentar a capacidade ou investir em novos equipamentos e implementar novas técnicas de produção.

O Plano Operacional é efectuado pelo Departamento de Planeamento e Controlo Logístico (PCL). É estruturado para um horizonte de um ano e é revisto diariamente. Os primeiros 5 meses do ano são planeados com base nas encomendas já existentes. Para o planeamento dos restantes, a Delphi utiliza as previsões de venda dos seus clientes.

Os dados relativos às encomendas já existentes e os recursos necessários para as satisfazer são introduzidos no SAP, um *software* de gestão empresarial, que com recurso à metodologia *Material Requirement Planning* (MRP) projecta o planeamento para os restantes meses do ano. O PCL confere o plano sugerido,

analisa as actualizações de encomendas por parte dos clientes e faz ajustes quando necessário com o objectivo de nivelar a produção.

O Plano Tático é da responsabilidade do PCL e dos chefes de linha. Este plano diário é responsável pelo lançamento das ordens de produção. A sequência de produção é definida pelo departamento de logística no início de cada dia e com o feedback dos chefes de linha pode ser alterada, caso ocorram imprevistos ou apareçam obstáculos à produção, conferindo um elevado grau de flexibilidade à produção.

As ordens de produção são expressas em lotes de 12 unidades, sob a forma de *Kanbans* ou manifestos. Na montagem de mecanismos e *displays* são utilizados *Kanbans* devido à constância no consumo de material enquanto na montagem final, devido à diversidade de produtos, são usados os manifestos.

O controlo da actividade de produção é feito pelos chefes de linha que, em contacto com o departamento do PCL, comparam os indicadores de desempenho que as suas linhas estão a ter com os valores necessários para executar o trabalho planeado e fazem ajustes quando necessário. Todos os materiais consumidos possuem um código, que ao ser lido, actualiza no sistema a quantidade de material disponível na linha, supermercado ou armazém. Existem ainda, como já foi referido, várias inspecções ao longo do processo produtivo, para garantir que os produtos estão de acordo com os padrões de qualidade da empresa.

4 Desenvolvimento de um novo produto

A rápida e constante evolução tecnológica na indústria automóvel obriga as organizações a serem flexíveis para se adequarem às condições variantes da tecnologia e do mercado (Patterson, 1998).

Esta evolução na tecnologia altera as preferências dos clientes, tornando muitos produtos obsoletos. A descontinuidade da produção de alguns artigos traduz se em baixos volumes de produção, menos vendas e consequentemente menos lucros.

Com o intuito de acompanhar as tendências do mercado e otimizar a uso da capacidade do seu sistema produtivo, a Delphi viu-se forçada a procurar novos projectos. Neste prisma a Delphi Braga aceitou desenvolver e implementar um processo produtivo para um novo produto da marca “A”, assim referida para proteger informação privilegiada e não colocar em causa a integridade da empresa.

4.1 Introdução ao Projecto

O projecto em questão diz respeito à produção de um novo produto de vanguarda tecnológica. O cliente, com sede na Alemanha, é um dos mais conceituados produtores de automóveis do mundo e é tida como uma marca de luxo. O projecto consiste, na implementação de um processo produtivo para um novo produto.

4.1.1 O Novo Produto

Os produtos que a marca “A” solicitou à Delphi Braga consistem em um modelo de auto rádio de última geração com duas versões. Por motivos de confidencialidade, já referidos, este, será simplesmente denominado como “Produto X”. As suas principais funcionalidades são:

- *LCD touch screen* (ecrã táctil);
- Tecnologia IPS (*In-plane switching*), maior qualidade de imagem;
- Sensor de proximidade;
- *Hand writing recognition*, reconhecimento de escrita manual;
- *Software GPS* incorporado;
- Leitor de *CDs / DVDs*;
- Leitor *SD / SIM Cards*;
- *Bluetooth*



Figura 16- Produto "X"

A segunda versão do Produto "X" difere apenas da original, no número de leitores de *SD Cards* e na presença de uma entrada *USB*. Com base no seu vasto conhecimento do mercado A Delphi questionou a necessidade desta segunda versão. A marca "A", após um novo estudo de mercado, concluiu que a segunda versão do produto era dispensável e cancelou a sua produção.

4.2 Desenvolvimento do Projecto

O processo de implementação deste novo produto teve início com um concurso lançado pela marca "A", onde foram divulgadas as características e atributos que a marca deseja ver presentes no produto. A Delphi Braga foi a entidade que apresentou mais garantias de conseguir respeitar os padrões de qualidade da marca "A" apresentando o menor custo de produção.

São, então, realizados vários *Workshops* envolvendo representantes da marca "A", o departamento de desenvolvimento da sede da Delphi na Europa, o departamento desenvolvimento da Delphi Braga, e elementos do departamento de engenharia tanto da Delphi Alemanha como da Delphi Braga.

Nestes *workshops* são definidas etapas e prazos, e discutidos todos os pormenores referentes ao produto. A marca "A" pormenoriza as suas exigências em relação a características do produto como por exemplo os tipos de materiais utilizados, controlos de qualidade necessários, métodos de embalagem e expedição, entre outros aspectos. São fornecidas simulações detalhadas a 3 dimensões do produto final e de todos os seus componentes.

Apesar de terem sido impostas características imprescindíveis ao produto, seus componentes e processo produtivo, a marca "A", é flexível e tem interesse em aproveitar o *know-how* da Delphi para aumentar a qualidade do produto num prisma de redução de desperdícios e custos.

Seguidamente os departamentos de engenharia da Delphi Braga e Alemanha, analisam a constituição do produto averiguando a existência de componentes que não possam, ou não sejam economicamente viáveis de ser fabricados internamente. São determinados os processos, operações e sua sequência, necessários à manufactura dos auto rádios.

É então elaborado um documento Excel denominado *Manufacturing System Design* (MSD), onde é feito todo o registo da informação referente ao processo produtivo do Produto "X". Neste ficheiro são enumerados todos os responsáveis pelo projecto, e é constituído pela lista de material do produto, subdividida em níveis para todos os produtos intermédios e instruções detalhadas de todos os processos. Esta primeira versão do MSD, que contem apenas a informação essencial, já definida, do produto, serve para a Delphi Braga realizar um primeiro teste de produção do produto "X", denominado por Pré-Série Produtiva.

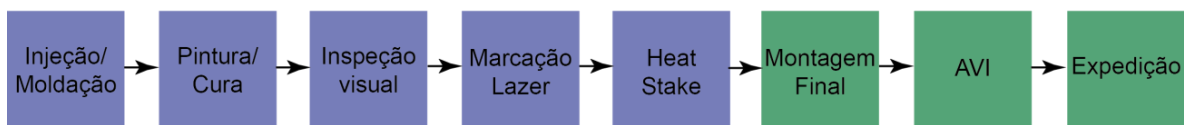
Uma amostra dos produtos resultantes das Pré-Séries Produtivas é enviada para o cliente para que este possa verificar se o produto corresponde ao que realmente foi pedido, se está dentro dos seus padrões de qualidade, se necessita de alterações ou melhorias. Com base no *feedback* da marca "A" e na análise do produto e do procedimento da Pré-Série, os departamentos de engenharia e desenvolvimento da Delphi Alemanha e Braga, vão melhorando o desempenho do processo produtivo e a qualidade do produto seguindo a filosofia do ciclo da melhoria contínua, PDCA.

4.3 Processo Produtivo

No edifício 2, serão produzidas as partes plásticas do produto "X", nomeadamente a *cover*, *housing* (parte interna plástica do auto-rádio) e os botões. O processo produtivo dos componentes plásticos do produto "X" tem início na secção de injeção, onde se executa o processo de moldação. Os botões e a *cover* são então colocados em *jigs* próprios e carregados nos carrinhos, seguindo para a secção de pintura e posteriormente para as estufas de aquecimento para o processo de cura. As partes constituintes do *housing*, que não necessita do processo de pintura, seguem directamente para a secção de montagem final onde passam por uma pré-montagem e posteriormente por um processo de *heat staking*, uma operação de junção de peças através de calor.

Finalizada a inspeção visual à pintura, os botões e *covers* prosseguem para o procedimento de marcação a *lazer* e posteriormente para o *heat staking*. As *covers* e botões entram então nas linhas de produção, onde já se encontra o *housing*. Procede-se então à montagem final. Os produtos finais passam então pelo equipamento *Automated Visual Inspection* (AVI) para um controlo final. Caso respeitem os padrões de qualidade os produtos pode ser expedido. No anexo 2 – Percurso dos componentes dentro do sistema produtivo, é apresentado o percurso da *cover*, botões e *housing* pelo *shopfloor* do edifício 2 (Figura 38 e 39).

COVER / BOTÕES



HOUSING



Figura 17- Sequência de produção do cover, botões e housing no edifício 2

No edifício 1, antes de se proceder à montagem final do produto “X”, na secção de Pré-séries, é necessário processar os componentes electrónicos. Para o produto “X” são produzidas 3 placas de circuitos, a *Mainboard*, placa principal, que controla o *display* e rege todas as funcionalidades do auto rádio, a *Keyboard*, placa responsável pelo teclado e a IR que regula a luminosidade do auto rádio e os sensores de proximidade.

A *Mainboard* inicia o seu percurso produtivo com um processo de programação *offline* e marcação a *lazer*. É neste ponto que se insere o programa responsável por gerir todo o funcionamento do auto rádio e que se grava na placa o código que permite a sua identificação e rastreabilidade de todo o processo produtivo. As placas principais seguem então para as linhas de SMT para a inserção de componentes sendo depois agrupadas em *containers* que são transportados até às singuladoras para que as placas possam ser individualizadas e colocadas em tabuleiros próprios já aptos para entrada na área das Pré Séries. Passam então pela linha de inserção manual de componentes e seguem para o processo de *In Circuit Test*. Caso passem neste teste, as placas principais estão prontas a dar entrada na área das Pré Series para a montagem final, caso contrário seguem para uma bancada de reparação para averiguar se é viável a substituição dos circuitos danificados ou em falta.

A *Keyboard* e a IR têm um processo idêntico, que começa com a gravação do código *Quick Response* (QR). São processadas nas linhas de SMT e, não necessitando da inserção manual de componentes, prosseguem directamente para os equipamentos ICT. Nos *arrays* de IRs e *Keyboards* o processo de individualização das placas não é passível de executar com recurso às singuladoras. Os *arrays* passam então por um processo de fresagem para que as placas possam depois ser individualizadas manualmente. Sofrem uma operação de pré montagem e são colocadas em caixas próprias, armazenadas no supermercado intermédio da secção de *Sticklead*, estando prontas para seguirem para a montagem final. No anexo 2 – Percurso dos componentes dentro do sistema produtivo, é apresentado o percurso da IR, *Keyboard* e Placa Principal no sistema produtivo do edifício 1 (Figura 40 e 41).

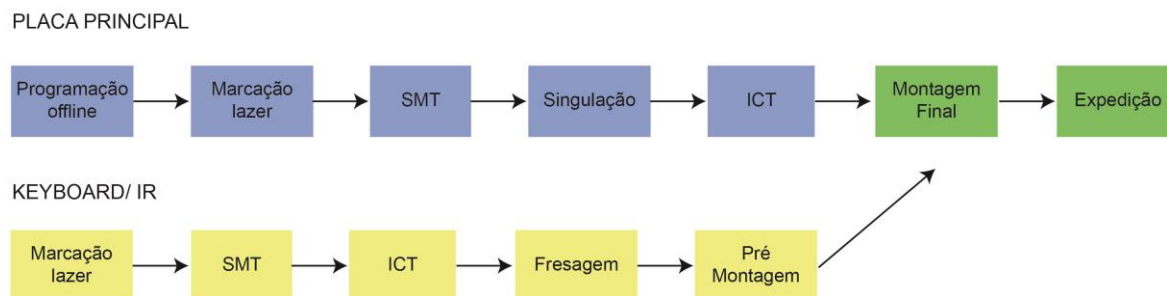


Figura 18- Sequência de produção da Placa Principal, IR e Keyboard

4.4 Montagem Final

Como já foi referido, a secção de SMT dispõe de um elevado grau de flexibilidade, não sendo preciso actuar na aquisição de novos equipamentos ou na introdução de novas tecnologias para o processamento das várias placas do produto “X”. O mesmo se verifica para as linhas de montagem manual de componentes na secção de *Sticklead*. No edifício 2, a produção do produto “X” apenas implica a aquisição de moldes próprios para a injeção da *cover*, *housing* e botões do novo produto, todos os outros processos estão aptos e possuem capacidade para a produção.

No entanto, devido às características singulares do produto “X”, o conteúdo de trabalho necessário para a sua montagem final não se assemelha a nenhum outro produto produzido na Delphi Braga, e à elevada taxa de ocupação das linhas de montagem final existentes, é necessária a criação de uma nova linha exclusivamente para o produto “X”.

A secção de Pré Séries está disponível para a implementação de uma linha experimental para a montagem final do produto “X”. Aqui vão ser realizadas pré séries de produção com o intuito de se otimizar o processo produtivo de montagem final.

Para a primeira pré-série produtiva foram definidos 8 postos de trabalho: 4 postos que dizem respeito à montagem final propriamente dita, 1 posto para a colocação da fita protectora dos auto rádios, 1 posto de teste funcional, 1 posto para um teste visual, 1 posto para o teste CMI. Foram utilizados 8 colaboradores, um por cada posto, tendo sido seleccionados colaboradores com alguma experiência dentro da Delphi.

O posto de embalagem não foi tido em conta pois devido aos requisitos da marca “A” o embalagem é feito na zona de expedição por uma empresa externa a Delphi que procede a um controlo de qualidade final antes da operação.

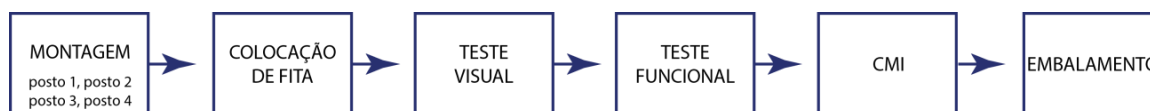


Figura 19 - Sequencia de produção do produto “X” na montagem final

4.5 Lista de Materiais

A *Bill of Materials (BOM)*, lista de materiais, é um documento que indica quais são e em que quantidades, as matérias-primas, componentes ou *sub-assemblys*, necessários para a manufactura de um determinado produto.

Na área de montagem final da Delphi Braga, a lista de materiais está presente em formato físico junto às linhas de produção, e em formato digital no *software SAP* com a possibilidade de visualização das listas de materiais de níveis inferiores, isto é, dos *sub-assemblys* e produtos intermédios usados no fabrico do produto final. Nos manifestos, que lançam as ordens de produção na montagem final, estão também discriminadas as quantidades e os tipos de materiais necessários para satisfazer o respectivo lote de 12 unidades.

Na tabela 1 são descritos os materiais e quantidades necessárias à montagem final do Produto “X”.

Tabela 1- Lista de materiais, produto "x"

Material	Quantidade
Display	1
Placa Principal	1
Keyboard	1
IR	1
Encoder R	1
Encoder L	1
Flex Cable 1	2
Flex Cable 2	1
Housing Main Connector	1
Cover	1
Botão R	1
Botão L	1
Socket	1
Parafuso	25

A placa principal, *Keyboard* e IR são fornecidas pelo supermercado da secção de montagem manual de componentes. A *cover*, botões e *housing main conector* são produzidos na secção de plásticos no Edifício 2. Os *flex cables*, *display*, *encoders* e *socket* (parte metálica do auto rádio), são adquiridos externamente. A marca “A” condiciona a Delphi Braga a trabalhar com um fornecedor específico no que diz respeito aos *displays* e *sockets*. Todos os outros fornecedores são seleccionados pela Delphi Braga através de um estudo de mercado, realizado pelo seu departamento de compras com *feedback* da marca “A” e do departamento de engenharia da Delphi no que diz respeito à qualidade dos produtos.

Na montagem final do produto "X" são ainda necessários materiais que não vêm especificados na sua BOM devido ao facto de pertencerem a operação de embalagem, no entanto são utilizados na linha de montagem final. São necessários 25 cm de fita protectora e uma película de protecção por auto rádio.

4.6 Conteúdo de Trabalho

A definição do conteúdo de trabalho de cada posto é essencial para a realização das pré-séries. É um processo evolutivo que começa com o registo de todas as tarefas necessárias a realização do produto num documento intitulado *Work Combination Table*. Este documento permite uma visão geral de todas as actividades necessárias. A sua versão inicial é apresentada no anexo 3 – Work combination table.

É então realizada a montagem de alguns produtos, um por um, pela mesma pessoa, onde se balanceia o conteúdo de trabalho entre os diferentes postos, suprimindo algumas operações e acrescentando outras. Muitas das operações presentes no Work Combination Table apresentado foram extintas devido á modificação do produto e seus componentes ou então antecipadas para operações de pré montagem.

Nas tabelas 2, 3, 4 e 5 são apresentados as principais tarefas com que se partiu para a realização das pré-séries.

Tabela 2-Conteúdo de Trabalho Posto 1

Posto 1			
Tarefa	Descrição	Movimentos	Tempo (Seg)
1	Retirar película dos cabos do display	9	5,4
2	Abrir conetores placa principal	10	6
3	Conetar fex cables	30	18
4	Acionar de mecanismo de snap	4	2,4
5	Apertar um parafuso	4	2,4
		57	34,2

Tabela 3- Conteúdo de Trabalho Posto 2

Posto 2			
Tarefa	Descrição	Movimentos	Tempo (Seg)
1	Colocar IR no conjunto	10	6
2	Apertar 5 parafusos	20	12
3	Conetar 2 fex cables	26	15,6
4	Colocar Housing Main Connector	9	5,4
		65	39

Tabela 4- Conteúdo de Trabalho Posto 3

Posto 3			
Tarefa	Descrição	Movimentos	Tempo (Seg)
1	Colocar Encoder D na cover	16	9,6
2	Repetir processo encoder L	16	9,6
3	Apertar 9 parafusos	38	22,8
4	Abrir conetor e colocar flex cable	8	4,8
		78	46,8

Tabela 5- Conteúdo de Trabalho Posto 4

Posto 4			
Tarefa	Descrição	Movimentos	Tempo (Seg)
1	Abrir conetor Placa Principal e colocar flex cable	8	4,8
2	Colocar Socket	4	2,4
3	Apertar 10 parafusos	42	25,2
		54	32,4

Os tempos associados às tarefas são tempos teóricos, calculados através do número de movimentos necessários para a sua realização multiplicado por 0,6 segundos.

O processo de definição do conteúdo de trabalho vai evoluindo ao longo das pré-séries atingindo a sua conclusão com a implementação do trabalho normalizado e criação de instruções de trabalho apresentados no capítulo 4.13. No entanto não é um processo fechado, estando aberto a melhorias.

4.7 Análise das Pré-séries

Com a ideologia de melhoria contínua aplicada às pré-séries, com o intuito de melhorar o desempenho da linha de montagem final do produto “X”, foi realizada uma análise diagnóstica para a identificação de oportunidades de melhoria. Foi feito um estudo dos tempos, presente no anexo 4 – Estudo dos tempos, e analisados os indicadores de desempenho da linha de produção. Foram identificados problemas e implementadas soluções com vista a otimizar o TC do produto na montagem final.

O estudo dos tempos foi realizado com recurso à observação directa, tendo sido realizadas 20 medições para cada pré série. Durante o processo de medição foram registados alguns tempos com desvios consideráveis

em relação aos outros tempos registados. Estes valores díspares devem se a ocorrências inesperadas, tais como dúvidas no conteúdo de trabalho, identificação de produtos com defeito, o colaborador parou para beber água, entre outros. Para ser possível obter resultados que realmente traduzam o desempenho do sistema, estas observações foram descartadas sendo realizadas novas observações.

As primeiras 3 pré-séries foram realizadas em condições não satisfatórias para um bom desempenho devido aos prazos impostos pela marca "A". Os aparelhos resultantes destas pré-séries são utilizados para testes e análise por parte dos departamentos de engenharia e qualidade da marca "A" e da Delphi.

Para estas séries de produção a quantidade requerida foi de 50, 60 e 70 unidades, respectivamente. As três pré-séries foram realizadas sem rampas de abastecimento, sendo o material pousado nas bancadas e no chão dificultando o seu acesso, aumentando as actividades de *handling* e limitando a superfície de trabalho e liberdade de movimentos dos operadores.

Os colaboradores utilizados para a realização das pré-séries estão alocados à secção de montagem final de antenas. Assim o momento de realização das pré-séries tem de ser cuidadosamente planeado com os chefes de linha dessa secção para que estes não incorram em atrasos e não cumpram os seus objectivos.

A primeira pré série foi realizada num período em que a produção de antenas estava parada. Por não haver nenhum tempo de referência, determinou-se que a linha de montagem final do produto "X" estaria em funcionamento até as 50 unidades serem produzidos. O tempo disponível para as pré series seguintes foi determinado com base nos resultados obtidos.

Os tempos de ciclo e nível de eficiência das pré-séries 1, 2 e 3 é apresentado na tabela 6.

Tabela 6- TC em segundos das três primeiras pré-séries

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
Tempo de ciclo	65,98	68,94	60,05	59,38	41,3	117,36	117,04	52,01
Eficiência	62%							
Índice Planura	147,26							

Os elevados tempos de ciclo verificados, podem ser justificados por ser a primeira vez que os colaboradores, apesar da sua experiência, lidam com este conteúdo de trabalho, encontrando se ainda num processo de aprendizagem. É verificável nas tabelas do anexo 4 – Estudo dos tempos, a contínua redução do tempo de ciclo com a familiarização dos colaboradores com o produto.

O baixo valor de eficiência e o muito elevado valor do índice de planura, confirmam a grande disparidade entre os tempos dos diferentes postos de trabalho. Este facto deve-se em grande parte aos elevados tempos das máquinas de teste. Depois de analisados estes postos conclui-se que a sua demora se deve exclusivamente aos elevados tempos de máquina do Teste Visual e Funcional. Assim os postos do Teste Visual,

Teste Funcional e CMI foram analisados à parte enquanto o programa de funcionamento dos equipamentos é melhorado para que o tempo máquina seja reduzido. A tabela 7 retrata os tempos de ciclo, eficiência e índice de planura para as três primeiras pré-séries sem ter em conta os postos dos testes.

Tabela 7- TC em segundos Pré-Série 1,2 e 3, sem os postos dos testes

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita
Tempo de Ciclo	65,98	68,94	60,5	59,38	41,3
Eficiência	86%				
Índice de Planura	30.5				

O índice de planura é ainda bastante elevado e a eficiência continua abaixo do nível padrão da Delphi.

A 4ª e 5ª pré-séries foram realizadas com a utilização de rampas de abastecimento, libertando o espaço de trabalho dos colaboradores e reduzindo o tempo gasto em actividades de *handling*. No posto de colocação de fita, o rolo de fita protectora foi substituído por fitas individualizadas com o comprimento certo.

Nesta fase, os tempos máquina dos equipamentos de teste Visual, Funcional e CMI foram reduzidos. Nos equipamentos de Teste Visual e Teste Funcional passou de 87 segundos, para 75 segundos. A CMI passou de 38s para 30 segundos. Na tabela 8 são apresentados os tempos de ciclo destas duas pré-séries, onde foram produzidas 100 unidades em cada.

Tabela 8- TC em segundos da 4ª e 5ª pré-série

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
Tempo de ciclo	58,26	58,63	55,51	54,42	33,37	105,12	105,34	53,58
Eficiência	62%							
Índice de Planura	131,66							

Como é facilmente observável, o índice de planura é ainda muito elevado, fruto da grande disparidade entre os tempos dos postos de montagem e os testes. Na tabela 9 é feita uma análise aos tempos da linha sem ter em consideração os postos dos testes.

Tabela 9- TC em segundos da 4ª e 5ª pré-série, sem os postos dos testes

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita
Tempo de Ciclo	58,26	58,63	55,51	54,42	33,37
Eficiência	89%				
Índice de Planura	25,8				

Apesar da redução dos tempos de ciclo a eficiência da linha ainda não estava no nível desejado e existem ainda grandes diferenças entre os tempos dos diferentes postos.

É facilmente identificável, que caso o tempo máquina dos equipamentos de teste Funcional e Visual não for drasticamente reduzido se criará um ponto de estrangulamento. Assim foi efectuado um estudo, pelo departamento de engenharia em conjunto com o responsável pelo desenvolvimento dos sistemas de teste, para evitar esta situação. Nesta altura, foi também realizada uma análise profunda ao sistema com vista a identificar as causas dos produtos defeituosos verificados, e identificar potenciais causas de falha e oportunidades de melhoria.

4.8 Defeitos, Falhas e Oportunidades de melhoria

Durante a realização das 5 pré-séries foram produzidos um total de 380 unidades, das quais 48 não correspondem aos padrões impostos pela marca "A". O FTQ destas 5 pré-séries, que corresponde à percentagem de produtos não conformes realizados à primeira, foi calculado com recurso à equação (9), e tem o valor elevado de 12,6 %.

Aquando da detecção de um defeito, o produto é enviado para a secção de reparação. Caso seja recuperável, é reposto na linha de produção e segue para os postos de teste, sendo, no entanto, contabilizado no FTQ. Nos casos em que não é possível a reparação, o produto é considerado *Scrap*. Nas 5 pré-séries realizadas houveram 6 produtos defeituosos sem recuperação possível contabilizando 1,58% de *scrap*.

Na tabela 10 são apresentados os principais defeitos encontrados nas cinco primeiras pré-séries.

Tabela 10- Defeitos verificados

Defeito	Quantidade	%
Componentes trocados	2	4%
Componentes danificados	7	15%
Ligações Flex Cable Incorretas	19	40%
Montagem Incorreta IR	4	8%
Montagem Incorreta Socket	3	6%
Aparafusamento	9	19%
Outros	4	8%

Foram então analisados estes e outros possíveis defeitos, bem como potenciais situações de falha e suas causas através da elaboração de FMEAs.

Para a análise de defeitos do Produto "X" na montagem final é elaborado um *documento Failure Method and Effects Analysis* (FMEA) com o fim de identificar as falhas e as suas causas. A primeira versão deste documento é elaborado com base na experiência e *know-how* de todos os colaboradores do projecto que

identificam as potenciais falhas do processo produtivo e tomam acções de prevenção. O FMEA é então completado com base na análise directa de defeitos e falhas verificadas com o desenrolar da produção. O documento é dividido por postos de trabalho e contém informação relativa ao conteúdo de trabalho em questão, o tipo de falha, efeitos e causas, acções correctivas a tomar, responsáveis, datas e estados de implementação.

Nas tabelas 11, 12, 13, 14 e 15 são apresentadas versões simplificadas da FMEA dos postos da linha de montagem final do Produto “X”. As falhas relativas ao aparafusamento foram separadas por se verificarem em todos os postos (tabela 16)

Tabela 11-FMEA simplificada posto 1

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possivel Acção
PT 1	Colocação da Placa Principal no Display	Placa Principal errada	Produto defeituoso	Nenhum sistema Anti-erro implementado	Implementar sistema Anti-erro/ Scan do código QRC
		Dificuldade de Inserção da Placa Principal	Avaria/ Funcionamento intermitente	Mecanismos de Snap defeituosos/ falha de Design	Revisão design Snaps
		Dificuldade de ligação dos cabos conetores do Display à Placa Principal	Avaria/ Funcionamento intermitente	Comprimento dos cabos	Aumento do Comprimento dos cabos do Display
			Avaria/ Funcionamento intermitente	Nenhuma referência para a inserção dos cabos	Trocar conetores LIF por conetores ZIF na Placa Principal / Implementar sistema visual
		Peças defeituosas	Impossibilidade de montagem/ Avaria	Problemas de processo/ Handling	Melhorar inspeções visuais/ melhorar protecção display

No posto 1, as principais falhas verificadas dizem respeito à ligação dos cabos que permitem a ligação entre a placa principal e o *display*. Relativamente ao pequeno comprimento e características dos cabos que dificultavam a operação de inserção nos conectores LIF da placa principal, a Delphi Braga averiguou junto do fornecedor do display a possibilidade de substituição por cabos compatíveis com conectores *zero insertion force* (ZIF), o aumento de comprimento e a melhoria no *design* dos mecanismos de *snap* que prendem a placa principal. Foi ainda feita a sugestão de um sistema de gestão visual que permitisse verificar a correta ligação dos cabos. Em relação as falhas verificadas pelo uso de placas incorrectas foi implementado um scan do código QRC da placa principal. Foi decidido manter a película protectora do display até ao posto 4 e foram implementadas bases almofadadas para proteger os ecrãs.

Tabela 12- FMEA simplificada posto 2

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possivel Acção
PT 2	ColocAção da IR no subconjunto	IR colocada na posição errada	Produto defeituoso	Nenhum sistema Anti-erro implementado	Implementar sistema Anti-erro
		IR Danificada	Produto defeituoso	Nenhum sistema de apoio a colocação da IR	Implementar sistema de Snap
		Ligação dos cabos nos conectores errados	Produto defeituoso	Nenhum sistema de referência	Implementar sistema visual
		Dificuldade de ligação dos cabos conectores na IR e na Placa Principal	Avaria/ Funcionamento intermitente	Dificuldade em identificar o lado correto do cabo	Implementar sistema visual
			Avaria/ Funcionamento intermitente	Nenhuma referência para a inserção dos cabos	Trocar conectores LIF por conectores ZIF na Placa Principal / Implementar sistema visual
		Peças defeituosas	Impossibilidade de montagem/ Avaria	Problemas de processo	Melhorar inspeções visuais
	Colocação housing manin connector	Colocação incorreta	Impossibilidade de montagem/ Avaria	Mecanismos de Snap defeituosos	Revisão design dos snaps

No posto de trabalho 2 verificou-se que a colocação da IR não era robusta o suficiente, a IR não fixava bem e com o movimento danificava-se. Foi solicitado ao fornecedor do display que incluísse, junto com as

alterações pedidas com base nas falhas do posto 1, um sistema de *snaps* para a colocação da IR. Em relação aos cabos, também neste posto a falha mais frequente, foram feitas as mesmas alterações que no posto um. Foi implementado um sistema de cores para evitar ligações a conectores errados. No edifício 2 foi melhorado o *design* do *housing main conector*.

Tabela 13- FMEA simplificada posto 3

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possível Acção
PT 3	Montagem da Keyboard no Housing	Keyboard / cover errada	Produto defeituoso	Nenhum sistema Anti-erro implementado	Implementar sistema Anti-erro/ Scan do código ORC
		Dificuldade de Inserção da Keyboard	Avaria/ Funcionamento intermitente	Mecanismos de Snap defeituosos/ falha de Design	Revisão design Snaps
		Encoder não centrado com a Cover	Impossibilidade de montagem do botão/ avaria	Irregularidades nas extremidades da Keyboard	Melhorar operação de Fresagem
		Mau funcionamento das teclas	Avaria/ Funcionamento intermitente	Distância entre a Keyboard e a Socket	Revisão design Socket
		Peças defeituosas	Impossibilidade de montagem/ avaria	Problemas de processo	Melhorar inspeções visuais

Para evitar o uso de *Keyboards* e *covers* erradas, tal como no posto 1, foi implementado um sistema de leitura do Código QR, foi também elaborada uma base com o formato da cover do produto "X" que funciona como um sistema anti erro. O mecanismo de *snap* da cover foi revisto e melhorado pelo departamento de engenharia do edifício dos plásticos. A dificuldade de colocação do *encoder* na *cover* deve-se a irregularidades nas extremidades da *Keyboard*, criadas a quando da sua individualização. Neste ponto foi melhorado o programa de fresagem da *Keyboard* do produto "X" para evitar tais descontinuidades na placa.

O mau funcionamento das teclas levantou alguns problemas quanto à identificação da sua causa. Primeiramente pensou-se que seria um problema de *design* da *cover* ou dos botões Foi pedido auxílio tanto à marca "A" como ao departamento de engenharia da Delphi Alemanha e chegou-se à conclusão que o problema estaria no espaço insuficiente entre a *Keyboard* e a parte metálica do auto rádio. Foi então pedido ao fornecedor que alterasse o *design* da *Socket*.

Tabela 14- FMEA Simplificado posto 4

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possivel Acção
PT 4	Montagem da Socket no sub-assembly	Montagem incorreta da socket	Produto defeituoso	Má fixação do sub-assembly na mesa de trabalho	Implementar base para sub assembly
		Danificação das molas da Socket	Falha mecânica/ Avaria/ Funcionamento intermitente	Falha de Design	Revisão do Design da Socket

Relativamente ao posto 4, as principais falhas verificadas dizem respeito à colocação da *Socket* no *sub-assembly* fornecido pelo posto 3. Foi pedido ao fornecedor, juntamente com as alterações da *socket* relativas ao posto de trabalho 3, que fosse alterado o *design* das molas de encaixe. Foi elaborada uma base para uma fixação mais robusta do *sub-assembly*, para facilitar a montagem correta da parte metálica do auto rádio.

No posto de colocação da fita protectora as possíveis falhas passam pela queda de aparelhos devido ao elevado manuseamento necessário para a colocação da fita. O facto de a fita ser fornecida em rolo implica que o colaborador tenha de a cortar, apresentando uma grande variabilidade nos comprimentos. Assim, foi implementado, já a partir da 4ª pré série fitas individualizadas com comprimentos padrão.

Tabela 15- FMEA Simplificado posto fita

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possivel Acção
PT Fita	Colocação da fita	Colocação incorreta	Produto não conforme	Má fixação do aparelho/ nenhum dispositivo auxiliar/ Comprimento fita aleatório	Implementar dispositivo auxiliar/ definir comprimento de fita
		Queda aparelhos	Refugo	Nenhum dispositivo de fixação	Implementar dispositivo auxiliar

As falhas inerentes a operações de aparafusamento foram analisadas separadamente pois estão presentes em todos os postos de trabalho. Na tabela 16 é apresentado um resumo dos modos de falha na execução da tarefa de aparafusamento.

Para evitar que se danifiquem componentes dos PCBs durante o aparafusamento, os locais para o mesmo foram alterados, sendo também definida a sua sequência o torque e o ângulo ideal. Foi então realizado o teste de *Strain*, para garantir que as placas suportam a tensão causada pelas operações de aparafusamento.

Com o intuito de garantir que a sequência é respeitada e concluída, foram implementados dispositivos para a fixação do material na superfície de trabalho, munidos de máscaras de aparafusamento. Estes sistemas dispõem de sensores que indicam se a operação foi bem executada. O programa de aparafusamento, que agora é carregado automaticamente aquando da leitura do manifesto de produção, indica a sequência a seguir e apenas desbloqueia o dispositivo quando todos os parafusos tiverem sido correctamente apertados, garantindo assim que não há parafusos em falta nem operações mal executadas. As máscaras de aparafusamento previnem, ainda, a queda accidental de parafusos para o auto rádio.

Por fim, foi definido e implementado um programa de manutenção preventiva para os equipamentos de aparafusamento.

Tabela 16- FMEA simplificado aparafusamento

	Função	Modo de Falha	Efeito	Causa	Possível Acção
PT 1 2 3 4	Aparafusamento	Operação mal executada	Barulho/ Falha Mecânica	Nenhum dispositivo de auxílio à montagem	Definir e implementar sistema de auxílio à montagem
			Barulho/ Falha Mecânica	Superfície de trabalho intável	Implementar sistema de fixação
			Barulho/ Falha Mecânica	Sequência de aparafusamento errada	Definir e tornar visível seqência de aparafusamento
		Parafuso em falta	Barulho/ Falha Mecânica	Sequencia não completa/Programa de aparafusamento errado	Load automático do progama/ implementar sensores para cada operação
		Parafuso mal apertado	Impossibilidade de montagem/ Falha mecânica/ barulho	Torque e angulo de aparafusamento mal definidos	Redefinir parâmetros de aparafusamento
		Placa Danificada	Avaria/ funcionamento intermitente	Componentes próximos dos locais de aparafusamento / strain	Melhorar design

4.9 Implementação de melhorias

Para garantir uma maior eficiência no processo de produção a Delphi Braga implementou vários sistemas de auxílio à produção e *error-proofing*, tomando às acções definidas na secção anterior. Estes dispositivos *Poke-Yoke* são alvo de constantes intervenções, num prisma de melhoria contínua, sendo melhorados à medida que

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

surtem novos defeitos ou problemas no processo produtivo. Nesta secção são descritos os sistemas anti erro utilizados na montagem final do produto “X”.

A implementação de mecanismos anti erro começa na fase de desenvolvimento do produto, com o departamento de engenharia a analisar o produto em questão e idealizar sistemas e dispositivos que impeçam a montagem incorrecta dos produtos e facilitem a sua manufactura.

Durante a fase de *design* dos componentes e do produto em si, são implementados sistemas visuais, como marcas, formas e cores para facilitar a correta orientação e colocação dos componentes e impedir a montagem incorrecta. As placas *printed circuit boards* possuem marcas para rápida identificação dos locais de aparafusamento (Figura 20).

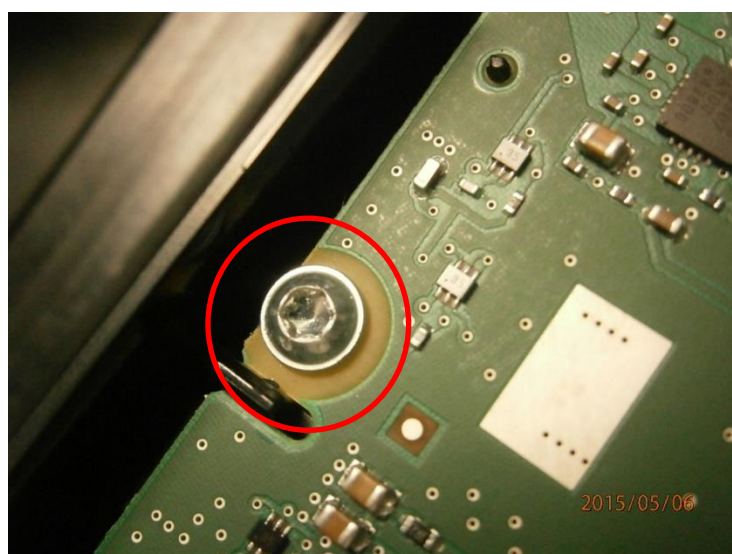


Figura 20- Sistema visual para o aparafusamento

Relativamente à conexão dos *flex cables*, que representa um dos defeitos com maior ocorrência, foi implementado um sistema de cores, com o objectivo de facilitar a identificação do lado correto do cabo a ligar. Foi também inserida uma marca para que se garantisse o paralelismo da ligação, criando assim um sistema de referência para a conexão dos cabos. Sendo este um modo de falha crítico para o produto “X” a Delphi Braga inclui, também, no conteúdo de trabalho dos postos com estas operações, a tarefa de passar com uma caneta de acetato, que não interfere no funcionamento dos cabos, sobre a linha de paralelismo para garantir que de facto as ligações estão bem feitas. Por fim, foram implementadas câmaras fotográficas que capturam uma imagem do *sub-assembly* e por comparação com uma imagem de um produto correctamente montado (imagem *standart*), verificam se todos os componentes foram inseridos correctamente, se as ligações foram bem efectuadas, e a presença de objectos não desejados no interior do aparelho. Estas câmaras foram colocadas nos postos que contem a ligação de *flex cables* (Figura 21).

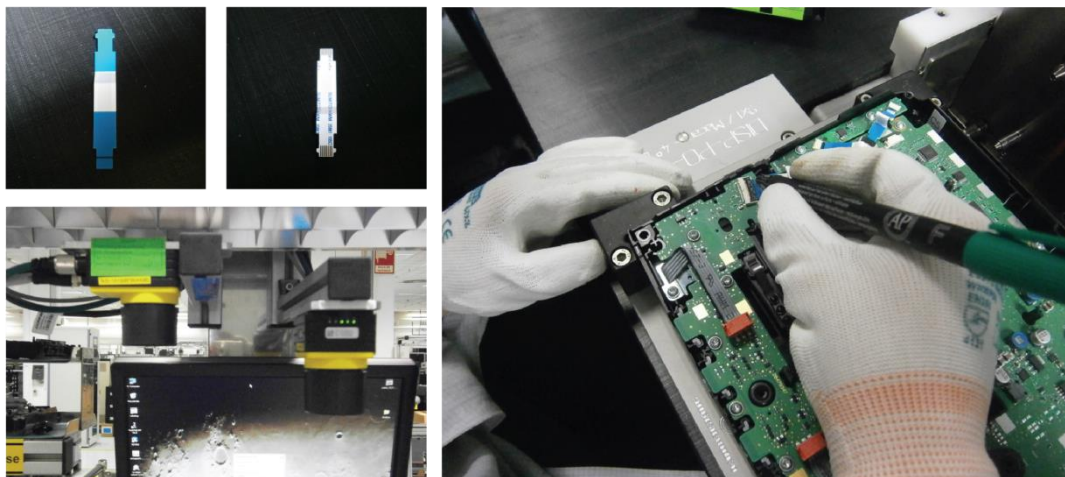


Figura 21- Sistemas anti erro para flex cables

Em cada posto de trabalho, foram implementados dispositivos que servem como base de apoio para o produto, oferecendo uma fixação robusta e facilitando a realização das tarefas. Contêm mecanismos de prensa que auxiliam as operações de encaixe por mecanismos de *Snap*. Estes dispositivos estão munidos de sensores de movimento e de presença para garantir o correto posicionamento dos produtos.

Os dispositivos são preenchidos por máscaras de aparafusamento, que indicam o local e sequencia das tarefas de aparafusamento, através de sistemas visuais. Contêm sensores que informam o colaborador se a operação foi efectuada correctamente, apenas libertando o produto para o posto seguinte quando todas as tarefas de aparafusamento forem concluídas com sucesso. As máscaras de aparafusamento oferecem, também protecção contra a queda acidental de parafusos, ou outros materiais de pequenas dimensões, para dentro dos aparelhos. Na figura 22 são apresentados alguns dos dispositivos usados. No anexo 5 – Dispositivos anti erro do produto “X” encontra-se uma versão a três dimensões dos mesmos.

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

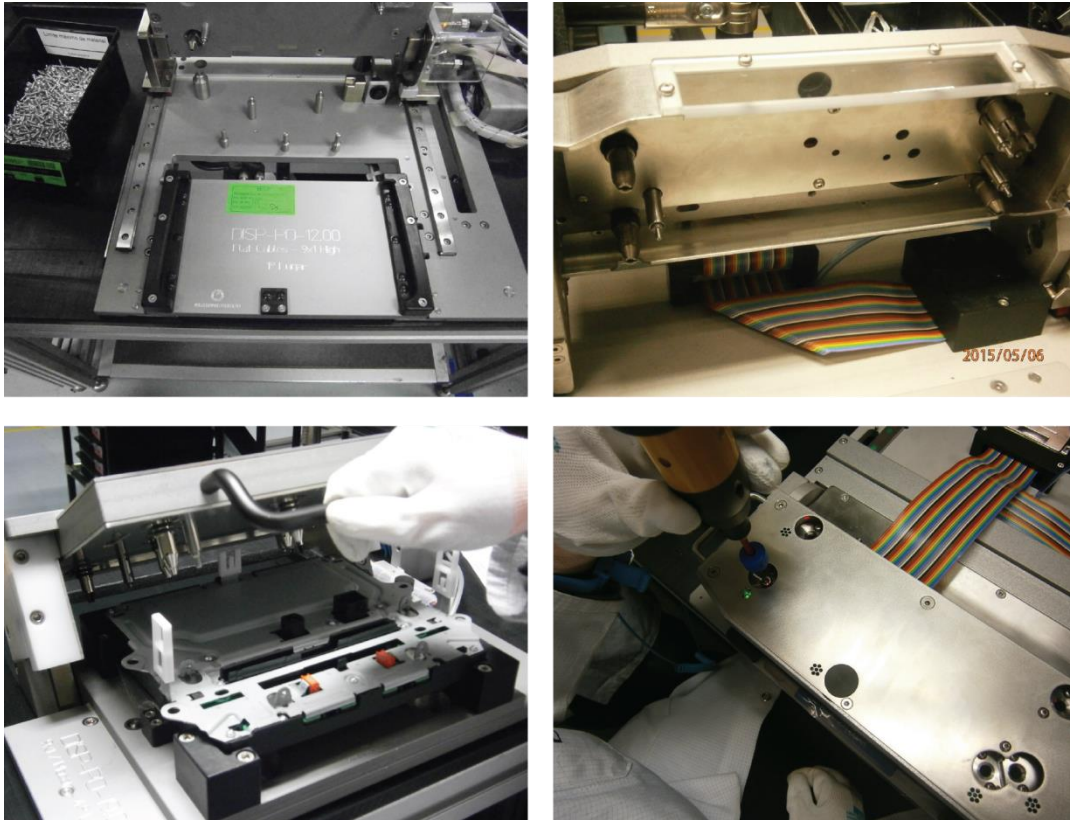


Figura 22 - Dispositivos anti erro montagem final produto "X"

Nos monitores de cada posto surge, também a informação relativa ao aparafusamento daquele aparelho (Figura 23). O programa é carregado automaticamente a quando da leitura do manifesto de produção para evitar o uso de programas incorrectos.



Figura 23- Programa de auxílio à montagem

Outro método *error proofing* consiste na necessidade de leitura dos códigos QR de todos os componentes utilizados. A leitura de um componente errado é detectada e rejeitada pelo sistema que apenas liberta o conjunto para o posto seguinte quando o componente correto for lido e colocado (Figura24).



Figura 24- Leitura do QRC

Foram ainda implementadas bases (figura 25) entre os postos que servem de *buffer* com capacidade para um conjunto e protegem a integridade dos aparelhos.

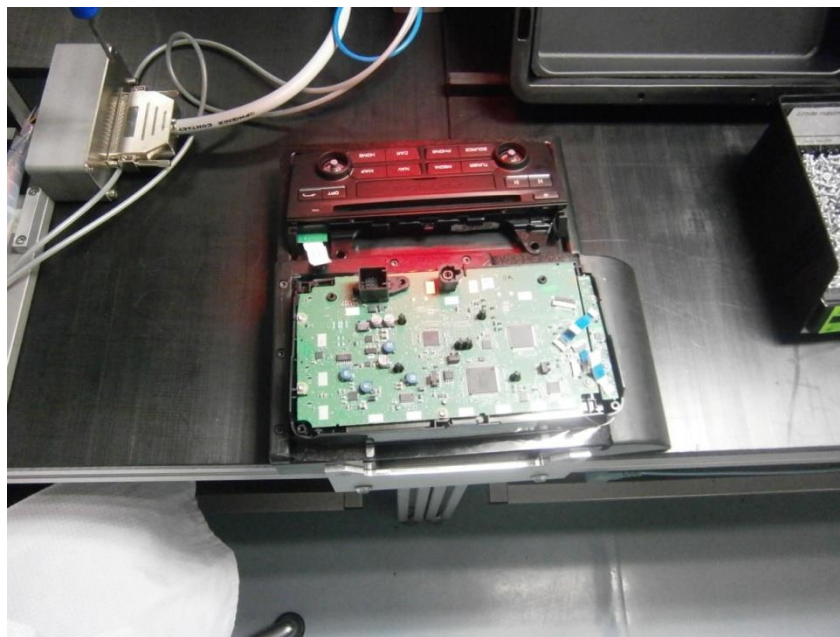


Figura 25 - Bases entre postos de trabalho

Posteriormente, estas bases foram colocadas diretamente por baixo dos scanners que lêem os códigos QRC dos componentes para que fossem lidos automaticamente aquando da passagem do conjunto posto seguinte.

4.10 Abastecimento da linha

O abastecimento da linha de produção é feito por um colaborador do departamento logístico alocado ao armazém. O departamento de Planeamento e Controlo Logístico informam o armazém de quando vai ser iniciada a produção do Produto “X”. No armazém é impresso um manifesto de produção que fornece a informação ao operário logístico sobre que materiais e em que quantidades são necessários à manufactura do produto “X”. Durante as primeiras 3 pré-series, não foram utilizadas rampas de abastecimento, assim o material é dividido pelos postos pelo departamento de engenharia e colocado na superfície de trabalho o que dificulta as actividades dos colaboradores. Nesta fase o material chega a linha, ainda nas caixas do fornecedor, o que em alguns casos não é ideal.

Com a definição do conteúdo de trabalho é identificado que material entra em cada posto. Durante a actividade apelidada de *Parts Presentation*, que diz respeito a como o material é apresentado na linha de montagem final foram desenvolvidas caixas personalizadas para otimizar o processo de aprovisionamento da linha e evitar paragens por falta de material.

Foram feitos *mockups*, protótipos, para definir como cada componente é apresentado nos postos de trabalho (Figura 26).



Figura 26- Mockup Parts Presentation Posto 4

No posto 1 dão entrada os *displays*, a placa principal e parafusos. Os *displays* foram mantidos nas caixas enviadas pelo fornecedor devido ao facto de serem um componente sensível e as caixas oferecerem uma protecção satisfatória, evitando-se assim *handlings* desnecessários. As caixas dos displays têm 60 cm de largura e 40 cm de comprimento e capacidade para 4 *displays* (Figura 27). As placas principais, aquando da sua individualização são colocadas em caixas de 25 cm por 35 cm e contêm 3 placas principais. Os parafusos são fornecidos nas caixas padrão para parafusos que a Delphi utiliza e são utilizados em todos os postos.

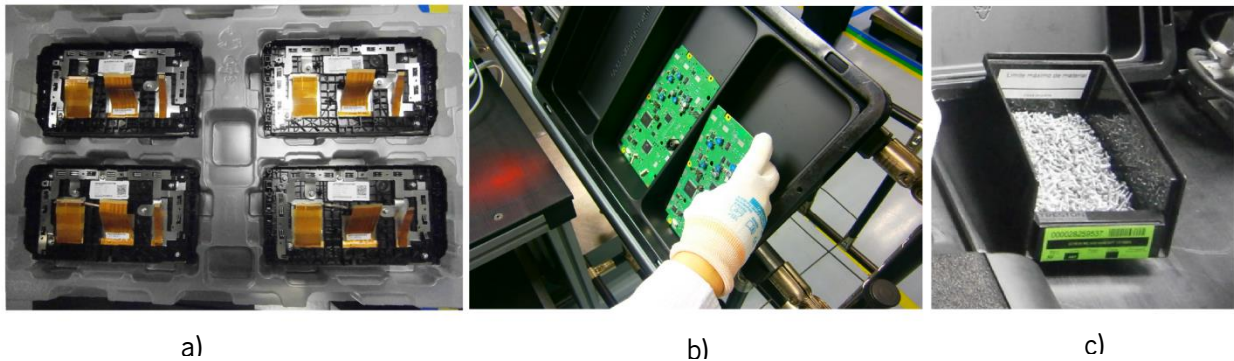


Figura 27 – a) Caixa display; b) Caixa placa principal; c) Recipiente para parafusos.

O posto de trabalho 2 recebe o *housing main conector* em recipientes de 16 cm por 12 cm e com 7 cms de profundidade. As IRs são abastecidas em caixas personalizadas de 15 cm x 20 cm capazes de conter 24 unidades. Os *flex cables* do tipo 1 são aprovisionados em caixas iguais às dos parafusos (Figura 28).



Figura 28 – a) Recipientes flex cables; b) Caixa IRs.

No posto de trabalho 3 são utilizadas as *covers* e as *Keyboards*, ambas fornecidas em caixas com as mesmas dimensões das utilizadas para as placas principais e também com capacidade para 3 unidades. São ainda necessárias para a realização das tarefas do posto os *encoders*, direito e esquerdo em recipientes iguais aos do *housing main conector* e os *flex cables* do tipo 2, aprovisionados em caixas iguais às dos parafusos.



Figura 30- Caixa de keybords e covers

Por fim, no posto de trabalho 4, dão entrada as *sockets* e os botões esquerdo e direito (Figura 31). O fornecedor envia as *sockets* em caixotes de 40 cm por 25 cm com uma profundidade de 25 cm. Foi elaborada, em conjunto com o fornecedor, uma base para estes caixotes para evitar a danificação das molas das *sockets*. No entanto, a capacidade das caixas passou de 12 para apenas 8 unidades. Os botões são apresentados em caixas personalizadas de 40 unidades com 20 cm x 30cm.

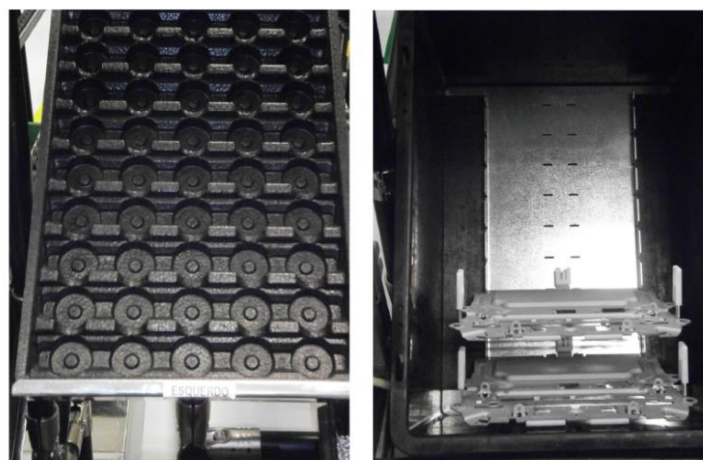


Figura 31- Caixa dos botões e caixa das sockets

Como já foi referido, a situação de aprovisionamento nas 3 primeiras pré-séries não é aceitável, provocando elevados tempos de ciclo e problemas na produção. Foi apenas utilizada pela indisponibilidade de rampas de abastecimento e pelos prazos apertados que o cliente impôs para analisar os primeiros aparelhos produzidos. Na quarta pré série foram utilizadas rampas de abastecimento, capazes de aprovisionar todo o tipo de caixas utilizadas. Foram utilizadas rampas da linha de produção 1 que no momento estava a ser desmantelada. As rampas utilizadas estão ergonomicamente aptas para esta linha de montagem final, pois tinham sido aprovadas para conteúdos de trabalho com maiores pesos e maior frequência de operações pelo departamento de higiene e segurança no trabalho da Delphi Braga. Todas possuem comprimento suficiente para garantir que não há faltas de material entre passagens do colaborador responsável pelo abastecimento das mesmas.

Num prisma de gestão visual todas as rampas são identificadas para facilitar a identificação das mesmas pelo operário do abastecimento e evitar que este coloque componentes em rampas incorrectas (Figura 32).

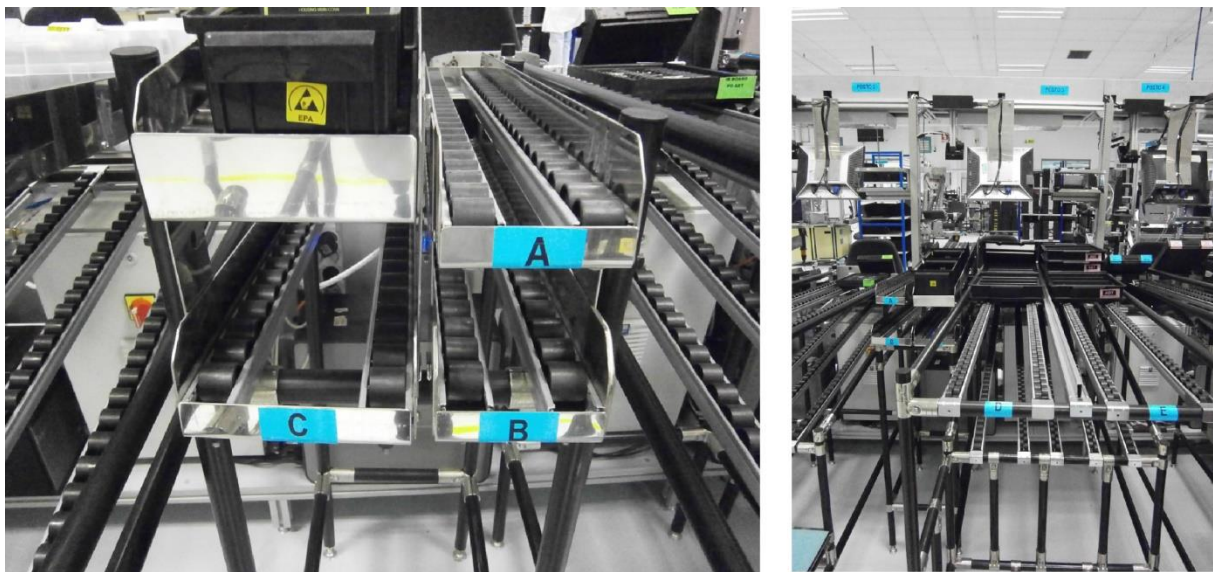


Figura 32- Gestão Visual Rampas Abastecimento

4.11 Verificação de resultados após implementação de melhorias

Após a implementação das acções de melhoria, e da adaptação e aprendizagem dos colaboradores aos novos dispositivos e sistemas anti erro instalados, foi realizada uma pré série com o objectivo de verificar os resultados da implementação das mesmas. Nesta Pré série foram manufacturadas 100 unidades, sendo que todas estavam dentro dos padrões de qualidade representando um FTQ de 0%. Os tempos Máquina dos equipamentos de teste foram reduzidos para 68 segundos para o teste Visual, 73 segundos Para o teste Funcional e 30 segundos para a máquina CMI.

Na tabela 17 são apresentados os resultados obtidos e na tabela 18 são analisados os tempos sem ter em conta os postos dos testes.

Tabela 17- TC em segundos

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
Tempo de ciclo	52,05	51,98	51,90	51,74	14,12	97,33	102,05	53,14
Eficiência	58%							
Índice Planura	142,12							

É notável a maior redução dos tempos de cada posto nos postos com maior número de ligação de cabos.

Os tempos associados aos postos de testes são ainda muito elevados em relação aos tempos de saída dos produtos dos postos de montagem final, comprometendo a eficiência e o índice de planura da linha.

O posto dos testes, durante estas cinco pré séries processou os produtos com um tempo de ciclo quase duas vezes maior que o posto mais demorado da montagem final, criando um nível de work in process (WIP) e esperas desnecessárias no posto de embalamento.

Como já foi referido, o elevado tempo de ciclo nos postos dos testes deve-se, principalmente ao tempo máquina dos equipamentos, isto é, o tempo em que o operário aguarda que a máquina proceda ao teste do produto.

Tabela 18- TC em segundos

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita
Tempo de Ciclo	52,05	51,98	51,9	51,74	14,12
Eficiência	85%				
Índice de Planura	37,93				

Quando analisado o desempenho do sistema sem ter em consideração a secção dos testes verifica-se que o novo tempo do posto de colocação de fita é muito reduzido quando comparado com o tempo de ciclo dos 4 postos a montante, implicando esperas e aumentando o *bottleneck* criado pelos postos dos testes.

4.11.1 Eliminação do Bottleneck

Com o objectivo de otimizar o sistema, melhorando a sua cadência de produção, foi analisado o *bottleneck* criado pelos postos dos testes. *Bottleneck*, ou estrangulamento é um ponto que limita todo o desempenho do sistema.

Após várias actualizações e melhorias dos programas de testes responsáveis pelo funcionamento dos equipamentos de teste Visual, Funcional e CMI, o departamento responsável pelo desenvolvimento dos sistemas de testes concluiu que não é possível baixar os tempos máquina, de 68 segundos para o equipamento de Teste Visual, 73 segundos para o Teste Funcional e de 30 segundos para a CMI, sem comprometer os parâmetros de qualidade impostos pela marca “A”.

Estes tempos, não são compatíveis com a cadência de produção que a Delphi Braga prevê que seja necessária. Assim foi elaborado um estudo quanto ao aumento de capacidade nos postos de teste Visual e Funcional.

Foi reutilizado um equipamento de Teste Visual que se encontrava no armazém de equipamentos desactivados, proveniente do desmantelamento de uma das linhas de produção de um produto que foi descontinuado. O equipamento foi então adaptado e foram instalados os programas de teste correspondentes ao produto “A”, deixando o equipamento em condições iguais à do Teste visual já presente.

O novo equipamento de teste funcional foi adquirido, representando um investimento médio que respeitou o orçamento previsto para a implementação da linha de produção.

O tempo de ciclo do posto de colocação de fita, foi reduzido drasticamente devido ao dispositivo instalado e à nova apresentação da fita de protecção. Assim ponderou-se duplicar este posto e anexa-lo ao posto de teste Visual, tirando um melhor aproveitamento da força laboral.

Na tabela 19 estão presentes os tempos de saída da montagem final em comparação com os tempos associados aos postos de teste antes e depois da duplicação dos equipamentos.

Tabela 19- Tempos de saída da montagem final em segundos

	Antes		Depois	
TC Montagem Final	TC Posto Fita + Teste Visual	TC Teste Funcional	TC Posto Fita + Teste Visual	TC Teste Funcional
52,05	113,45	102,05	55,72	51,025

Como é visível a junção do posto de colocação de fita com o do Teste Visual, bem como a sua duplicação, ameniza bastante o bottleneck apesar de não o eliminar por completo, pois o tempo de ciclo é ainda 3 segundos superior ao dos postos da montagem final e 4 segundos maior que o do posto de Teste Funcional. No entanto, permite manter uma cadência de produção viável sem comprometer os padrões de qualidade

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

impostos pela marca "A". Foram então aplicados *buffers* com capacidade para 5 unidades entre os posto 4 e entre todos os postos de teste.

Não havendo limitações de espaço, na figura 33 é apresentado o *layout* antes da mudança e depois da duplicação dos equipamentos figura 34.

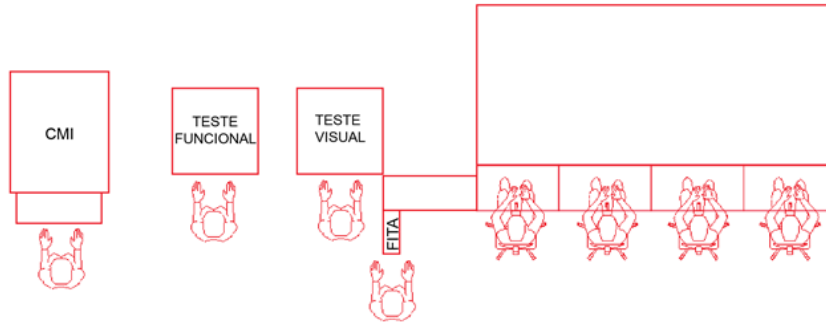


Figura 33- Layout antes da mudança

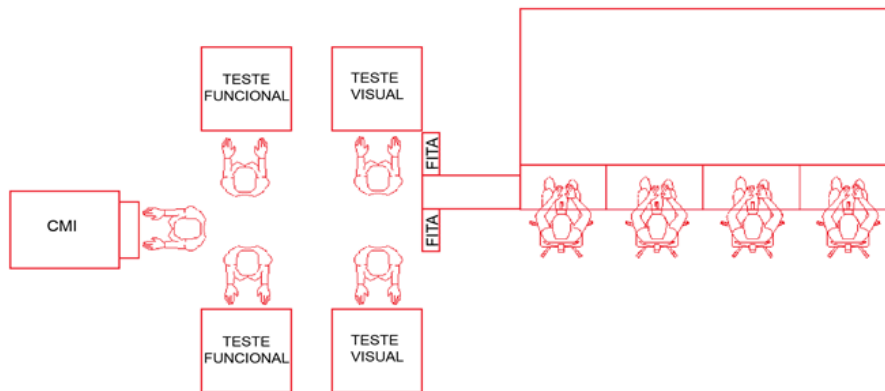


Figura 34- Layout depois da mudança

Foi então analisada a eficiência e índice de planura da linha de produção depois desta alteração (Tabela 20).

Tabela 20- TC em segundos

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita + Teste Visual	Teste Funcional	CMI
Tempo de ciclo	52,05	51,98	51,90	51,74	55,72	51,03	53,13
Eficiência	94,2%						
Índice planura	9,31						

A eficiência da linha é agora satisfatória sendo superior a 90%, apesar de o índice de planura poder ser considerado ainda demasiado elevado a linha está apta para a produção em serie do produto “X”.

4.12 Força Laboral

O número de colaboradores alocados à linha de produção está directamente relacionado com o número de postos de trabalho. Há ainda que ter em conta o chefe de linha, responsável pelo bom funcionamento da mesma e os operários do abastecimento. Estes são considerados colaboradores indirectos pois não têm contacto com o produto.

Na tabela 21 é possível visualizar o número de colaboradores alocados à linha de produção antes e depois da duplicação dos equipamentos de teste.

Tabela 21 - Número de colaboradores por posto, antes e depois da mudança

		Montagem	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI	Abastecimento	Chefe de Linha	Total
Nº Colaboradores	Antes	4	1	1	1	1	1	0	9
	Depois	4	2		2	1	1	1	11

Com a mudança efectuada, a linha necessita de mais 2 operadores do que nas condições utilizadas na pré série, sendo que um desses colaboradores é o chefe de linha que não era contabilizado antes. O Chefe de linha é responsável pelo cumprimento dos objectivos de produção da linha e pelo controlo da mesma. O Operador responsável pelo abastecimento está encarregue de transportar o material necessário desde o armazém até à linha e de aprovisionar as rampas de abastecimento. Este conteúdo de trabalho foi alocado a uma das rotas de abastecimento já existentes.

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

É de salientar que dos 10 operários directos, 2 deles são considerados versáteis, isto é, são capazes de desempenhar todos os postos da linha e de substituir qualquer colaborador caso este esteja ausente por qualquer razão.

4.13 Trabalho Normalizado

Depois de analisados os tempos de ciclos das várias pré-series realizadas foi feito um balanceamento do conteúdo de trabalho da linha de modo a optimizar o seu desempenho. Este passo é essencial para se poder criar uma situação de trabalho normalizado.

O trabalho normalizado é um processo evolutivo, em que começa com a criação de um conjunto de instruções utilizadas na primeira pré série e através da observação e feedback dos colaboradores é melhorado continuamente. Depois de se atingir um balanceamento satisfatório e de os dispositivos *error proofing* estarem já implementados, são elaboradas as Instruções de Trabalho.

As instruções de trabalho contêm a sequência e descrição das actividades de cada posto, bem como o número de movimentos necessários e tempos associados.

As Instruções de Trabalho para a montagem final do Produto "X" são apresentadas no Anexo 6 – Trabalho normalizado.

5 Integração do produto “Y”

Com a nova linha de produção para o produto “X” implementada, a marca “A” negociou com a Delphi Braga a introdução de um novo produto nessa mesma linha de produção.

O novo produto, apelidado de produto “Y”, é essencialmente igual ao produto “X” possuindo as mesmas funcionalidades e características. No entanto, apresenta diferenças nas suas dimensões, tratando se de um auto rádio para um modelo de automóvel diferente.

O processo de implementação do produto “Y” foi idêntico ao descrito para o produto “X” mas bastante mais simples devido há existência de uma linha de produção apta para a sua manufactura, ao contrário do produto “X” de onde se partiu do zero.

O número de *workshops*, realizados entre as várias entidades responsáveis pelo projecto, para definir todas as características e prazos do processo produtivo do novo produto foi menor.

Todas as etapas de desenvolvimento tiveram por base a experiência adquirida com a implementação do produto “X”. Assim, todos os componentes foram produzidos à partida, já com os sistemas visuais de auxílio à montagem implementados para o produto “X”.

Esta base para a implementação do novo produto, facilitou o processo, reduzindo o número de pré séries necessárias para a entrada na produção em serie.



Figura 35- Produto "Y"

5.1 Processo Produtivo do Produto “Y”

O produto “Y” é manufacturado através do exacto processo produtivo descrito no capítulo 4.2 para o produto “X”.

No edifício 2, são processados os seus componentes plásticos, passando pela mesma sequência de operações, apenas utilizando moldes diferentes, próprios para o novo produto, para o processo de injeção das diversas partes.

No edifício 1 passa-se o mesmo, o percurso dos diversos componentes constituintes do produto final é igual aos do produto “X”, sendo sujeito aos mesmos processos e operações, com a alteração dos programas instalados na placa principal.

A montagem final do produto “Y” é igual à descrita no capítulo 4.4 tendo todos os postos o mesmo conteúdo de trabalho para os dois produtos. Os tempos máquina para os equipamentos dos testes são os mesmos.

Os processos e recursos necessários para garantir a produção do produto “Y” com uma cadência viável e dentro dos padrões de qualidade são então os mesmos utilizados para o produto “X”.

5.2 Lista de Materiais do Produto “Y”

A *bill of materials* do produto “Y” é igual, tanto no tipo de componentes como nas suas quantidades à apresentada no capítulo 4. 5 para o produto “X”. No entanto apenas 7 componentes são exactamente os mesmos.

A placa principal e *Keyboard*, apesar de terem o mesmo formato físico que as do produto “X”, contêm programas de funcionamento diferentes, sendo registadas com um diferente código para a sua identificação. Os *displays* e *sockets*, e botões utilizados são também diferentes. Assim aquando da troca de produto é necessário abastecer a linha com os materiais correctos.

5.3 Abastecimento do Produto “Y”

Como já foi referido, o conteúdo de trabalho por posto para os dois produtos é igual, necessitando do mesmo tipo de componentes nos mesmos sítios. Assim, a entrada de material na linha de produção é realizada da mesma forma.

Com a excepção dos *displays*, foi possível manter todos os componentes em caixas das mesmas dimensões e com a mesma capacidade que as utilizadas para aprovisionar os componentes do produto “X”, tendo sido apenas necessário personalizar a base da caixa das *sockets* para a do produto “Y”.

Quanto aos *displays*, devido à sua maior dimensão foi necessário utilizar uma caixa diferente inicialmente. Aquando da troca de um produto para o outro o operário responsável tinha que realizar um pequeno ajuste na rampa de abastecimento que demora menos de um segundo. No entanto esta alteração implica que o operário estivesse presente quando a rampa estivesse totalmente livre de *displays* do produto “X” não podendo abastecer o posto antes disso. Este facto torna esta operação numa tarefa de *setup* interno, pois

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

implica uma paragem na produção, havendo também o risco de paragem por falta de material se o colaborador do abastecimento não estiver presente no momento certo. Assim foi pedido o fornecedor dos displays que alterasse a caixa do display usado no produto “X” para as mesmas dimensões da nova caixa para serem passíveis de introduzir na mesma rampa de abastecimento sem ter de se proceder a ajustes.

5.4 Dispositivos Error-Proofing

Como já foi mencionado todos os componentes necessários a manufactura do produto “Y” foram desenhados com base nos mecanismos de auxílio a montagem implementados para o produto “X”.

Tiveram de ser elaborados novos dispositivos de fixação do aparelho e novas máscaras de aparafusamento devido à diferente fisionomia do auto rádio, no entanto, estes foram idealizados com base nos mesmo princípios e os mecanismos que os já implementados.

Os sensores e programas de aparafusamento e de auxílio à montagem são também carregados a quando da leitura do manifesto de produção, sendo o seu funcionamento em tudo idêntico aos do do produto “X”.

5.5 Análise das Pré-Series

Tendo a linha de produção implementada e o processo produtivo do produto “X” bem definido, estando já os colaboradores familiarizados com o mesmo, a implementação deste novo modelo, idêntico, torna-se bastante mais fácil.

Assim para analisar o progresso das acções para implementar o produto “Y” e o desempenho da linha aquando da sua produção foi realizada apenas uma pré-série na qual foram manufacturadas 200 unidades.

A realização desta pré-série contou já com a utilização dos novos dispositivos de auxílio a montagem bem como todas as acções de melhoria descritas no capítulo 4.8.

Foi também realizada já com a junção do conteúdo de trabalho do posto de colocação da fita com o posto de Teste Visual e com a respectiva duplicação de equipamentos.

As medições dos tempos foram realizadas seguindo os mesmos parâmetros que os mencionados no capítulo 4.6 e são apresentadas no anexo 4 – Estudos dos tempos.

Na tabela 22 é possível observar os resultados obtidos durante esta pré-série produtiva.

Tabela 22- Tempo de ciclo em segundos

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita + Teste Visual	Teste Funcional	CMI
Tempo de ciclo	52,02	52,01	52,02	51,77	55,84	51,06	53,12
Eficiência	94,1%						
Índice planura	9,52						

Como é visível foram obtidos resultados idênticos aos da última pré-série realizada para o produto "X". Durante esta pré-série todos os aparelhos produzidos estavam dentro dos padrões de qualidade não havendo nenhum não conforme.

Apesar do índice de planura ser ainda elevado o produto está em condições para entrar na produção em série.

5.6 Changeovers

A linha de produção tem agora 2 produtos para manufacturar. Como foi enunciado no capítulo 5, os produtos "X" e "Y" são idênticos. Ambos os produtos carecem das mesmas operações e têm o mesmo conteúdo de trabalho, têm tempos de ciclo praticamente iguais e a sua *Bill of Materials* semelhante.

No entanto, aquando da troca de um produto para o outro é necessário proceder a algumas operações para que a produção seja possível.

Para ter um *changeover* rápido e eficiente, com base na metodologia SMED, tentou-se que todas as operações necessárias à mudança de produto fossem considerados *setups* externos, isto é, não implicassem a paragem da produção.

Quanto à mudança do material que abastece a linha é necessário trocar o *display*, a placa principal, *Keyboard*, *cover*, botões e *socket*. Esta operação é executada pelo colaborador responsável pelo abastecimento da linha que é informado da troca de produto através dos manifestos de produção e procede ao aprovisionamento da linha enquanto a linha de montagem finaliza a manufactura do produto que vai ser trocado. Esta tarefa é então feita sem prejudicar a produção.

Antes do início da produção do novo produto é necessário proceder à alteração dos dispositivos *error-proofing* de cada posto, isto é, trocar o dispositivo que engloba as bases de suporte e as máscaras de aparafusamento. Esta tarefa é realizada pelo próprio colaborador, cada operário é responsável pela troca do dispositivo do seu posto de trabalho. Esta tarefa implica a paragem da produção sendo considerada um *setup* interno. Os dispositivos encontram-se num armário próprio para o seu armazenamento, junto da linha, e são transportados pelo chefe de linha. O mesmo procedimento é também executado nos equipamentos de Teste Visual e Teste Funcional, sendo necessário proceder à troca da base dos auto rádios.

Sendo esta a única operação que implica a paragem da produção quando se realiza a troca do produto, foram analisados os tempos necessários para a sua realização que levou à conclusão que são perdidos 2 minutos de tempo produtivo a cada *changeover*.

Como já foi referido, os parafusos e parâmetros de aparafusamento são os mesmos para os dois produtos, assim não é necessária a troca de *bits* (ponta das aparafusadoras) nem o ajuste das aparafusadoras. O programa de aparafusamento é carregado automaticamente na leitura do manifesto de produção do novo artigo a produzir. O mesmo sucede com os programas de teste.

Apesar de ser considerado um *changeover* rápido e eficiente, estão a ser desenvolvidos dispositivos que permitam a produção do produto “X” e “Y” sem a necessidade de trocas, realizando apenas um ajuste na base de suporte dos aparelhos. Desta forma será possível agilizar ainda mais as trocas de produto, evitando deslocações e operações desnecessárias e reduzindo o tempo de paragem da produção.

6 Resultados do Sistema

Para ser possível analisar a prestação da linha de montagem final do produto “X” e “Y”, foram recolhidos os dados necessários para o cálculo dos indicadores de desempenho para os meses de Maio de 2015 até Setembro.

Durante este período, devido aos baixos volumes de produção, a linha de montagem final do produto “X” e “Y” não funciona ao máximo da sua capacidade, isto é, não produz durante os dois turnos completos. Assim, para se obter o tempo real de trabalho da linha, registaram-se o número de horas de trabalho do segundo turno para os meses analisados, que foram somadas às 7,6 horas do primeiro turno para obter o tempo real de produção diária para cada mês.

Com recurso às equações apresentadas no capítulo 2.6, foram calculados os valores da taxa de produção que diz respeito ao número de produtos manufacturados por hora, e a produtividade, que relaciona o número de *outputs* por hora-homem.

No entanto, a Delphi Braga atribuiu maior importância a indicadores como a Eficácia Operacional, o FTQ, e os níveis de *Scrap*.

Na tabela 23 são apresentados os valores dos indicadores de desempenho para os diferentes meses analisados e uma média dos mesmos.

Tabela 23 - Indicadores de desempenho por mês

Mês	Nº de dias	Produção (Uni/mês)	Horas / Dia	OE (%)	Taxa de Produção (uni/h)	Produtividade (uni/ h.H)	FTQ (%)	Scrap(%)
Maio	20	14940	11,6	98,70%	64,40	5,85	1,47%	0,0130%
Junho	21	15687	11,6	98,92%	64,40	5,85	1,08%	0,0120%
Julho	23	18000	12,2	98,85%	64,15	5,83	1,15%	0,0000%
Agosto	21	14868	11	98,95%	64,36	5,85	1,05%	0,0067%
Setembro	22	17434	12,3	98,85%	64,43	5,86	1,03%	0,0057%
Média		16186	12	98,85%	64,35	5,85	1,16%	0,0075%

O primeiro mês de produção é aquele que apresenta um FTQ e um nível de *Scrap* maior. Este facto pode ser justificado com a formação dos operadores no conteúdo de trabalho da linha de produção. O mês de Maio foi aquele em que houve maior introdução de novos grupos de colaboradores que se encontram ainda num processo de aprendizagem e adaptação ao produto. Como é visível tanto o FTQ como os valores de *Scrap* apresentam uma tendência decrescente com o decorrer da produção.

Os valores do OE são considerados bons, tendo a Delphi Braga estabelecido que todas as linhas ou células de produção devem ter uma eficácia operacional nunca inferior a 95%.

6.1 Tempos improdutivos

O chefe de linha tem, entre as suas funções, a de registar e investigar as causas de paragens imprevistas. Assim os tempos improdutivos devido a paragens não planeadas são contabilizados no sistema, assim como as suas causas, para que possam entrar no cálculo do OE da linha de produção. A Delphi Braga mantém como referência um OE de 95%, qualquer valor abaixo disto significa que tem de haver uma intervenção na linha em questão.

Na figura 36 é apresentado um diagrama de *Ishikawa*, ou diagrama em espinha de peixe, com as principais causas de paragens imprevistas para os meses de Maio de 2015 até Setembro.

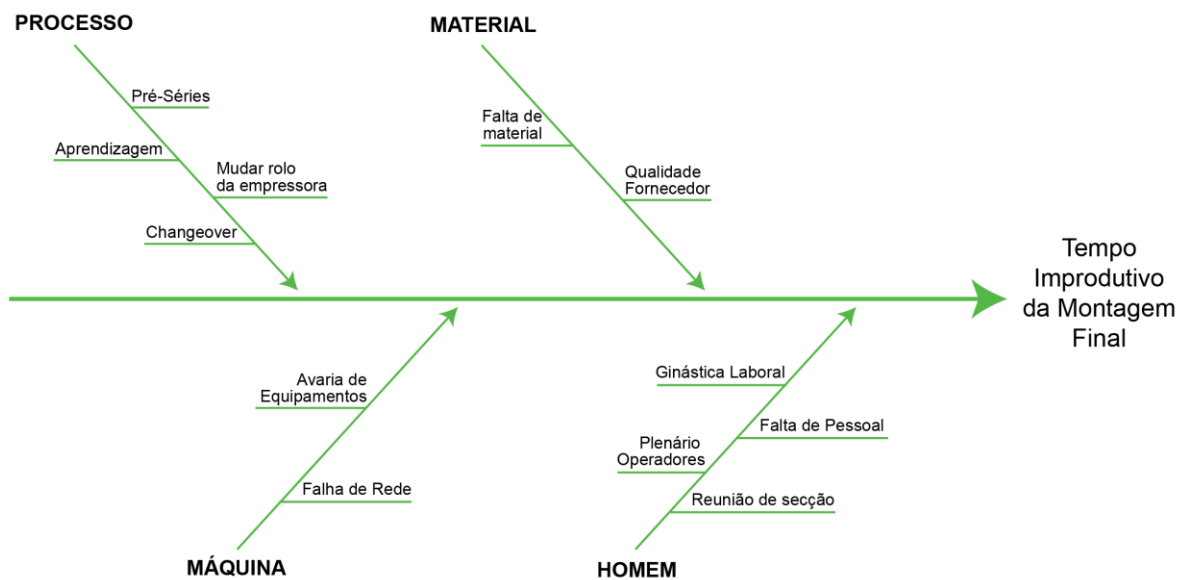


Figura 36- Diagrama Ishikawa, causas de tempo improdutivo

Foram também contabilizados os tempos associados a cada causa de paragem tabela 24, em minutos por dia, para o mesmo período de tempo, com o objetivo de avaliar o impacto de cada causa de tempo improdutivo, as medições são apresentadas no anexo 7 – Análise de tempos improdutivos.

As principais causas de paragem da produção na linha em causa são a ginástica laboral e as pré séries. No entanto, a ginástica laboral não é contabilizada para o cálculo do OE pois são paragens planeadas. Assim havendo 7,6 horas disponíveis por turno, a linha de produção do produto “X” e “Y” apresenta uma percentagem de tempo improdutivo de 1,15%

Tabela 24 - Média de tempos improdutivos por dia

Total	
Causa	Tempo (min/dia)
Changeover	2,03
Mudar o rolo Impressora	0,58
Aprendizagem	1,82
Pré Séries	2,76
Avaria equipamentos	0,28
Falha Rede	0,28
Falta de Material	0,33
Qualidade Fornecedor	0,28
Ginástica Laboral	8,00
Plenário Operários	0,84
Reunião Secção	0,93
Falta de Pessoal	0,32
Total	18,45

As pré-séries, apesar de serem a segunda principal causa de paragens na produção são atividades necessárias à introdução de novos produtos na linha em questão.

As paragens devido a mudanças de produto, *changeovers* representam a perda diária de 2 minutos de tempo produtivo. Esta operação pode então ser considerada rápida e eficiente.

Em relação ao tempo perdido por falta de material, este aconteceu devido a situações esporádicas ligadas ao departamento de logística e não está diretamente relacionado com a linha de produção.

Durante o período analisado ocorreu uma sessão plenária de urgência do sindicato dos trabalhadores que representou uma perda de 0,84 minutos diários.

6.2 Cálculo do Takt Time

Para averiguar se o desempenho da linha de montagem final do produto “X” e “Y” é de facto viável para corresponder a prazos de entrega e atingir os objectivos desejados foi comparado o Tempo de Ciclo com o *Takt Time*.

Para o cálculo do *Takt Time* foram utilizadas os volumes de encomenda, previstos pela marca “A”, para os próximos 5 anos.

Na tabela 25, estão presentes as quantidades anuais e diárias requeridas pela marca “A”.

Tabela 25 - Volumes de vendas por ano

Ano	Procura Anual	Semanas Disponíveis	Procura Diária
2015	119458	32	747
2016	211540	49	864
2017	234922	49	959
2018	211078	49	862
2019	185939	49	759
2020	120550	49	493

É possível observar um aumento das encomendas até ao ano de 2017, onde se atinge o pico de quantidade, e um posterior declínio até ao ano 2020.

Foi então calculado o *Takt Time* Planeado e o *Takt Time* Útil para os diferentes anos (tabela 26), para averiguar se a Delphi Braga é capaz de responder à procura do mercado. Os cálculos efectuados, com base nas equações apresentadas no capítulo 2.5, no anexo 8 – Cálculo do Takt Time.

Tabela 26- Análise do Takt Time

Ano	Tempo Ciclo (seg)	TT Diário (seg)	TT Planeado (seg)	TT Útil	TT Útil - TC (seg)
2015	55,77	77,11	73,25	72,41	16,64
2016	55,77	66,66	63,33	62,61	6,84
2017	55,77	60,06	57,05	56,41	0,64
2018	55,77	66,82	63,48	62,75	6,98
2019	55,77	75,8	72,09	71,27	15,5
2020	55,77	116,83	110,99	109,72	53,95

No ano de 2017, aquele com maior número de encomendas, a empresa consegue garantir, apesar da curta margem verificada que o tempo de ciclo da linha é inferior ao intervalo de tempo em que o mercado requer um produto. Assim a empresa não corre riscos de incumprimento de prazos.

6.3 Capacidade Produtiva

Com o objectivo de se analisar a capacidade necessária para a manufactura das quantidades previstas e a utilização dos recursos disponíveis, bem como otimizar o planeamento da produção, foi elaborado um cálculo de capacidades para a linha de montagem final em estudo (tabela 27).

Os cálculos efectuados, recorrendo às equações presentes no capítulo 2.6.7, são apresentados no anexo 9 – Cálculo de capacidades

Tabela 27- Análise capacidade produtiva

Ano	Capacidade Instalada (seg)	Capacidade Disponível (seg)	Capacidade Efectiva (seg)	Capacidade Realizada (seg)	Capacidade Necessária (seg)	Utilização (%)
2015	86400	57600	54720	54091	41623	76,9%
2016					48186	89,1%
2017					53484	98,9%
2018					48074	88,9%
2019					42330	78,3%
2020					27495	50,8%

A Capacidade Realizada relaciona a Capacidade Efectiva, com turnos de 7,6 h de trabalho efectivo, com o OE da linha de montagem final de 98,88%. Para calcular a capacidade necessária para os diversos anos, foram multiplicados os volumes requeridos pela marca “A” apresentados no capítulo 6.2, pelo tempo de ciclo da linha.

A relação entre a Capacidade Necessária para a produção das quantidades pedidas, e a Capacidade Realizada, revela o grau de utilização da linha de montagem.

Pode-se verificar que no ano 2017, em que a quantidade de produtos requerida atinge o seu pico, a utilização da linha atinge um valor óptimo, traduzindo-se numa utilização dos recursos disponíveis de quase 99%.

No entanto, para os restantes anos o valor da utilização está abaixo dos nível padrão estipulado pela Delphi Braga de 90 %, apenas se aproximando nos anos de 2016 e de 2018.

É então necessário proceder a um ajuste de capacidade para evitar que a empresa incorra em custos ligados ao desperdício de recursos.

Nesse sentido, em conjunto com a extinção de muitos dos produtos anteriormente produzidos, a Delphi Braga tem procurado garantir contratos, junto da marca “A” e de outras entidades do sector automóvel, para

expandir e modernizar a sua gama de produtos, podendo assim integrá-los na nova linha de produção otimizando a sua utilização.

Estão em curso negociações para garantir os direitos de produção de 3 modelos de autorádios do mesmo género do produto "X" e "Y" que implicarão a duplicação da linha de produção implementada.

7 Conclusão

Esta dissertação de mestrado foi baseada num projecto realizado na Delphi *Automotive Systems* – Portugal, S.A.. O projecto teve como principal objectivo a criação de uma linha de produção para a montagem final de um novo produto e a posterior integração de outro modelo nessa mesma linha.

O processo de implementação foi realizado com recurso as ferramentas e princípios *da Lean Production*.

Foram realizadas várias séries de pré produção, sendo para cada uma delas registados os respectivos pontos críticos e potencialidades de falha, sugeridos e implementados planos de acção e de melhoria numa óptica de melhoria continua através da filosofia do ciclo PDCA.

A melhoria do desempenho do sistema ao longo das várias pré-séries produtivas é evidente, confirmando o sucesso das acções de prevenção de falhas e de melhoria implementadas. O processo foi repetido até se ter atingido um tempo de ciclo nos postos de montagem final propriamente dita (posto 1,2,3 e 4) que garantisse uma boa cadência de produção respeitando os padrões de qualidade impostos pelo cliente.

Foi identificada uma grande disparidade de tempos entre o posto 4 e o posto de colocação da fita protectora, através da análise ao índice de planura. Foi também evidenciado um ponto de estrangulamento, *bottleneck*, nos postos de teste Visual e Funcional que apresentavam um tempo de ciclo quase duas vezes superior aos dos restantes postos.

Na impossibilidade de reduzir os tempos-máquina dos equipamentos de teste, foi analisada a situação de duplicação dos mesmos. Sem limitações de espaço, a solução mostrou-se viável sendo um dos equipamentos adquirido, sem exceder o orçamento atribuído ao projecto, e o outro adaptado a partir de um equipamento semelhante disponível no armazém de equipamentos inutilizados. O posto de colocação da fita protectora foi também duplicado e o seu conteúdo de trabalho anexado ao posto de Teste Visual. O processo produtivo na montagem final do produto “X” foi considerado apto para a produção em série apresentando um índice de planura e um tempo de ciclo aceitáveis.

Seguidamente realizou se a introdução do produto “Y” na linha implementada. O processo foi semelhante ao da implementação do produto “X”, com a nuance de já se possuir uma base de partida, e de os produtos partilharem o mesmo conteúdo de trabalho necessário à sua manufactura, tornando o processo mais simples.

Foi então elaborada uma análise ao desempenho do sistema com os dois aparelhos em produção. Foram analisados os indicadores de desempenho e calculados *Takt Times* para os diferentes anos com base no volume de encomendas com o intuito averiguar se o sistema é capaz de responder aos mesmos.

Foram então analisados os diferentes tipos de capacidade da linha para os vários anos, que revelou uma baixa utilização do sistema para a maioria dos anos deixando espaço à Delphi Braga para a introdução de novos produtos.

A realização deste projecto numa empresa desta dimensão permitiu a consciencialização do funcionamento de uma organização industrial e alargar conhecimentos sobre os temas abordados.

7.1 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, é necessário não se perder a óptica de melhoria contínua e continuar com a optimização dos tempos de produção e conteúdos de trabalho. Sugere-se a concentração na redução dos tempos, ou alteração dos métodos de teste para optimizar o balanceamento do conteúdo de trabalho dos postos.

A melhoria dos dispositivos anti erro implementados está já em curso com o objectivo de com o mesmo dispositivo ser possível a produção dos dois produtos sem necessidade de troca. Esta acção deverá reduzir bastante os tempos improdutos gastos em *changeovers*, melhorando assim o OE da linha.

É essencial que a Delphi ganhe o concurso de mais produtos novos, para modernizar a sua panóplia de produtos e para ser possível manter a sua quota no mercado dos auto rádios.

Prevê-se que com esta introdução de novos produtos, que estão presentemente a ser negociados, seja necessário a duplicação da nova linha e até a criação de novas linhas, ou adaptação das linhas antigas. Depois de introduzidos estes novos produtos deve ser optimizado o planeamento da produção para se tirar o máximo proveito da linha instalada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, C., & Alves, A. (2009). *Implementation of the pull levelling project in a car radio assembly firm*. Paper presented at the 3rd International Conference on Integrity, Reliability and Failure, Porto/ Portugal.
- Al-Tahat, M. D., & Jalham, I. S. (2015). A structural equation model and a statistical investigation of lean-based quality and productivity improvement. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(3), 571-583. doi:10.1007/s10845-013-0816-0
- Alves, J. R. X., & Alves, J. M. (2015). Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research*, 53(17), 5320-5333. doi:10.1080/00207543.2015.1033032
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144-154. doi:10.1016/j.jmsy.2014.12.003
- Berk, E., & Toy, A. O. (2009). Quality Control Chart Design Under Jidoka. *Naval Research Logistics*, 56(5), 465-477. doi:10.1002/nav.20357
- Carvalho, D. (2006). Fundamentos da Dinâmica de produção. Retrieved on September 2015, from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/DinamicaProdução.pdf>
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). *An industrial application of the smed methodology and other lean production tools*. Paper presented at the Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems, Funchal/ Madeira/ Portugal.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220-240. doi:10.1108/01443570210417515
- Deif, A. M., & ElMaraghy, H. (2014). Cost performance dynamics in lean production leveling. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4), 613-623. doi:10.1016/j.jmsy.2014.05.010
- Delphi.(2013). *Formação Delphi Production System*. Publicação Interna
- Dombrowski, U., & Mielke, T. (2013). Lean Leadership - fundamental principles and their application. *Forty Sixth Cirp Conference on Manufacturing Systems 2013*, 7, 569-574. doi:10.1016/j.procir.2013.06.034
- Emiliani, M. L. (2006). Origins of Lean management in America. *Journal of Management History*, 12(2), 167-184.
- Gong, Q. G., Wang, S. Y., & Lai, K. K. (2009). Stochastic analysis of TPS: expose and eliminate variability by highly specifying WCP. *International Journal of Production Research*, 47(3), 751-775. doi:10.1080/00207540701452167

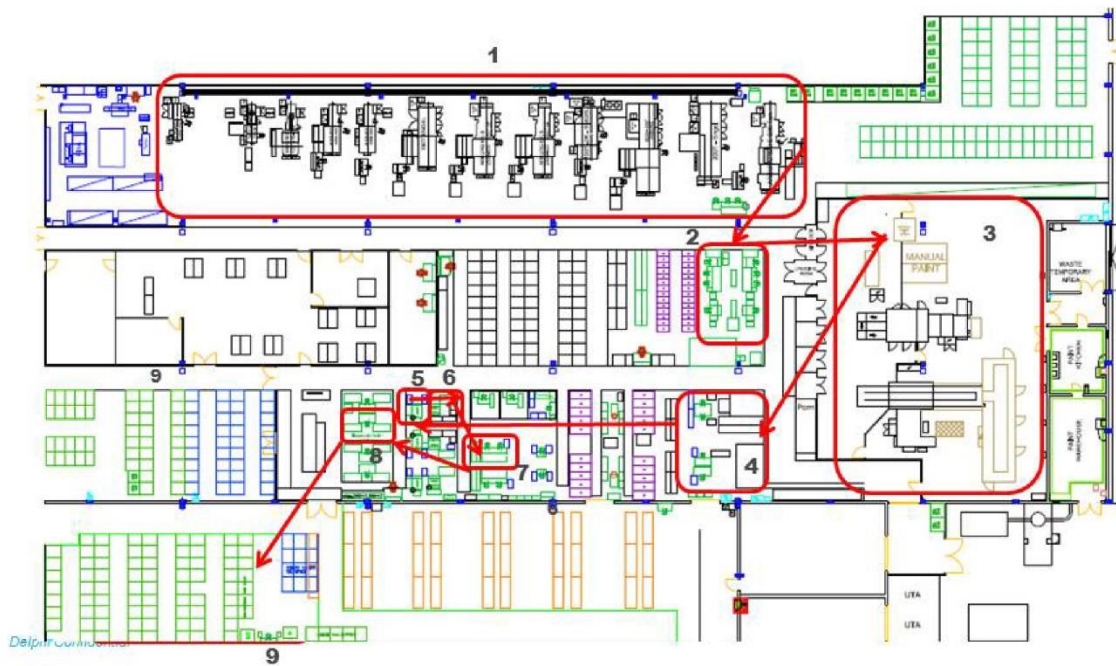
- Gwendolyn, D. G. (1997). *Visual systems : harnessing the power of the visual workplace*. New York: American Management Association.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve - A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(9-10), 994-1011. doi:10.1108/01443570410558049
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247. doi:10.1080/09537287.2010.498577
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. doi:10.1016/j.jom.2006.04.001
- Hronec, S. (1994). *Sinais Vitais*. São Paulo: Makron Books.
- Hu, S. J. (2013). Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. *Forty Sixth Cirp Conference on Manufacturing Systems 2013*, 7, 3-8. doi:10.1016/j.procir.2013.05.002
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867-885. doi:10.1080/00207543.2014.937508
- Jayaram, J., Das, A., & Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 280-291. doi:10.1016/j.ijpe.2010.07.024
- Koste, L. L., & Malhotra, M. K. (1999). A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management*, 18(1), 75-93. doi:10.1016/s0272-6963(99)00010-8
- Li, J. S., Blumenfeld, D. E., & Marin, S. P. (2008). Production system design for quality robustness. *Iie Transactions*, 40(3), 162-176. doi:10.1080/07408170601013661
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-20.
- Liker, J. K. (2004). *Toyota way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill Education.
- Manikas, A., Gupta, M., & Boyd, L. (2015). Experiential exercises with four production planning and control systems. *International Journal of Production Research*, 53(14), 4206-4217. doi:10.1080/00207543.2014.985393
- Matsuo, M., & Nakahara, J. (2013). The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *International Journal of Human Resource Management*, 24(1), 195-207. doi:10.1080/09585192.2012.674961

- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98-111. doi:10.1109/tem.2006.889070
- Monden, Y. (1993). *Toyota production System: an integrated approach to Just-In-Time*. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, OR: Productivity Press.
- Ortiz, C. (2006). *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*. Boca Raton, FL: CRC Taylor & Francis.
- Ortiz, C. (2015). *The Kanban Playbook: A Step-by-Step Guideline for the Lean Practitioner*: Productivity Press.
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), 564-587. doi:10.1080/09537287.2014.936532
- Pattanaik, L. N., & Sharma, B. P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(7-8), 772-779. doi:10.1007/s00170-008-1629-8
- Patterson, M. L. (1998). From experience: Linking product innovation to business growth. *Journal of Product Innovation Management*, 15(5), 390-402. doi:10.1016/s0737-6782(98)00009-5
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075-3090. doi:10.1080/0020754021000049817
- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)*. Curitiba, Brasil: UnicenP.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento LEAN - A filosofia das organizações vencedoras* (6 ed.). Lisboa: Lidel
- Ponnambalam, S. G., Aravindan, P., & Naidu, G. M. (1999). A comparative evaluation of assembly line balancing heuristics. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(8), 577-586. doi:10.1007/s001700050105
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(7-8), 800-822. doi:10.1108/01443570510608619
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Reseach Methods for Business Students*: Financial Times Prentice Hall.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. doi:10.1016/s0272-6963(02)00108-0
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA: Productivity Press.

- Shingo, S. (1986). *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system*. Stamford, Conn.: Productivity Press.
- Sink, S., & Tuttle, T. (1989). *Planning and Measurement in Your Organization of the Future*. Norcross, GA.: Industrial engineering and Management Press.
- Staudt, F. H., Coelho, A. S., & Gonçalves, M. B. (2011). Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. [Determination of necessary real capacity in productive process using Markov chain]. *Production*, 21(4), 634-644.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). TOYOTA PRODUCTION SYSTEM AND KANBAN SYSTEM MATERIALIZATION OF JUST-IN-TIME AND RESPECT-FOR-HUMAN SYSTEM. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
doi:10.1080/00207547708943149
- Upton, D. M. (1994). THE MANAGEMENT OF MANUFACTURING FLEXIBILITY. *California Management Review*, 36(2), 72-89.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 205-214. doi:10.1016/s0736-5845(02)00011-x
- Van Scyoc, K. (2008). Process safety improvement-Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 42-48. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.02.036
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (Iceei 2013)*, 11, 1292-1298. doi:10.1016/j.protcy.2013.12.327
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation* (2 ed.). New York: Free Press
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that Changed the World*. New York: Scribner.

Anexos

ANEXO 2 – PERCURSO DOS COMPONENTES DENTRO DO SISTEMA PRODUTIVO



- 1- Injeção; 2- Carregamento; 3- Pintura; 4- Inspeção; 5- Marcação a lazer; 6- Heat staking;
7- Montagem final; 8- AVI; 9- Expedição

Figura 39- Percurso housing no sistema produtivo do edifício 2



- 1- Injeção; 2- Pré montagem; 3- Heat staking; 4- Montagem final

Figura 38- Percurso da cover e botões do sistema produtivo no edifício 2



1- Programação offline; 2- Marcação a lazer; 3- SMT; 4- Singulação; 5- ICT; 6- Reparação;
7- Montagem final

Figura 40- Percurso da placa principal no sistema produtivo no edifício 1



1- Programação offline; 2- SMT; 3- ICT; 4- Pré montagem; 5- Montagem final

Figura 41- Percurso da Keyboard e IR no sistema produtivo no edifício 1

ANEXO 3 – WORK COMBINATION TABLE

DELPHI

Work Combination Table

Project: Produto X

Date: 15/jan/13

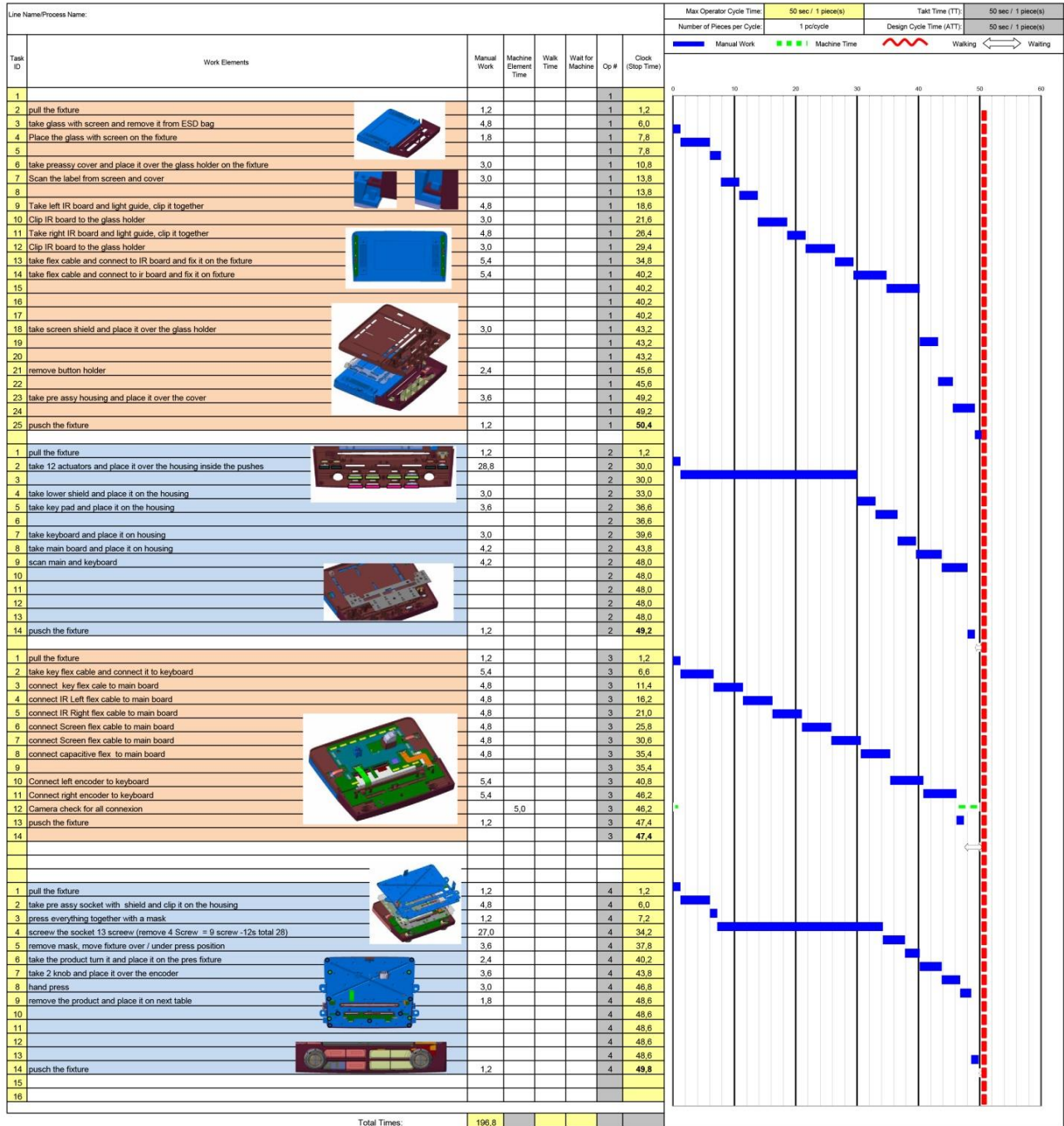


Figura 42- Versão inicial da Work Combination Table

ANEXO 4 – ESTUDO DOS TEMPOS

Tabela 28- TC em segundos da 1ª pré série do produto "X"

1ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	69,30	72,00	63,00	62,88	42,00	117,40	117,50	62,03
2	68,00	71,02	62,80	63,01	41,03	118,20	117,03	63,00
3	69,70	71,00	63,81	62,77	41,50	117,90	117,43	62,40
4	67,40	69,45	62,73	62,89	42,03	117,83	117,22	62,34
5	68,30	69,99	61,90	62,00	40,98	118,02	116,89	63,02
6	69,00	69,50	63,90	61,89	41,30	117,98	116,78	62,88
7	67,20	70,94	62,80	61,60	41,00	117,78	116,88	62,23
8	67,80	71,01	62,10	61,99	41,45	116,98	117,32	62,42
9	67,20	70,05	63,00	62,04	41,32	117,04	117,21	62,45
10	68,00	70,50	62,90	62,02	40,77	117,40	116,89	62,33
11	68,60	70,47	62,83	61,89	42,01	116,95	117,34	62,01
12	68,30	70,30	62,55	61,55	41,88	116,78	117,03	62,80
13	68,30	69,91	63,11	62,04	41,34	117,03	117,07	61,89
14	67,90	70,01	61,99	62,40	41,67	117,08	116,89	62,02
15	68,10	71,97	62,88	62,34	41,45	117,13	116,99	62,34
16	67,40	71,20	62,03	62,23	41,56	117,42	117,02	62,04
17	67,10	70,80	62,05	61,99	41,89	116,78	117,00	62,07
18	68,42	70,87	61,89	62,11	42,03	116,80	116,98	61,94
19	67,98	70,02	61,77	62,14	41,30	116,97	116,92	62,02
20	68,01	69,70	61,87	62,02	41,04	117,23	116,93	61,88
Média	68,10	70,54	62,60	62,19	41,48	117,34	117,07	62,31

Tabela 29- TC em segundos da 2ª pré série do produto "X

2ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	66,30	67,40	59,04	58,06	41,70	117,24	117,32	61,73
2	66,80	67,84	59,03	58,03	41,50	117,89	116,89	62,25
3	65,40	68,03	58,89	57,78	41,69	117,45	117,03	62,32
4	65,30	68,30	59,34	58,30	42,03	117,97	116,97	61,89
5	64,20	67,89	58,88	58,11	41,34	118,01	116,89	62,30
6	64,21	67,33	58,78	57,89	40,89	118,03	117,02	62,57
7	64,11	67,20	58,66	57,80	41,40	117,95	116,87	62,33
8	65,88	67,89	58,98	57,85	41,89	117,45	117,31	61,78
9	65,30	68,02	59,05	57,98	41,38	117,43	116,93	62,07
10	65,00	68,01	59,11	58,02	40,98	117,23	117,03	61,67
11	64,89	67,34	58,78	58,30	40,90	117,89	116,88	61,76
12	65,11	67,02	58,50	58,06	41,03	116,97	117,11	61,88
13	64,78	67,04	58,56	58,04	40,77	116,88	117,03	61,69
14	64,58	67,00	58,47	57,40	40,83	116,98	117,09	61,99
15	65,02	66,89	57,89	57,05	40,98	117,03	117,12	61,94
16	64,47	66,99	58,44	58,09	41,04	117,05	117,26	62,03
17	64,39	67,04	58,48	57,88	41,20	117,11	117,16	61,89
18	64,24	67,83	58,99	58,40	41,42	116,78	116,99	62,04
19	64,77	67,30	59,02	58,60	41,27	117,01	116,92	61,93
20	64,11	67,44	58,89	58,10	41,12	116,90	117,00	62,11
Média	64,94	67,49	58,79	57,99	41,27	117,36	117,04	62,01

Tabela 30- TC em segundos da 3ª pré série do produto "X"

3ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	66,12	67,52	59,14	58,12	41,11	117,43	117,43	61,63
2	66,02	67,32	59,30	57,88	41,34	117,45	117,03	61,80
3	65,80	67,65	58,87	57,89	41,39	117,86	116,84	62,12
4	65,27	68,02	59,23	57,95	41,88	117,89	116,97	62,03
5	65,10	67,33	58,78	58,03	41,44	118,01	116,89	62,11
6	64,88	67,28	58,90	58,21	40,98	118,10	117,10	62,24
7	64,35	67,11	59,02	57,84	40,88	117,87	117,05	61,89
8	64,75	66,88	58,89	58,00	41,58	117,40	117,07	61,90
9	64,88	67,02	58,67	57,58	41,32	117,45	116,30	61,94
10	65,02	67,41	58,98	57,68	41,03	117,33	116,73	62,02
11	64,98	67,68	58,77	58,01	40,89	117,56	116,92	62,04
12	64,65	67,24	58,82	57,89	40,82	116,98	116,78	61,88
13	64,75	67,12	58,34	58,04	40,93	117,11	117,11	61,83
14	64,23	67,32	58,39	58,07	41,04	116,93	117,05	62,10
15	64,89	66,97	58,23	58,11	40,98	117,30	117,14	61,99
16	65,11	67,34	57,99	57,90	41,10	117,01	116,99	62,13
17	64,38	67,04	58,55	57,94	41,13	116,97	117,13	62,07
18	64,24	67,33	58,70	58,01	41,23	116,97	117,21	61,78
19	64,33	66,99	58,87	58,10	40,88	117,11	117,12	61,95
20	64,15	67,23	58,92	58,02	41,12	116,89	117,04	62,07
Média	64,90	67,29	58,77	57,96	41,15	117,38	117,00	61,98

Tabela 31- TC em segundos da 4ª pré série do produto "X"

4ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	59,12	59,52	56,44	54,30	33,12	104,89	106,12	52,78
2	58,88	59,32	55,56	54,77	34,30	105,23	104,78	53,23
3	58,72	58,73	56,02	55,12	33,43	105,45	104,75	53,21
4	57,80	58,89	56,41	54,87	33,55	104,42	104,38	54,03
5	58,04	58,23	55,22	54,09	33,90	104,55	105,43	54,12
6	58,12	59,12	55,89	54,33	33,22	104,78	105,24	54,34
7	59,01	58,55	55,24	53,83	33,34	104,89	105,88	54,20
8	58,20	58,34	55,99	54,30	33,78	105,06	106,03	53,74
9	57,98	58,12	55,24	54,78	32,89	105,11	105,12	53,23
10	59,04	59,03	55,09	54,05	32,80	105,38	105,99	53,45
11	57,78	59,39	54,78	54,55	32,98	104,68	105,62	53,89
12	57,90	58,79	55,35	53,98	33,40	105,70	105,73	52,95
13	58,20	58,46	56,21	55,01	33,23	105,23	105,64	53,21
14	58,34	58,68	56,05	54,04	33,04	105,45	106,23	53,67
15	59,05	59,00	55,55	54,22	33,67	105,53	105,23	54,03
16	58,32	58,88	56,00	54,29	34,11	104,99	104,67	54,04
17	58,02	58,24	55,09	54,19	33,37	105,11	104,89	53,67
18	58,33	58,13	55,21	54,10	33,80	105,63	105,11	53,78
19	57,25	58,41	54,73	54,06	33,25	105,34	105,34	53,87
20	57,70	58,38	54,80	54,33	33,04	104,87	105,44	53,67
Média	58,26	58,71	55,54	54,36	33,41	105,11	105,38	53,66

Tabela 32- TC em segundos da 5ª pré série do produto "X"

5ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	59,34	59,39	56,64	54,42	34,05	104,98	105,72	53,07
2	59,02	59,73	56,14	54,58	34,12	105,45	105,23	53,26
3	58,32	59,24	56,04	54,78	32,89	105,57	105,04	53,66
4	58,12	58,98	55,78	55,06	32,99	105,63	104,89	52,93
5	57,79	58,57	55,36	55,11	33,44	105,12	104,38	53,67
6	57,89	58,59	55,39	54,45	33,89	104,68	105,04	54,12
7	58,45	58,78	55,24	54,20	33,26	104,98	105,08	54,26
8	58,29	58,43	55,59	53,78	33,67	104,95	105,25	54,03
9	58,14	58,47	55,04	53,89	34,00	104,99	105,11	53,90
10	58,78	58,23	55,30	54,12	33,23	105,13	105,89	53,23
11	58,23	58,76	55,03	54,39	32,78	104,34	105,45	53,27
12	57,78	58,83	55,07	54,26	32,89	104,67	105,88	53,12
13	57,12	58,46	54,89	54,89	33,12	105,21	104,98	53,04
14	59,02	58,68	56,10	53,96	33,05	105,34	105,67	53,21
15	58,89	58,87	55,49	55,00	33,39	105,55	105,78	53,98
16	58,27	59,13	55,67	55,77	33,89	105,23	105,65	53,11
17	58,32	57,52	55,46	54,23	33,43	104,85	105,49	54,00
18	57,78	57,74	55,33	54,25	32,88	105,59	105,55	53,68
19	57,89	57,33	54,75	54,00	32,05	105,04	104,79	53,23
20	58,03	57,24	55,39	54,47	33,68	105,09	105,23	53,12
Média	58,27	58,55	55,49	54,48	33,34	105,12	105,31	53,49

Tabela 33- TC em segundos da 6ª pré série do produto "X"

6ª Pré Série								
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita	Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	51,76	52,04	52,00	51,32	14,04	97,78	102,55	53,47
2	51,78	52,23	52,30	51,89	13,47	97,45	102,00	52,89
3	52,40	52,39	51,78	50,98	14,12	96,98	101,78	53,11
4	51,45	51,78	51,45	51,67	14,40	97,43	101,77	53,25
5	50,95	51,59	51,88	51,98	14,74	97,23	102,32	53,27
6	51,29	51,24	51,46	51,90	13,89	97,13	102,56	53,45
7	51,74	51,36	51,99	51,78	13,70	97,67	102,12	52,89
8	52,30	52,09	52,34	52,03	14,13	97,78	102,18	52,98
9	52,50	51,26	52,09	51,99	14,19	98,05	102,03	52,78
10	52,13	51,89	52,02	52,04	14,55	97,23	101,69	53,34
11	52,20	51,97	51,89	51,76	14,02	96,78	101,67	53,20
12	51,89	51,48	51,50	51,88	14,32	96,89	102,14	53,05
13	52,43	52,63	51,78	51,49	13,88	97,17	101,88	53,10
14	52,39	52,35	52,10	51,55	13,98	97,13	101,83	52,79
15	52,55	52,56	52,15	52,13	14,12	97,28	101,97	53,15
16	52,52	52,42	52,12	52,00	13,78	98,02	102,48	53,55
17	52,04	51,78	51,79	51,67	14,34	97,34	102,05	53,18
18	52,11	51,73	51,86	51,77	14,23	97,14	102,13	52,88
19	52,46	52,33	51,23	51,68	14,12	96,58	102,21	53,13
20	52,13	52,49	52,18	51,35	14,43	97,46	101,70	53,05
Média	52,05	51,98	51,90	51,74	14,12	97,33	102,05	53,13

Tabela 35- TC em segundos antes da mudança para o posto do teste visual + fita

ANTES	
Observação	Posto Fita + Teste Visual
1	111,82
2	110,92
3	111,10
4	111,83
5	111,97
6	111,02
7	111,37
8	111,91
9	112,24
10	111,78
11	110,80
12	111,21
13	111,05
14	111,11
15	111,40
16	111,80
17	111,68
18	111,37
19	110,70
20	111,89
Média	111,45

Tabela 34- TC em segundos depois da mudança para o posto do teste visual + fita

Depois	
Observação	Posto Fita + Teste Visual
1	55,91
2	55,46
3	55,55
4	55,92
5	55,99
6	55,51
7	55,69
8	55,96
9	56,12
10	55,89
11	55,40
12	55,61
13	55,53
14	55,56
15	55,70
16	55,90
17	55,84
18	55,69
19	55,35
20	55,95
Média	55,72

Tabela 36- TC em segundos 1ª pré série do produto "Y"

1ª Pré Série Produto "Y"							
Observação	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto Fita + Teste Visual	Teste Funcional	CMI
1	51,48	52,12	52,13	51,15	55,67	51,23	53,67
2	51,79	52,35	52,34	51,45	55,66	51,06	52,90
3	51,89	52,40	51,98	51,21	55,70	51,17	53,15
4	51,12	52,15	51,88	51,55	55,68	50,95	53,28
5	52,05	52,05	51,95	51,87	55,67	50,98	53,19
6	51,77	51,78	52,15	51,78	56,28	51,10	53,55
7	52,36	51,59	52,00	51,99	56,04	51,17	53,05
8	52,19	52,11	51,79	51,86	56,00	51,05	52,88
9	52,57	51,89	52,80	52,00	55,80	50,94	52,78
10	52,35	51,88	52,66	52,04	55,82	50,90	52,93
11	52,55	51,66	52,05	52,03	55,50	51,07	53,45
12	52,16	51,79	51,76	51,88	55,73	51,23	53,10
13	51,89	52,13	51,70	51,80	55,56	51,00	53,21
14	51,90	51,74	52,10	52,02	55,50	50,97	52,59
15	52,23	51,78	52,22	51,66	55,71	51,00	52,93
16	52,55	52,34	51,03	51,88	56,05	51,28	53,15
17	52,13	52,15	51,88	51,76	56,23	51,19	53,40
18	51,70	52,02	51,79	51,99	56,01	50,89	53,10
19	52,08	51,89	52,10	51,55	56,08	51,10	53,19
20	51,67	52,37	52,00	52,01	56,08	51,03	52,80
Média	52,02	52,01	52,02	51,77	55,84	51,06	53,12

ANEXO 5 – DISPOSITIVOS ANTI ERRO DO PRODUTO “X”

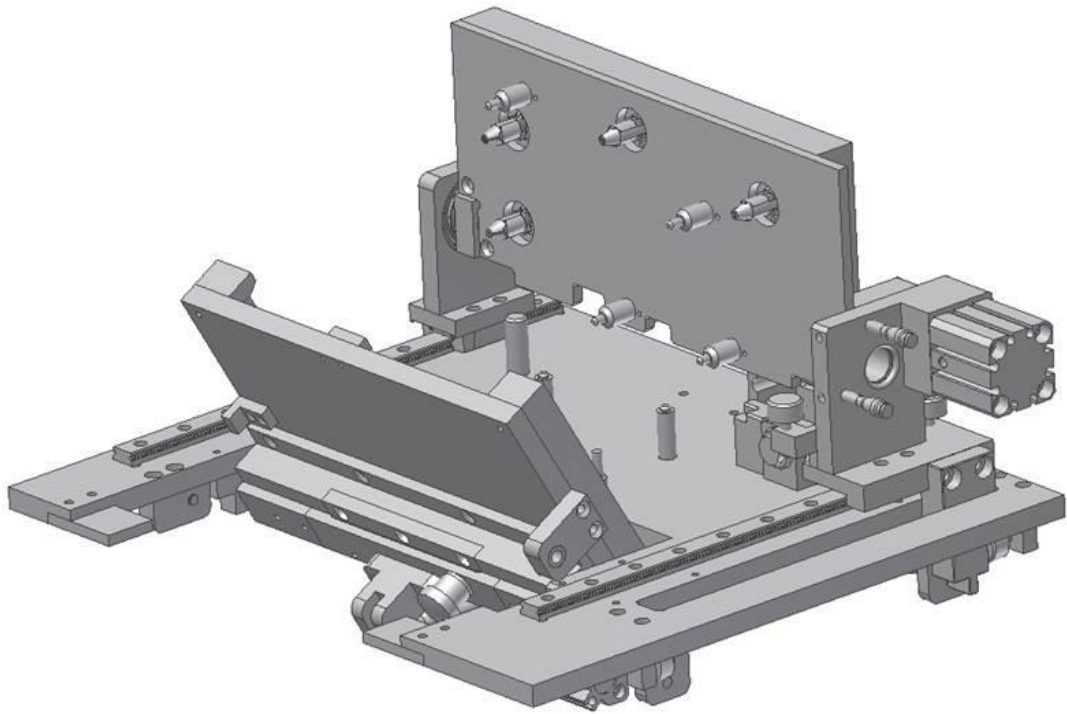


Figura 43- Dispositivo anti erro do posto 1

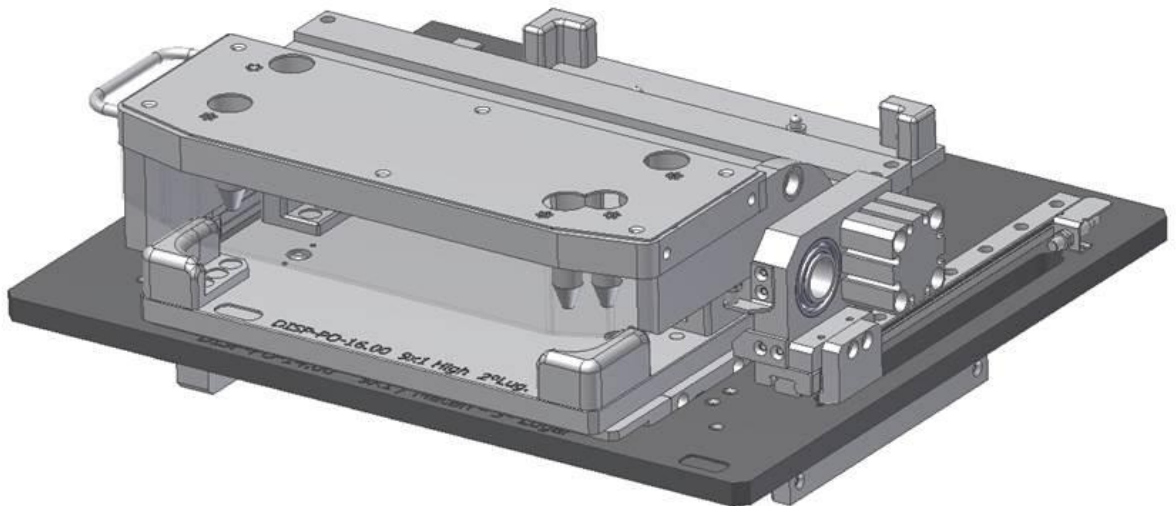


Figura 44- Dispositivo anti erro posto 2

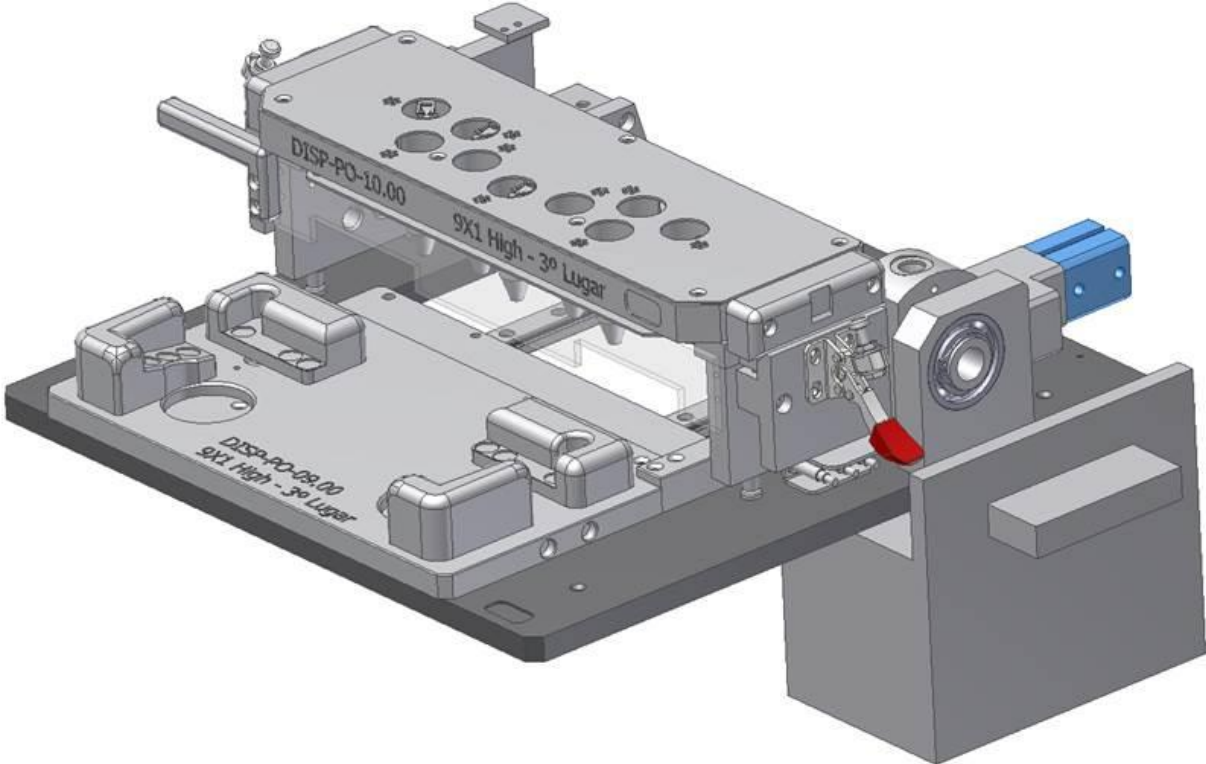


Figura 45- Dispositivo anti erro do posto 3

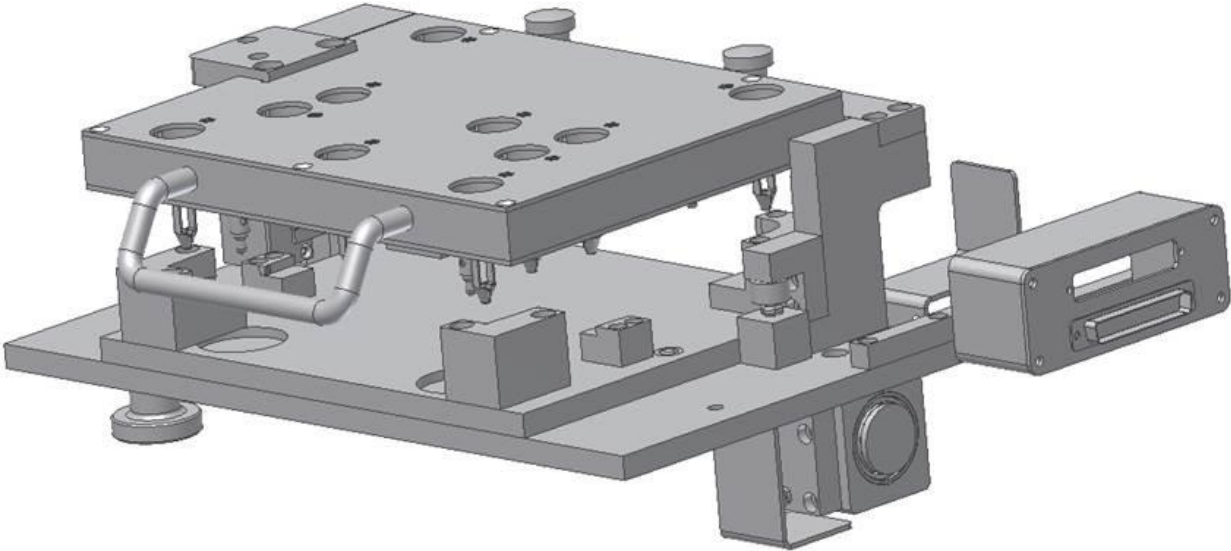


Figura 46- Dispositivo anti erro do posto 4

ANEXO 6 – TRABALHO NORMALIZADO

DELPHI ELECTRONICS & SAFETY

BRAG WI PRÉ-SÉRIE/Ver:01

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 22-01-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

Page 1 de 3

Processo / Modelo: MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH 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						
Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Manual Work	Mach Time	Walk Time
	1	LER MANIFESTO, FOTO 1			4	2,4		
	2	PEGAR NO DISPLAY E LER, FOTO 1			4	2,4		
	3	COLOCAR DISPLAY NO DISPOSITIVO E RETIRAR A PELICULA DO CABO DO DISPLAY, FOTO 2			9	5,4		
	4	PEGAR NA PLACA PRINCIPAL, LER, ABRIR OS CONETORES, COLOCAR NO DISPOSITIVO E PRESSIONAR O BOTÃO, FOTO 3			12	7,2		
	5	CONETAR OS FLETTABLES, VERIFICAR A SUA CORRETA MONTAGEM E FAZER AS MARCAS, FOTO 4			28	16,8		
	6	PEGAR NA PLACA, COLOCAR NO DISPLAY E FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO SEGURANDO A PLACA COM A MÃO ESQUERDA, FOTO 5			14	8,4		
	7	APARAFUSAR 1 PARAFUSO, ABRIR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO E RECUA-LA PARA POSIÇÃO INICIAL, FOTO 6			12	7,2		
	8	PASSAR APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE, FOTO 6			4	2,4		
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					87	52,2		

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
22-01-2015			
Nome:	José Carvalho		

Figura 47- Instruções de trabalho montagem final posto 1 produto "X"

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 22-01-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

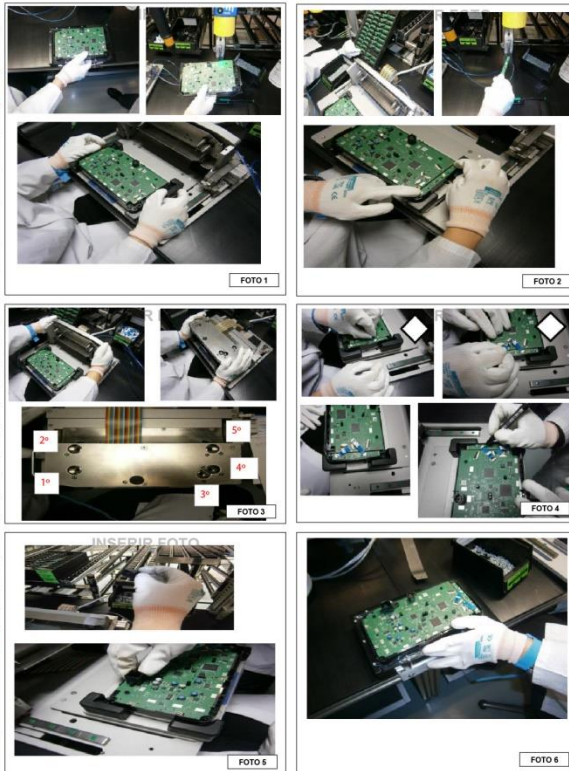
Page 1 de 3

Processo / Modelo: **MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH**
 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

Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time
	1				9	5,4		
	2				9	5,4		
	3				30	18,0		
	4				24	14,4		
	5				9	5,4		
	6				6	3,6		
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					87	52,2		



Realizado por: _____
 Verificado por: _____
 Aprovado por: _____
 Data: 22-01-2015
 Função:
 Nome: José Carvalho

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

Figura 48- Instruções de trabalho montagem final posto 2 produto "X"

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 22-01-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

Page 1 de 3

Processo / Modelo: **MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH**
 Lugar: **3**
 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

Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Sec	Match Time	Wait Time
	1	PEGAR NA COVER, LER E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 1			6	3,6		
	2	PEGAR NO ENCODER DIREITO E COLOCAR NA COVER, REPETIR PROCESSO PARA O ENCODER ESQUERDO, FOTO 2			16	9,6		
	3	PEGAR NA PLACA DE SERVIÇO, LER E COLOCAR NA COVER, FOTO 3			6	3,6		
	4	NA COLOCAÇÃO DA PLACA DE SERVIÇO NA COVER TER ATENÇÃO AO SNAP						
	5	COLOCAR A BASE NA POSIÇÃO DE APARAFUSAMENTO, FECHAR A MÁSCARA E APARAFUSAR 9X PARAFUSOS, FOTO 4			34	20,4		
	6	ABRIR MÁSCARA, RETORNAR BASE A POSIÇÃO INICIAL E LIGAR OS CABO DOS ENCODERS COM A DOBRA E MARCA-LOS, FOTO 5			16	9,6		
	7	ABRE O CONETOR ZIF E COLOCA O CABO, FOTO 6			6	3,6		
	8	PEGA NO CONJUNTO E NO DISPLAY E MOVE PARA O POSTO SEGUINTE			4	2,4		
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15	NOTA: NA COLOCAÇÃO DA PLACA DE SERVIÇO NA COVER TER ATENÇÃO AO SNAP - FOTO A. NA LIGAÇÃO DO CABO DOS ENCODERS FAZER A DOBRA, FOTO B.						
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
				Total	88	52,8		



Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 22-01-2015
 Função:
 Nome: José Carvalho

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

Figura 49- Instruções de trabalho montagem final posto 3 produto "X"

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 22-01-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

Page 1 de 3

Processo / Modelo: **MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH**
 Lugar: **4**
 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

Job Elem. Sheet	Task ID	Elemento			Element Time				
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Motion	Manual Work	Mach time	Walk Time	
	1	PEGAR NO DISPLAY E LER PLACA PRINCIPAL, COLOCAR NO DISPOSITIVO, REPETIR O PROCESSO PARA A COVER. FOTO 1			14	8,4			
	2	ABRIR CONETOR ZIF DA PLACA PRINCIPAL E LIGAR CABO, VERIFICAR A SUA CORRETA MONTAGEM E FAZER 2 MARCAS. FOTO 2			16	9,6			
	3	PEGAR NA SOCKET, MONTAR E FECHAR A MÁSCARA DE APARAFUSAMENTO. FOTO 3			8	4,8			
	4	APARAFUSAR 10X PARAFUSOS. FOTO 4			32	19,2			
	5	ABRIR O DISPOSITIVO E COLOCAR A ETIQUETA. FOTO 5			8	4,8			
	6	COLOCAR OS BOTÕES E PASSAR APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE. FOTO 6			9	5,4			
	7								
	8								
	9								
	10	NOTA: TER EM ATENÇÃO AO COLOCAR A COVER PARA NA LENTALAR A PELICULA ENTRE A COVER E O CONJUNTO DA PLACA PRINCIPAL. FOTO A (MANEIRA INCORRETA), FOTO B (CORRETA).							
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								
	23								
		Total			87	52,2			



Data: 22-01-2015
 Realizado por: José Carvalho
 Verificado por:
 Aprovado por:

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

Figura 50- Instruções de trabalho montagem final posto 4 produto "X"

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 02-02-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

Page 1 de 3

Processo / Modelo: **MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH**
 Lugar: **TESTE**
 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

Job Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time
	1				4	2,4		
	2				20	12,0		
	3				6	3,6		
	4						68	
	5				18	10,8		
	8							
	9							
	10							
	11							
	12	NOTA: NA COLOCAÇÃO DA FITA COMEÇAR PELO PONTO INDICADO NA FOTO A						
	13	FOTO A						
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					48	28,8	68	



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

INSERIR FOTO



FOTO 4

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 02-02-2015
 Função:
 Nome: José Carvalho

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

Figura 51- Instrução de trabalho montagem final posto fita + teste visual produto "X"

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 02-02-2015

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

Page 1 de 3

Processo / Modelo: **MONTAGEM FINAL / PO 9X1 HIGH**
 Lugar: **CMI**
 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

Job Elem Sheet	Task ID	Elements	Element Time			
			Motion	Manual Work	Machine	Walk Time
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita				
	1	PEGAR NO APARELHO E COLOCAR NA MÁQUINA, FOTO 1	4	2,4		
	2	COM A FERRAMENTA AUXILIAR ABRIR O CARD FLAP, FOTO 2	6	3,6		
	3	O TESTE INICIA AUTOMATICAMENTE			30	
	4	PEGAR NO PANO E LIMPAR O DISPLAY, VERIFICAR SE ESTE NÃO TEM MANCHAS, FOTO 3	10	6,0		
	5	FECHAR O CARD FLAP, FOTO 4	2	1,2		
	6	PEGAR NUMA PELICULA NOVA E COLOCAR NO DISPLAY DA ESQUERDA PARA A DIREITA, FOTO 5	10	6,0		
	7	RETIRAR APARELHO E COLOCAR NO CARRINHO PARA EMBALAGEM, FOTO 6	6	3,6		
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
Total			38	22,8	30	



Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
02-02-2015			
Função:	Nome:		
	José Carvalho		

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

Figura 53- Instrução de trabalho montagem final posto CMI

ANEXO 7 – ANÁLISE DE TEMPOS IMPRODUTIVOS

Tabela 40- Causas das paragens do mês de Maio

Maio	
Causa	Tempo (min/mês)
Changeover	41
Mudar o rolo Impressora	14
Aprendizagem	90
Pré Séries	100
Avaria equipamentos	20
Falha Rede	0
Falta de Material	15
Qualidade Fornecedor	10
Ginástica Laboral	160
Plenário Operários	90
Reunião Secção	20
Falta de Pessoal	0
Total	560

Tabela 39- Causas das paragens do mês de Junho

Junho	
Causa	Tempo (min/mês)
Changeover	43
Mudar o rolo Impressora	12
Aprendizagem	60
Pré Séries	0
Avaria equipamentos	0
Falha Rede	30
Falta de Material	0
Qualidade Fornecedor	0
Ginástica Laboral	168
Plenário Operários	0
Reunião Secção	20
Falta de Pessoal	10
Total	343

Tabela 38- - Causas das paragens do mês de Julho

Julho	
Causa	Tempo (min/mês)
Changeover	46
Mudar o rolo Impressora	10
Aprendizagem	0
Pré Séries	60
Avaria equipamentos	0
Falha Rede	0
Falta de Material	0
Qualidade Fornecedor	10
Ginástica Laboral	184
Plenário Operários	0
Reunião Secção	20
Falta de Pessoal	12
Total	342

Tabela 37- - Causas das paragens do mês de Agosto

Agosto	
Causa	Tempo (min/mês)
Changeover	43
Mudar o rolo Impressora	10
Aprendizagem	0
Pré Séries	75
Avaria equipamentos	0
Falha Rede	0
Falta de Material	0
Qualidade Fornecedor	10
Ginástica Laboral	168
Plenário Operários	0
Reunião Secção	20
Falta de Pessoal	12
Total	338

Tabela 41- - Causas das paragens do mês de Setembro

Setembro	
Causa	Tempo (min/mês)
Changeover	44
Mudar o rolo Impressora	16
Aprendizagem	45
Pré Seríes	60
Avaria equipamentos	10
Falha Rede	0
Falta de Material	20
Qualidade Fornecedor	0
Ginástica Laboral	176
Plenário Operários	0
Reunião Secção	20
Falta de Pessoal	0
Total	391

ANEXO 8 – CÁLCULO DO *TAKT TIME*

OE = 98,85%

Ano: 2015

Semanas disponíveis: 32

Procura Anual: 119458 unidades

$$\text{Procura diária} = \frac{119458 \text{ unidades}}{32 \text{ semanas} * 5 \text{ dias}} = 747 \text{ unidades/dia}$$

$$\text{Takt Time Diário} = \frac{8 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{747 \text{ unidades}} = 77,11 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado} = \frac{7,6 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{747 \text{ unidades}} = 73,25 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil} = \frac{54720 \text{ segundos} * 0,9885}{747 \text{ unidades}} = 72,41 \text{ segundos}$$

Ano: 2016

Semanas disponíveis: 49

Procura Anual: 211540 unidades

$$\text{Procura diária} = \frac{211540 \text{ unidades}}{49 \text{ semanas} * 5 \text{ dias}} = 864 \text{ unidades/dia}$$

$$\text{Takt Time Diário} = \frac{8 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{864 \text{ unidades}} = 66,66 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado} = \frac{7,6 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{864 \text{ unidades}} = 63,33 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil} = \frac{54720 \text{ segundos} * 0,9885}{864 \text{ unidades}} = 62,61 \text{ segundos}$$

Ano: 2017

Semanas disponíveis: 49

Procura Anual: 234922 unidades

$$\text{Procura diária} = \frac{234922 \text{ unidades}}{49 \text{ semanas} * 5 \text{ dias}} = 959 \text{ unidades/dia}$$

$$\text{Takt Time Diário} = \frac{8 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{959 \text{ unidades}} = 60,06 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado} = \frac{7,6 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{959 \text{ unidades}} = 57,05 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil} = \frac{54720 \text{ segundos} * 0,9885}{959 \text{ unidades}} = 56,41 \text{ segundos}$$

Ano : 2018

Semanas disponíveis: 49

Procura Anual: 211078 unidades

$$\text{Procura diária} = \frac{211078 \text{ unidades}}{49 \text{ semanas} * 5 \text{ dias}} = 862 \text{ unidades/dia}$$

$$\text{Takt Time Diário} = \frac{8 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{862 \text{ unidades}} = 66,82 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado} = \frac{7,6 \text{ horas} * 2 \text{ turnos} * 60 * 60}{862 \text{ unidades}} = 63,48 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil} = \frac{54720 \text{ segundos} * 0,9885}{862 \text{ unidades}} = 62,75 \text{ segundos}$$

Ano 2019

Semanas disponíveis: 49

Procura Anual: 185939

$$\text{Procura diária} = \frac{185939 \text{ unidades}}{49 \text{ semanas} * 5 \text{ dias}} = 759 \text{ unidades/dia}$$

Implementação de um novo processo produtivo adequado à introdução faseada de múltiplos produtos

$$Takt\ Time\ Diário = \frac{8\ horas * 2\ turnos * 60 * 60}{759\ unidades} = 75,8\ segundos$$

$$Takt\ Time\ Planeado = \frac{7,6\ horas * 2\ turnos * 60 * 60}{759\ unidades} = 72,09\ segundos$$

$$Takt\ Time\ Útil = \frac{54720\ segundos * 0,9885}{759\ unidades} = 71,27\ segundos$$

Ano: 2020

Semanas disponíveis: 49

Procura Anual: 120550 unidades

$$Procura\ diária = \frac{120550\ unidades}{49\ semanas * 5\ dias} = 493\ unidades/dia$$

$$Takt\ Time\ Diário = \frac{8\ horas * 2\ turnos * 60 * 60}{493\ unidades} = 116,83\ segundos$$

$$Takt\ Time\ Planeado = \frac{7,6\ horas * 2\ turnos * 60 * 60}{493\ unidades} = 110,99\ segundos$$

$$Takt\ Time\ Útil = \frac{54720\ segundos * 0,9885}{493\ unidades} = 109,72\ segundos$$

ANEXO 9 – CALCULO DE CAPACIDADES

OE: 98,85%

*Capacidade Instalada = 24 horas * 60 * 60 = 86400 segundos*

*Capacidade Disponível = 8 horas * 2 turnos * 60 * 60 = 57600 segundos*

*Capacidade Efectiva = 7,6 horas * 2 turnos * 60 * 60 = 54720 segundos*

*Capacidade Realizada = 54720 segundos * 0,9885 = 54091 segundos*

Os valores do OE, capacidade Instalada, Disponível, Efectiva e Realizada são os mesmos para todos os anos em análise.

Ano: 2015

Procura Diária: 747 unidades

*Capacidade Necessária = 747 unidades * 55,77 segundos = 41660,19 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{41660,19 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 77,02\%$$

Ano: 2016

Procura Diária: 864 unidades

*Capacidade Necessária = 864 unidades * 55,77 segundos = 48185,28 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{48185,28 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 89,08\%$$

Ano: 2017

Procura Diária: 959 unidades

*Capacidade Necessária = 959 unidades * 55,77 segundos = 53483,43 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{53483,43 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 98,88\%$$

Ano: 2018

Procura Diária: 862 unidades

*Capacidade Necessária = 862 unidades * 55,77 segundos = 48073,74 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{48073,74 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 88,87\%$$

Ano: 2019

Procura Diária: 759 unidades

*Capacidade Necessária = 759 unidades * 55,77 segundos = 42329,43 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{42329,43 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 78,25\%$$

Ano: 2020

Procura Diária: 493 unidades

*Capacidade Necessária = 493 unidades * 55,77 segundos = 27494,61 segundos*

$$\text{Utilização} = \frac{27494,61 \text{ segundos}}{54091 \text{ segundos}} * 100 = 50,83\%$$