



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Juliana da Silva Tinoco

**Análise e melhoria do
desempenho da montagem final
de antenas numa empresa do
ramo automóvel**

Julho de 2013



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Juliana da Silva Tinoco

**Análise e melhoria do
desempenho da montagem final
de antenas numa empresa do
ramo automóvel**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial –
Gestão Industrial

Trabalho realizado sob orientação do
Professor José Dinis Carvalho

Julho de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: Cátia Juliana da Silva Tinoco

Endereço eletrónico: catia_tinoco_7@hotmail.com

Telefone: 916742125

Número do Cartão do cidadão: 13744659

Título da dissertação: Análise e melhoria do desempenho da montagem final de antenas numa empresa do ramo automóvel

Ano de conclusão: 2013

Orientador: Professor José Dinis Carvalho

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento: Mestrado em Engenharia Industrial – Gestão Industrial

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:_____

Agradecimentos

Ao longo da execução da presente dissertação foram várias as pessoas que de alguma forma contribuíram para a sua realização.

Presto o meu agradecimento a todos os colaboradores da empresa “*Delphi Automotive Systems Portugal S.A*”, em especial ao meu orientador Engenheiro António Ferreira, ao Engenheiro André Seara, ao Engenheiro Pedro Serapicos e ao Engenheiro José Pinto, pela disponibilidade cedida ao longo dos meses de estágio e pelos esclarecimentos efetuados.

Quero também agradecer ao Professor José Dinis Carvalho, pela sua disponibilidade, orientação e interesse demonstrado na realização deste trabalho desde o início e por tudo aquilo que me ensinou, pelas enriquecedoras trocas de ideias e sugestões no desenrolar do projeto.

Agradeço em especial ao meu namorado Engenheiro Pedro Moreira, pela confiança, incentivo e apoio que demonstrou ao longo da realização desta dissertação.

Por fim quero agradecer a toda a minha família por todo o apoio que presou na realização desta dissertação.

Resumo

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida na empresa Delphi Automotive Systems - Portugal S.A., em Braga, no seguimento da constatação por parte da empresa da existência de excesso de movimentações, transportes e WIP provocados essencialmente pela organização fortemente orientada ao processo desta área.

Os principais objetivos desta dissertação são a análise e diagnóstico da unidade produtiva de montagem de antenas, a identificação e avaliação dos seus principais desperdícios e a criação de propostas de melhoria de forma a reduzir os desperdícios e aumentar o seu desempenho.

Por forma a analisar e a diagnosticar a unidade produtiva utilizou-se a ferramenta *waste identification diagram (WID)* onde se identificaram os desperdícios, nomeadamente elevados transportes, movimentações, esperas e trabalho em curso (WIP). No sentido de identificar as razões que levam a tais desperdícios recorreu-se ao diagrama de causa-efeito (diagrama de Ishikawa).

Identificadas as causas, fez-se propostas de melhoria de forma a colmatar estes desperdícios encontrados, destacando-se a proposta de melhoria que passa pela criação de células de produção para a família de antenas que representa elevados custos com desperdícios para a empresa – as antenas Ford ECBP. Com esta proposta pretende-se reduzir 23995,04€/ano em WIP, as distâncias percorridas pelos operadores em 104 291,56 €/ano, o tempo de atravessamento de 765,67 minutos para 8,352 minutos, o espaço ocupado em 14%, aumentar a capacidade produtiva em 5728 antenas/dia e aumentar o rácio de valor acrescentado de 0,028% para 2,57%.

Palavras-chave: Lean Production, desperdícios, WID, Célula de produção

Abstract

This dissertation was developed in Delphi Automotive Systems Company-Portugal S.A., in Braga, following verification by the company of the existence of excess movement, transport and WIP caused essentially by the organization strongly oriented to the process in this area.

The main objectives of this dissertation are the analysis and diagnosis of the production unit antennas assembly, the identification and assessment of their main waste and creating proposals for improvements in order to reduce waste and increase your performance.

In order to analyse and diagnose the productive unit used the waste identification diagram (WID) which identified the waste, including high transport, movimentation, waits and work in progress (WIP). In order to identify the reasons that lead to such wastes resorted to the cause-effect diagram (Ishikawa diagram).

Identified the causes, it was proposed improvements in order to bridge these waste found, highlighting the improved proposal that goes through the creation of production cells for the family of antennas that represents high costs with waste to the company – the Ford ECBP antennas. This proposal is intended to reduce 23995,04€ per year in WIP, the distances covered by the operators in 104291.56 € per year, crossing time of 765,67 minutes to 8,352 minutes, the space occupied on 14%, to increase the production capacity in 5728 antennas per day and increase the ratio of added value of 0,028% to 2,57%.

Key Words: Lean Production, waste, WID, cell production

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xvii
Índice de Equações	xxi
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia de investigação	2
1.4. Estrutura	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Lean Production	5
2.1.1. Origem e evolução do conceito	5
2.1.2. <i>Toyota Production System</i>	8
2.1.3. Princípios <i>Lean</i>	9
2.1.4. Tipos de desperdícios.....	11
2.1.5. Técnicas e ferramentas <i>Lean</i>	14
2.1.6. Implementação do <i>Lean Production</i> – Benefícios e Dificuldades	23
2.2. Ferramentas de análise e diagnóstico de unidades produtivas	25
2.2.1. <i>Value stream mapping</i> (VSM).....	25
2.2.2. Gráfico de <i>Spaghetti</i>	27
2.2.3. Gráficos de processos	27
2.2.4. <i>Waste Identification Diagrams</i> (WID).....	29
2.3. Layout	31
2.3.1. Tipos de <i>layouts</i>	32
3. Apresentação da Empresa	39

3.1.	Identificação da empresa	39
3.2.	Dados históricos	40
3.3.	Delphi no mundo	41
3.4.	Políticas de Qualidade e Ambiente	42
3.4.1.	Política de qualidade	42
3.4.2.	Política de ambiente	42
3.4.3.	Política da higiene e segurança	43
3.5.	Empresa Certificada	43
3.6.	Clientes e Produtos	43
3.7.	Organigrama	44
4.	Descrição da unidade de montagem final de antenas	45
4.1.	Caracterização da área de montagem final de antenas	45
4.2.	Layout	47
4.3.	Produção na área de montagem final de antenas	49
4.3.1.	Produtos acabados.....	49
4.3.2.	Matérias-primas	50
4.3.3.	Processo Produtivo	51
4.4.	Caudais entre os processos do sistema	77
4.5.	Fluxo de materiais	78
4.6.	Planeamento e controlo da produção	80
4.7.	Volume das vendas	82
4.8.	Métricas da área de montagem final	83
5.	Diagnóstico e análise crítica da área de montagem final de antenas	85
5.1.	Construção do <i>Waste Identification Diagrams</i>	85
5.1.1.	Observação por amostragem.....	85
5.1.2.	Construção dos <i>block icons</i>	87
5.1.3.	Cálculo dos <i>transportation arrow</i>	89
5.1.4.	<i>Total value card</i>	91
5.1.5.	<i>Waste identification diagram</i>	92
5.2.	Identificação de desperdícios no <i>WID</i>	93
5.2.1.	Transportes e movimentações.....	93
5.2.2.	Esperas	98
5.2.3.	Outros desperdícios.....	102

5.2.4. Atividades de valor acrescentado (AVA) vs. atividades de valor não acrescentado (AVNA).....	102
5.2.5. Trabalho em processo	103
6. Propostas de melhoria	107
6.1. Alteração de <i>Layout</i> das antenas Ford ECBP.....	108
6.1.1. Volume de produção	109
6.1.2. Definição do tempo disponível	111
6.1.3. Estado inicial.....	111
6.1.4. Proposta de <i>layout</i> em célula – hipótese 1	113
6.1.5. Proposta de <i>layout</i> em célula – hipótese 2.....	124
6.2. Embalagem dos postos de teste T5, AM-FM e Zagg.....	132
6.2.1. Dimensionamento dos postos de teste	135
6.2.2. Capacidade dos postos de embalagem.....	142
6.2.3. Análise Custo – Benefício	144
6.3. Sequenciador nos postos de trabalho	145
6.4. Sistema de aviso de rampa cheia.....	149
7. Implicações das propostas no <i>layout</i>	153
8. Análise de resultados	155
8.1. WID do estado futuro	155
8.2. Resultados obtidos.....	157
9. Conclusões	159
10. Referência Bibliográfica.....	163
Anexos.....	167
Anexo A – Produtos acabados	169
Anexo B – Família de produtos.....	173
Anexo C – Recolha de dados para a construção do WID.....	175
Anexo D – Cálculo das distâncias percorridas	177
Anexo E – Simulação do funcionamento do <i>layout</i> proposto 1.....	179
Anexo F – Simulação do funcionamento do <i>layout</i> proposto 2	195
Anexo G – Célula da produção (restante da produção)	211

Anexo H – Verificação do tempo de embalagem da antena 28249742.....	215
Anexo I – Verificação do tempo de embalagem da antena 28257036	217
Anexo J – Dimensionamento do carrinho transportador	219
Anexo K – Pedido de orçamento para porta cartões	221

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolução do conceito <i>Lean Production</i>	6
Figura 2 – Casa TPS	8
Figura 3 – Os cinco princípios <i>Lean</i>	9
Figura 4 – Os três MUs identificados pelo sistema TPS	14
Figura 5 – Exemplo de um poka-yoke	16
Figura 6 – Ciclo PDCA	18
Figura 7 – Fluxo de <i>Kanban</i>	19
Figura 8 – Tipos de <i>Kanban</i>	19
Figura 9 – 5S	21
Figura 10 – Fases e técnicas da metodologia SMED	23
Figura 11 – Forças do <i>Lean</i>	25
Figura 12 – Exemplo de um gráfico spaghetti	27
Figura 13 – Gráfico de processos	28
Figura 14 – Block Icon	30
Figura 15 – Transportation Arrow	31
Figura 16 – <i>Total value card</i>	31
Figura 17 – Exemplo de um <i>layout</i> por produto	33
Figura 18 – Exemplo de <i>layout</i> por processo	34
Figura 19 – Exemplo de célula de produção	35
Figura 20 – À esquerda <i>layout</i> por processo e à direita <i>layout</i> por célula	36
Figura 21 – Instalação Delphi Braga	39
Figura 22 – Complexo fabril da Delphi	40
Figura 23 – Delphi no mundo	42
Figura 24 – Clientes da Delphi Braga	43
Figura 25 – Produtos Delphi	44

Figura 26 – Organigrama geral	44
Figura 27 – Exemplos de ferramentas <i>Lean</i> utilizadas na Delphi	47
Figura 28 – <i>Layout</i> inicial da montagem final de antenas	48
Figura 29 – Sistema produtivo orientado ao processo	49
Figura 30 – Exemplo de produtos acabados	49
Figura 31 – Fluxograma do funcionamento do processo produtivo	52
Figura 32 – Área de montagem final	54
Figura 33 – Linha da BIG	55
Figura 34 – Dispositivo e etiqueta	56
Figura 35 – Armário dos dispositivos.....	56
Figura 36 – Carro de apoio à mudança de produto	57
Figura 37 – Linha da 2+2.....	59
Figura 38 – Posto adicional da linha 2+2	60
Figura 39 – Linha F01.....	62
Figura 40 – Posto de pré-montagem	63
Figura 41 – Posto Ford ECBP.....	65
Figura 42 – Representação esquemática da montagem	65
Figura 43 – Carrinho transportador.....	66
Figura 44 – Zona de testes	67
Figura 45 – Teste Zagg	68
Figura 46 – Etiqueta de identificação	68
Figura 47 – Armário teste Zagg	68
Figura 48 – Carrinho de auxílio ao transporte	69
Figura 49 – Teste T5	70
Figura 50 – Etiqueta de identificação	71
Figura 51 – Armário T5 e Ford ECBP.....	71

Figura 52 – Teste AM-FM.....	72
Figura 53 – Teste Ford ECBP	73
Figura 54 – Discos de teste	73
Figura 55 – Etiqueta de identificação	73
Figura 56 – Posto de embalagem.....	74
Figura 57 – Posto <i>Bumper</i>	75
Figura 58 – Linha da <i>Wave trap</i>	76
Figura 59 – Caudais entre os processos do sistema	77
Figura 60 – Fluxo de materiais	79
Figura 61 – Manifesto.....	81
Figura 62 – Fluxo de informação.....	82
Figura 63 – Volume monetário das vendas em 2012.....	82
Figura 64 – Rota de recolha de dados para o WID	86
Figura 65 – Resultados das observações do WID.....	87
Figura 66 – <i>Waste identification diagram</i>	92
Figura 67 – Diagrama de causa-efeito relativo aos transportes e movimentações	95
Figura 68 – Inventário intermédio	98
Figura 69 – Estado inventário intermédio.....	98
Figura 70 – Diagrama causa-efeito relativo às esperas.....	99
Figura 71 – Diagrama de causa-efeito relativo ao inventário e sobreprodução.....	104
Figura 72 – Diagrama de propostas de melhoria	107
Figura 73 – Tipos de antenas Ford ECBP.....	108
Figura 74 – Produção diária das semanas 14 à 24	109
Figura 75 – Evolução do volume de produção das antenas Ford ECBP	110
Figura 76 – Tempos de ciclo global.....	110
Figura 77 – Tempos de ciclo e <i>takt time</i> para as antenas Ford ECBP	113

Figura 78 – <i>Layout</i> em célula – hipótese 1	115
Figura 79 – Rampas de abastecimento entre processos	116
Figura 80 – Dimensionamento da altura dos postos de trabalho	116
Figura 81 – Distribuição da produção pelos postos de trabalho	117
Figura 82 – Tempo de produção do <i>layout</i> proposto	119
Figura 83 – <i>Layout</i> de uma célula.....	124
Figura 84 – Tempo de produção do <i>layout</i> em célula.....	127
Figura 85 – Tempo de produção da restante produção	129
Figura 86 – Volume de produção de 2013.....	134
Figura 87 – Exemplo do funcionamento do posto de teste Zagg.....	137
Figura 88 – Proposta de carrinho transportador.....	138
Figura 89 – Representação esquemática do funcionamento do posto de teste T5.....	139
Figura 90 – Representação esquemática do funcionamento do posto de teste AM-FM	141
Figura 91 – Percentagem de ocupação nos postos de embalagem.....	142
Figura 92 – Tempos de ciclo e <i>takt time</i> para o posto de embalagem	143
Figura 93 – Tempos de ciclo e <i>takt time</i> para o posto de embalagem	144
Figura 94 – Representação esquemática do sequenciador do posto Zagg	147
Figura 95 – Posta cartões	147
Figura 96 – Cartões de produção	147
Figura 97 – <i>Andon</i>	150
Figura 98 – <i>Layout</i> final da área de montagem final de antenas	153
Figura 99 – Exemplo de base de transporte rápido do sistema de teste.....	154
Figura 100 – WID do estado futuro	156
Figura 101 – Tabela de auxílio à recolha de dados.....	175
Figura 102 – Diagrama de blocos do <i>layout</i> 1	179
Figura 103 – Processo de entrada	180

Figura 104 – Introdução de dados no processo de entrada	181
Figura 105 – Processo de montagem	182
Figura 106 – Introdução de dados no bloco <i>assign</i>	183
Figura 107 – Introdução de dados no bloco do processo de montagem	183
Figura 108 – Processo de teste.....	184
Figura 109 – Introdução de dados no <i>decide</i>	185
Figura 110 – Introdução de dados no <i>decide</i>	185
Figura 111 – Processo de embalagem.....	186
Figura 112 – Introdução de dados no <i>decide</i>	187
Figura 113 – Relatório dos resultados das filas de espera	188
Figura 114 – Relatório dos resultados dos recursos.....	189
Figura 115 – Relatório de resultados dos contadores	190
Figura 116 – Diagrama de blocos do <i>layout 2</i>	195
Figura 117 – Processo de entrada	196
Figura 118 – Introdução de dados no processo de entrada	197
Figura 119 – Processo de montagem	197
Figura 120 – Bloco <i>Assign</i>	198
Figura 121 – Introdução de dados no processo de montagem.....	199
Figura 122 – Tempos de ciclo de uma célula de produção	199
Figura 123 – Tempos de ciclo e <i>takt time</i> das células de produção.....	200
Figura 124 – Criação de uma <i>failure</i>	201
Figura 125 – Introdução de dados no processo de falha	201
Figura 126 – Processo de teste.....	202
Figura 127 – Introdução de dados no bloco <i>decide</i>	202
Figura 128 – Introdução de dados no processo de teste.....	203
Figura 129 – Processo de embalagem.....	203

Figura 130 – Introdução de dados no bloco <i>decide</i>	204
Figura 131 – Introdução de dados no processo de embalagem	204
Figura 132 – Relatório de dados das filas de espera	205
Figura 133 – Relatório de dados da utilização dos recursos	206
Figura 134 – Relatório de dados do <i>record</i>	207
Figura 135 – Introdução de dados no processo entrada	211
Figura 136 – Relatório de dados das filas de espera	212
Figura 137 – Relatório de dados da utilização dos recursos	213
Figura 138 – Relatório de dados do <i>record</i>	214
Figura 139 – Desenho técnico do carrinho transportador	219
Figura 140 – Pedido de orçamento à empresa Clan Electrostática, Lda.....	221

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Os sete desperdícios	12
Tabela 2 – Simbologia VSM.....	26
Tabela 3 – Simbologia dos gráficos de processos	28
Tabela 4 – Consequências dos <i>layouts</i> no desempenho das organizações	32
Tabela 5 – Características, vantagens e desvantagens de <i>layout</i> por produto	33
Tabela 6 - Características, vantagens e desvantagens de <i>layout</i> por processo.....	34
Tabela 7 – Características, vantagens e desvantagens de células de produção	36
Tabela 8 – Fases para formação de células de produção	37
Tabela 9 – Características, vantagens e desvantagens de <i>layout</i> por posição fixa	38
Tabela 10 – Dados históricos	41
Tabela 11 – Horário laboral	45
Tabela 12 – Lista de materiais	50
Tabela 13 – Processos por posto de trabalho na linha BIG	55
Tabela 14 – Família de mudanças de produtos	57
Tabela 15 – Tempos de mudança entre famílias.....	58
Tabela 16 – Processos por posto de trabalho na linha da 2+2	59
Tabela 17 – Família de mudança de produto	61
Tabela 18 – Tempos de mudança entre famílias.....	61
Tabela 19 – Processos por posto de trabalho na linha F01	63
Tabela 20 – Métricas.....	83
Tabela 21 – Definição de atividades.....	85
Tabela 22 – Resultados <i>block icon</i>	88
Tabela 23 – Custo do WIP	89
Tabela 24 – Metros percorrido num ano	90
Tabela 25 – <i>Total value card</i>	91

Tabela 26 – Gasto com transportes e movimentações	93
Tabela 27 – Tempo consumido em transportes e movimentações	94
Tabela 28 – Gastos com a mão-de-obra em esperas	98
Tabela 29 – Tempo consumido em esperas	99
Tabela 30 – Tempos de espera.....	100
Tabela 31 – Gastos com mão-de-obra em atividades de valor não acrescentado	102
Tabela 32 – Tempo consumido em atividades de valor não acrescentado	102
Tabela 33 – Gastos com mão-de-obra	103
Tabela 34 – Tempo consumido.....	103
Tabela 35 – Sequência operatória, tempos de ciclo e postos existentes da antena Ford ECBP.....	109
Tabela 36 – Percentagem de utilização de mão-de-obra por posto de trabalho.....	111
Tabela 37 – Tempo de utilização de mão-de-obra por posto de trabalho.....	111
Tabela 38 – Estado inicial.....	112
Tabela 39 – Estado futuro	114
Tabela 40 – Altura inicial dos postos de trabalho.....	115
Tabela 41 – Funcionamento do <i>layout</i>	118
Tabela 42 – Programa de rotatividade	120
Tabela 43 – Tempo necessário para teste	122
Tabela 44 – Análise custo-benefício.....	123
Tabela 45 – Funcionamento do <i>layout</i> em célula	126
Tabela 46 – Funcionamento da restante produção.....	128
Tabela 47 – Programa de rotatividade para célula de produção	130
Tabela 48 – Tempo necessário para teste	130
Tabela 49 – Análise custo-benefício.....	131
Tabela 50 – Tempo gasto em esperas por antena	132
Tabela 51 – Dimensões das embalagens.....	135

Tabela 52 – Análise custo-benefício.....	145
Tabela 53 – Tempos gastos à procura do chefe de linha	146
Tabela 54 – Cor e quantidade dos cartões	148
Tabela 55 – Análise Custo-benefício.....	149
Tabela 56 – Análise custo-benefício.....	151
Tabela 57 – Total value card futuro.....	155
Tabela 58 – Comparação entre o WID inicial e futuro.....	157
Tabela 59 – Ganhos nos indicadores de desempenho.....	158
Tabela 60 – Produtos finais.....	169
Tabela 61 – Família de produtos.....	173
Tabela 62 – Resultado das 30 amostras	175
Tabela 63 – Distâncias percorridas entre postos de trabalho.....	177
Tabela 64 – Tempos de processamento	191
Tabela 65 – Cálculo do tempo de atravessamento.....	192
Tabela 66 – Cálculo do rácio de valor acrescentado.....	193
Tabela 67 – Tempos de processamento	207
Tabela 68 – Cálculo do tempo de atravessamento.....	208
Tabela 69 – Cálculo do rácio de valor acrescentado.....	209
Tabela 70 – Tempo de processamento.....	214
Tabela 71 – Tempo de transporte entre postos	215
Tabela 72 – Tempo de transporte entre postos	217

Índice de Equações

Equação 1.....	15
Equação 2.....	87
Equação 3.....	88
Equação 4.....	89
Equação 5.....	89
Equação 6.....	191
Equação 7.....	192
Equação 8.....	193
Equação 9.....	209

1. Introdução

Neste capítulo faz-se um breve enquadramento do projeto, definem-se os objetivos e a metodologia utilizada para atingir esses mesmos objetivos. Está ainda incluída uma descrição sucinta da estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Os fornecedores do ramo automóvel são cada vez mais confrontados a reduzirem os seus prazos de entrega, a responder rapidamente a flutuações na procura, a fazer alterações nas especificações dos produtos assim como aumentar a diversidade de artigos. Apesar de todas estas solicitações de grande exigência falta ainda acrescentar a pressão constante na redução dos custos de operação.

Tendo em consideração tais exigências e para que uma organização possa tornar-se competitiva, é fundamental a existência de uma gestão eficiente de todos os seus recursos, reduzir desperdícios, assim como, analisar de forma cuidada os seus processos, perspetivando a melhoria contínua (Cuatrecasas Arbós, 2002). Cabe assim a cada empresa apostar em melhores resultados usando menos recursos (eliminando desperdícios) – só desta forma será possível satisfazer o cliente (Cuatrecasas Arbós, 2002; Jiménez, Tejedab, Pérezb, Blancob, & Martínezb, 2011; Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2010).

É neste contexto que surge o *Lean Production* que tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a criação de valor, não só na área de produção, como também em toda a empresa, tornando-a particularmente competitiva (Warnecke & Hüser, 1995; Womack & Jones, 1996). Este tipo de produção tem já uma grande reputação mundial pelo facto de ter sido aplicada a diversas áreas de atividade económica, que vão desde organizações com fins lucrativos até ao sector público, sendo já possível encontrar aplicações *Lean* na gestão de organizações sem fins lucrativos e não-governamentais (Womack & Jones, 1996).

Com o objetivo de continuar a ser competitiva, a *Delphi Automotive Systems - Portugal S.A* foca a sua gestão em alguns absolutos de excelência, tais como o foco no cliente, a inovação e melhoria contínua. Inserido no âmbito da melhoria contínua, a presente dissertação focalizar-se-á na redução de desperdícios na área de montagem final de antenas. Isto porque esta área assenta num pensamento mais orientado ao

processo, pelo facto de existir uma grande diversidade de produtos com rotas diferentes e de difícil de organizar em linhas de produção. Com esta abordagem permite rentabilizar a utilização dos equipamentos e facilitar a gestão do fluxo de materiais, uma vez que os produtos viajam entre áreas para serem processados, obtendo assim um acréscimo de diversos desperdícios, tais como: grande quantidade de trabalho em curso (*work-in-process*), grandes movimentações de pessoas (quer à procura de outras pessoas, quer à procura de materiais), transportes excessivos entre processos e por fim esperas, quer de informação, quer de equipamentos.

Assim sendo, torna-se extremamente importante analisar todo o processo produtivo da área de montagem final de antenas, no sentido de melhorar e garantir a sua vantagem competitiva no mercado atual.

1.2. Objetivos

O objetivo da presente dissertação consiste na apresentação de propostas que visem melhorar o desempenho da área de montagem final de antenas da empresa *Delphi Automotive Systems-Portugal S.A.* recorrendo para isso aos conceitos e princípios da produção *Lean*. Pretende-se desta forma suprimir ou reduzir os seguintes desperdícios:

- Movimentações de pessoal;
- Transportes de materiais e produtos;
- Tempo de espera de pessoas e equipamentos;
- Inventários;

Os indicadores de desempenho que servem de referência para a validação das propostas são:

- Tempo de atravessamento;
- WIP médio;
- Taxa de utilização de mão-de-obra;
- Produtividade.

1.3. Metodologia de investigação

Inicialmente foi importante efetuar-se uma pesquisa bibliográfica sobre *Lean Production* (técnicas e ferramentas), ferramentas de análise e diagnóstico de unidades produtivas, nomeadamente *value stream mapping*, diagramas de esparguete, *waste identification diagrams* e gráfico de processos, sendo por último realizada uma pesquisa

sobre tipos de *layouts*. Para a obtenção desta informação recorreu-se a livros, artigos científicos, catálogos e outra informação relevante disponível na internet.

Para atingir os objetivos deste projeto, foi utilizada a metodologia de Investigação-Ação (*Action Research*). Uma vez que para o desenvolvimento desta investigação, para além do envolvimento ativo do investigador, também existe um envolvimento ativo de todas as pessoas relacionadas com o projeto. Esta metodologia de investigação envolve um ciclo de cinco fases: o diagnóstico, o planeamento de ações, a implementação de ação ou ações selecionadas, a avaliação do resultado das ações e a especificação de aprendizagem (O'Brien, 1998).

Deste modo, na primeira fase da metodologia realizou-se uma análise ao estado inicial da área de montagem final de antenas de forma a identificar os principais problemas. Nesta fase de diagnóstico foram analisados principalmente os tempos de ciclo, os processos produtivos, o tipo de implantação, os tempos de mudança de produtos, o fluxo de informação, as matérias-primas, o caudal produtivo, os equipamentos e alguns indicadores de desempenho. Com esta informação e recorrendo a uma ferramenta de análise e diagnóstico de unidades produtivas, nomeadamente o *waste identification diagrams* (WID), foi possível identificar os desperdícios existentes nesta área, assim como, encontrar as principais causas para a sua ocorrência, utilizando para isso o diagrama de causa-efeito.

Com os desperdícios identificados bem como as causas para a sua ocorrência passou-se para uma fase seguinte, ou seja, o planeamento de ações.

Na fase do planeamento de ações são realizadas propostas de melhoria para o sistema inicial de forma a atingir os objetivos propostos. Definidas as propostas de melhoria, a fase seguinte é a implementação de ações. Para ser possível implementar as melhorias é necessário efetuar um plano de ações de forma a conhecer-se a atuação de cada proposta. Aprovado este plano podem-se implementar as melhorias.

Após a implementação das propostas de melhoria segue-se a fase de avaliação dos resultados. Nesta análise verificou-se uma comparação entre a situação inicial e a situação proposta de forma a constatar-se os benefícios das alterações sugeridas.

Por fim, na última fase (especificação de aprendizagem), fizeram-se sugestões para trabalhos futuros de proposta de melhoria que não puderam ser implementadas e estudadas.

1.4. Estrutura

A presente dissertação encontra-se estruturada em **9 capítulos**, sendo que, no **capítulo 1** é efetuado o enquadramento temático, definido o objetivo a atingir, é descrita a metodologia de abordagem adotada e descrita a presente estrutura. No **capítulo 2** é apresentada toda a revisão bibliográfica necessária à fundamentação do projeto desenvolvido. No **capítulo 3** de forma sucinta, apresenta-se a empresa onde foi desenvolvida a presente dissertação. No **capítulo 4** é feita uma descrição da área de montagem final de antenas. No **capítulo 5** é apresentada a análise crítica e diagnóstico do estado inicial da área em estudo, onde se identificam os principais desperdícios e as suas causas. No **capítulo 6** são apresentadas as propostas de melhoria que são sugestões para os problemas encontrados e indicam-se os ganhos que se poderiam conseguir com a implementação destas propostas. No **capítulo 7** será realizada uma análise das implicações das propostas de melhoria no *layout* da área de montagem final de antenas. O **capítulo 8** apresenta o WID efetuado com as melhorias indicadas nas propostas. No **capítulo 9** tecem-se as conclusões a retirar do trabalho realizado e faz-se ainda referências às oportunidades para trabalho futuro.

2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão abordados os temas teóricos que sustentam todo o trabalho desenvolvido ao longo do estágio na empresa *Delphi*. Nesta revisão bibliográfica são abordados temas como *Lean Production*, a sua origem e evolução do conceito, os princípios *Lean*, assim como os sete desperdícios. Em seguida serão abordadas algumas ferramentas *Lean*, assim como a identificação de algumas ferramentas de análise e diagnóstico de unidades produtivas. Posteriormente são apresentadas alguns benefícios e dificuldades encontradas com a implementação do *Lean Production*, e por fim são abordados os diferentes tipos de *layouts*.

2.1. *Lean Production*

Atualmente com a globalização dos mercados, e a consequente intensificação da competitividade, o nível de exigência relativamente aos produtos e serviços, tem vindo a aumentar consideravelmente. Desta forma e para que uma organização possa tornar-se competitiva é fundamental apostar na redução de custos (eliminação de desperdícios), aumentar a qualidade dos produtos ou seja, obter melhores resultados utilizando menos recursos, pois só assim se conseguirá a satisfação dos clientes (Cuatrecasas Arbós, 2002). Womack & Jones (1996) definem *Lean Production* como sendo o “antídoto para o desperdício”. Esta filosofia de produção tem sido uma das principais ferramentas utilizadas pelas empresas para conseguirem obter ganhos de produtividade e qualidade através da eliminação sistemática das fontes de desperdício (Black & Hunter, 2003).

O principal objetivo do *Lean Production* consiste na eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor ao produto no decorrer do processo produtivo, assim como em toda a empresa, tornando-a particularmente competitiva (Warnecke & Hüser, 1995).

2.1.1. Origem e evolução do conceito

O termo *Lean Production* surge a partir de 1990 e uma das peças centrais dessa apresentação reporta-se ao livro intitulado “*The machine that changed the world*” (Womack & Jones, 1996). Neste livro são expostos vários estudos que comparam o desempenho da indústria automóvel na década de 1980. Estes estudos permitiram verificar que o desempenho do sistema de produção da empresa de automóveis japonesa

Toyota (conhecida como *Toyota Production System – TPS*) era muito superior a outras empresas de automóveis europeias e norte-americanas (Monden, 1998; Ohno, 1988)

O conceito *Lean Production* para além de ser apresentado só a partir de 1990, já era anteriormente aplicado. Na Figura 1 é apresentado o diagrama temporal com os principais desenvolvimentos científicos que permitiram o desenvolvimento do *Lean Production*.

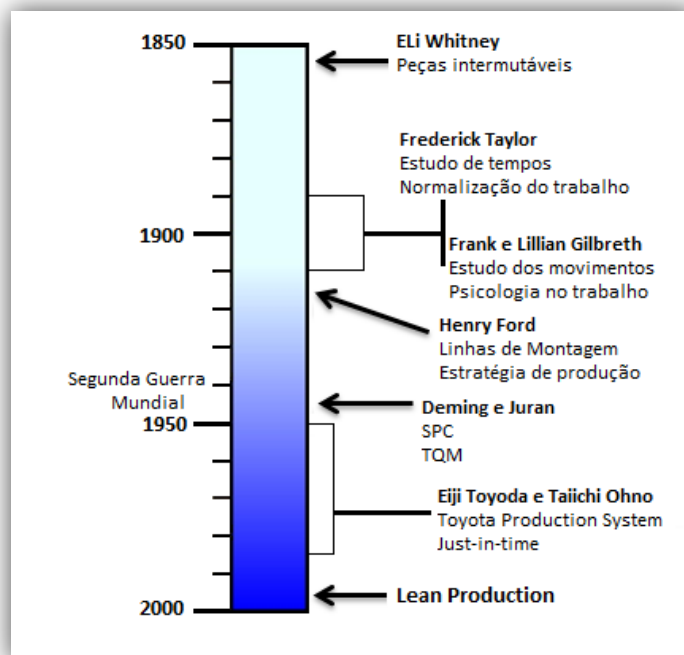


Figura 1 – Evolução do conceito *Lean Production* (adaptado de Strategos (2012))

Através da observação da Figura 1 pode-se verificar que Eli Whitney aparece como o primeiro pensador *Lean* de forma mais sistemática, ao desenvolver, a ideia de peças intermutáveis para armas de guerra (mosquete¹) e a máquina de descaroçar algodão (Poppendieck, 2006).

Seguiu-se Frederick Taylor, engenheiro mecânico que procurava melhorar a eficiência industrial. Este engenheiro trouxe ideias sobre o estudo dos tempos e a normalização do trabalho. Taylor apelidou as suas ideias de Gestão Científica, que consistia na utilização do método científico à gestão dos trabalhadores aumentando assim a produtividade. Frank Gilbreth e Lilian Gilbreth adicionaram à literatura

¹Mosquete - armas de fogo semelhante a uma espingarda porém muito mais pesada.

existente os temas como o estudo dos movimentos e a psicologia do trabalho, respetivamente. O conceito de eliminação de desperdícios foi da origem destes dois engenheiros (Carvalho, 2010). No início do século XX, Henry Ford rearranjou todos os elementos do seu sistema de produção artesanal de produção de automóveis modificando-a numa produção em massa. Henry Ford foi o impulsionador das linhas de montagem em série, criando linhas de produção em que as máquinas e os postos de trabalho estavam dispostos pelas sequências exatas das operações a executar (Clarke, 2005). Esta linha de produção estava direcionada apenas para um produto padrão, o modelo T de cor preto, isto permitia a produção de grandes quantidades em tempos reduzidos e de forma contínua (Clarke, 2005). O sucesso e a popularidade do modelo T foram atribuídas ao seu baixo preço, pois num período de 16 anos tinha mais do que diminuiu pela metade o seu preço. Contudo, as exigências do mercado trouxeram problemas para o seu sistema de produção (Clarke, 2005).

À medida que a produção em massa de Ford se ia alargando a várias empresas nos Estados Unidos, no Japão a evolução da indústria não corria da mesma forma. Uma vez que em 1937, a *Toyota Motor Company*, sediada em Nagoya, Japão, viu-se obrigada a trocar a produção de máquinas têxteis pelo fabrico de camiões para o exército que serviriam para a Segunda Guerra Mundial. No entanto, a falta de recursos humanos, financeiros e materiais faziam com que a empresa não se conseguisse adaptar às necessidades do mercado (Ohno, 1988). Assim os líderes da Toyota, Sakichi Toyoda e o seu filho Kiichiro Toyoda acompanhados por outros engenheiros (como Shigeo Shingo e Taiichi Ohno) visitaram as instalações das empresas Ford e General Motors para aprenderem novos conhecimentos e procurarem soluções para melhorar o desempenho da empresa. Com os conhecimentos adquiridos nos Estados Unidos da América, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo reformularam e adaptaram as ideias praticadas por Henry Ford à Toyota. Com estes novos conhecimentos, juntamente com outras práticas, como por exemplo, o controlo estatístico da qualidade de Ishikawa, Deming e Juran, criou-se uma nova abordagem para a produção que ficou conhecida como *Toyota Production System* (Ohno, 1988).

As ideologias do TPS rapidamente se alastraram, numa primeira fase para outras empresas japonesas e, mais tarde para muitas empresas a nível mundial. Os conceitos adjacentes ao TPS foram evoluindo e melhorando ao longo dos anos e esta abordagem é atualmente reconhecida mundialmente como *Lean Production*.

2.1.2. Toyota Production System

O conceito *Lean Production* teve origem no TPS - *Toyota Production System* cujo principal mentor, como referido anteriormente foi o engenheiro Taiichi Ohno (Ohno, 1988).

O TPS é uma filosofia de gestão que pretende otimizar a organização, de forma a satisfazer as necessidades dos clientes no menor prazo possível, ao mais baixo custo possível e, ao mesmo tempo aumentar a autoestima e segurança de todos os seus colaboradores, integrando e envolvendo os diferentes departamentos da organização (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2007). De forma a satisfazer estas condições, o principal objetivo do TPS consiste na redução custos através da identificação e eliminação de qualquer perda existente, ou seja, o “princípio do não-custo ” (Clarke, 2005).

Segundo Womack & Jones (2005), esta filosofia de gestão deve ser aplicada em todas as áreas de uma organização, desde a área das vendas à área das compras, das finanças e recursos humanos. Dando sempre prioridade às áreas onde o desperdício é maior e oferecendo maiores oportunidades de melhoria com impactos substanciais sobre o negócio. Assim, as ideias e os princípios defendidos no TPS encontram-se resumidos na Figura 2.

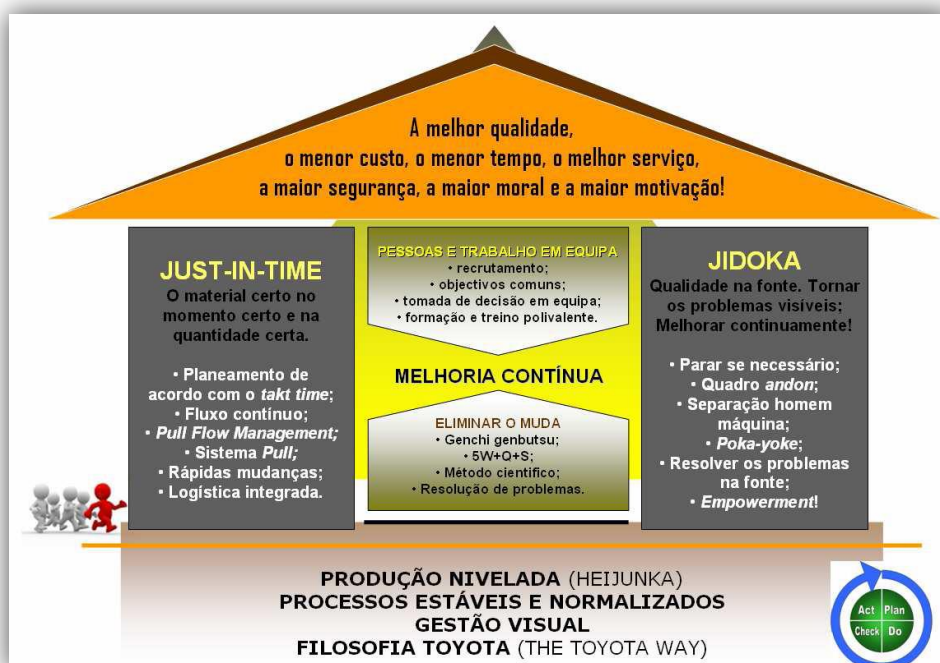


Figura 2 – Casa TPS (adaptado de Liker (2004))

Segundo Liker (2004), Ohno optou por representar o TPS desta forma uma vez que uma casa é um sistema estrutural, que só é forte se o telhado, os pilares e as bases forem fortes. Apesar de existirem várias versões da casa, os princípios básicos permanecem os mesmos. Os pilares que sustentam a casa são os conceitos de *Just-In-Time* (JIT) e de *Autonation* (em japonês *Jidoka*). Para além dos pilares, a casa TPS engloba outros conceitos importantes como, por exemplo, a melhoria contínua ou *Kaizen*, a produção nivelada (*Heijunnka*), os processos estáveis e normalizados, a gestão visual, o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), o *poka-yoke*, o sistema *pull*, entre outros (Liker, 2004).

2.1.3. Princípios *Lean*

Womack & Jones (1996) identificam que o pensamento *Lean* assenta em cinco princípios básicos, como ilustra a Figura 3, e quando aplicados são considerados como o “antídoto para os desperdícios”. Estes princípios visam a eliminação dos desperdícios, fazendo com que as empresas se tornem mais flexíveis, conseguindo desta forma, responder com mais eficiência às necessidades dos clientes, tornando-as mais competitivas.

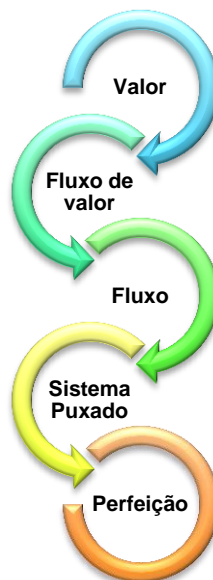


Figura 3 – Os cinco princípios *Lean*

Valor (Value): O ponto de partida para o pensamento *Lean* consiste em definir o que é valor. Diferente do que muitos pensam, não é a empresa, mas sim o cliente quem define o que é valor, pois representa aquilo que ele está disposto a pagar. Segundo

Pinto (2010, p. 168) “*valor é tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo*”.

Fluxo de valor (Value Stream): Para identificar o fluxo de valor é necessário analisar o sistema no seu todo, isto é, desde o fornecedor até ao cliente final para identificar quais as atividades que são necessárias para responder às exigências dos clientes. Neste fluxo de valor deve ser feita uma análise com o intuito de identificar dois tipos de atividades (atividades que não acrescentam valor ao produto e as atividades que acrescentam valor ao produto). Para ajudar na perceção destes tipos de atividades, pode-se definir que:

- ❖ Atividades que acrescentam valor: são atividades que permitem que o produto ou serviço se torne mais valioso, na perspetiva do cliente. Estas atividades podem representar num qualquer processo genérico, pelo menos 5% do seu tempo total (Liker, 2004; Melton, 2005).

- ❖ Atividades que não acrescentam valor: são atividades consideradas como desperdícios, que podem representar 95% do seu tempo total nas organizações (Liker, 2004). Estas atividades são classificadas em dois tipos, sendo elas (Pinto, 2010):
 - Atividades necessárias que não acrescentam valor: Embora estes tipos de atividades não acrescentem valor (desperdício), têm que ser realizadas para o seu desenvolvimento devido às restrições de tecnologia, questões de produção ou procedimentos de operações (Pinto, 2010). Estas atividades devem ser minimizadas ou automatizadas pois, chegam a representar 35% dos desperdícios nas organizações (Melton, 2005) .
 - Puro desperdício: são atividades totalmente dispensáveis. Estes tipos de atividades são considerados um desperdício, devendo ser eliminadas o mais rápido possível (Pinto, 2010). Estas atividades chegam a representar 60% dos desperdícios nas organizações (Melton, 2005).

Fluxo (Flow): Após identificada a cadeia de valor e eliminadas as atividades que representam desperdícios é importante criar os fluxos contínuos dentro da empresa. O fluxo contínuo é caracterizado pela capacidade de produzir somente o que é

necessário para determinado instante, para que o sistema produtivo consiga fluir de forma ininterrupta, isto é, sem tempos de espera, sem inventários, sem nenhum tipo de desperdício, isto leva à redução do *lead time*² do processamento de pedidos e na redução de inventário (Staats, Brunner, & Upton, 2010; Womack & Jones, 1996).

Sistema Puxado (Pull): O sistema de produção puxado é baseado em pedidos de clientes, portanto, a fonte de informação está na fase final, cada processo puxa os seus materiais do processo superior de acordo com as suas próprias necessidades, por isso será o cliente a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de inventário e valorizando o produto. O sistema *Kanban* operado com *Just-in-time* é geralmente considerado um sistema puxado (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999; Staats et al., 2010; Zheng & Xiaochun, 2009).

Perfeição (Perfection): A busca pela perfeição é caracterizada pela melhoria contínua (*Kaizen*). A procura pela perfeição deve orientar todos os esforços da empresa em processos transparentes, em que todos os membros da cadeia tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e procurar melhores formas de se criar valor com zero defeitos (Shingo, 1989; Staats et al., 2010; Womack & Jones, 1996).

2.1.4. Tipos de desperdícios


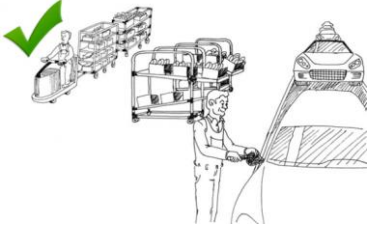
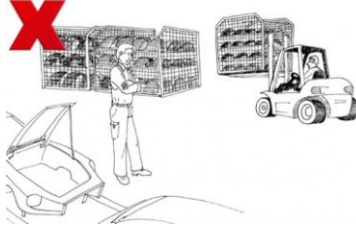

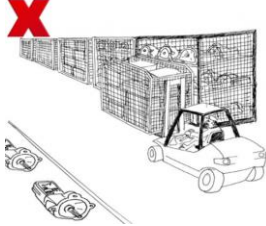
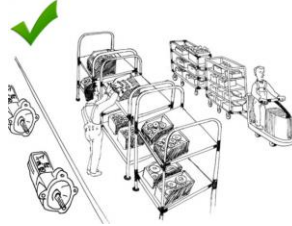
Como verificado anteriormente, a filosofia *Lean* é considerada uma abordagem sistemática especialmente focada na identificação e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor do produto (ReVelle, 2001). A produção *Lean* pressupõe a perseguição a “Muda”, “Mura” e “Muri” muitas vezes utilizados em conjunto e referidos como os 3 MU’s (ver Figura 4).

O conceito desperdício (ou *muda* em japonês) refere-se a todas as atividades que não acrescentam valor ao produto mas que consomem mais recursos e tempo, tornando assim os produtos ou serviços mais dispendiosos do que deveriam, preço este que o cliente não está disposto a pagar (Ohno, 1988; ReVelle, 2001; Shingo, 1989; Womack & Jones, 1996). Segundo Ohno (1988) e Shingo (1989) os sete principais tipos de

² **Lead time** – normalmente designado com tempo de percurso, diz respeito ao tempo que uma peça demora a atravessar o sistema produtivo em causa.

desperdícios que podem existir num sistema de produção encontram-se descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Os sete desperdícios (Lean, 2008)

Desperdícios	Errado	Certo
<p>Sobreprodução</p>		
<p>Espera</p>		
<p>Transporte</p>		

<p>Movimentações</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>Excesso de movimentos de trabalhadores, de informação, de documentos que não acrescentam valor ao produto. O movimento excessivo dos trabalhadores está diretamente relacionado com o planeamento do espaço e organização das ferramentas de trabalho (Dailey, 2003).</p>
<p>Inventário</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>Corresponde a todo o inventário que não foi encomendado pelo cliente, incluindo matéria-prima, trabalho em processamento e produto final. Requer espaço precioso de armazenamento, esconde defeitos de produção, atrasa identificação de problemas e empata capital financeiro (Bell, 2006).</p>
<p>Defeitos</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>Erros durante o processo, recorrendo ao retrabalho ou trabalhos a mais. Os desperdícios por defeitos são de quatro formas: materiais consumidos; mão-de-obra utilizada que não é recuperável; mão-de-obra novamente requisitada para retocar, reparar, refazer e inspecionar; uso de recursos para responder a potenciais reclamações dos clientes. Problemas de qualidade são muitas vezes escondidos por excesso de inventário e tamanhos de lotes grandes (Bell, 2006; ReVelle, 2001).</p>
<p>Processos desnecessários</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>Refere-se a operações extras, como trabalho por refazer, reparar ou retocar, armazenamento, excesso de etapas de processamento, inspeção, utilização de máquinas demasiado potentes para o objetivo proposto. A falta de treino e/ou uniformização pode provocar desperdícios. Todos os processos geram perdas, contudo estas devem ser eliminadas ao máximo (Bell, 2006; Pinto, 2010).</p>

Para além dos muda já identificados anteriormente existem também o mura e o muri que são desperdícios que devem igualmente ser eliminados.

Mura – o que é variável, refere-se às irregularidades ou às inconsistências que ocorrem no espaço fabril, como por exemplo quando um fluxo de trabalho contínuo é interrompido como resultado de um operador mais lento. É eliminado pela uniformização do trabalho (garantindo que todos seguem o mesmo procedimento, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis) (Pinto, 2010).

Muri – o que é irracional, manifesta-se através do excesso ou a insuficiência. É eliminado através da adoção do sistema JIT (*just-in-time*) procurando fazer apenas o necessário e quando pedido. Este é aplicado através do sistema *pull*, deixando o cliente puxar os produtos ou serviços (Pinto, 2010).

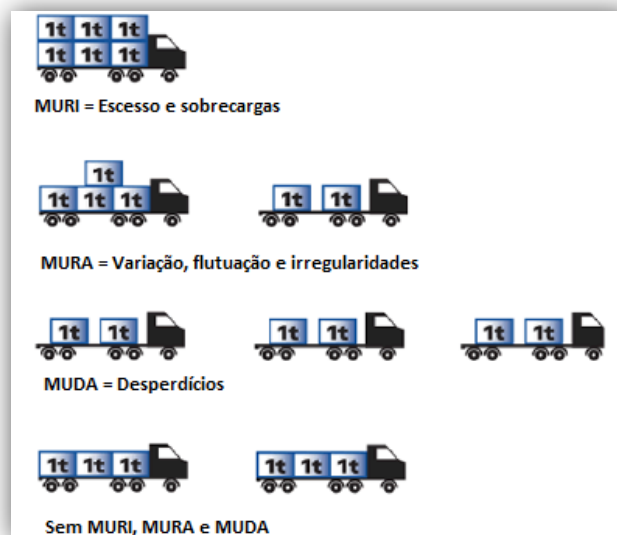


Figura 4 – Os três MUs identificados pelo sistema TPS (adaptado de Imai (2012))

2.1.5. Técnicas e ferramentas Lean

Associado à filosofia *Lean Production* existem um conjunto de metodologias, técnicas e ferramentas que podem ser usadas nas organizações. Nesta secção apresentam-se algumas das principais ferramentas e técnicas existentes.

a) *Just-in-time* (JIT)

Just-in-time é o primeiro pilar da casa TPS. Segundo Slack, Chambers, Harland, Harrison & Johnston (1997) *just-in-time* significa produzir bens e serviços exatamente

no momento em que são necessários, ou seja, nem antes do momento em que são necessários para que não se transformem em inventário e não após o momento em que são necessários para que os clientes não tenham de esperar.

O objetivo do método *JIT* é fixar a carga global, no seio da qual todas as referências são fabricadas em sequências que se repetem o mais frequentemente possível. Na realidade, o baixo nível de trabalho em curso (*WIP*) não permite uma adaptação às variações repentinas e de grande amplitude, não sendo pois o método aconselhável para produções muito diversificadas em volume e variáveis no tempo (Baranger & Huguel, 1994).

Intimamente relacionados com a filosofia *JIT* surgem os conceitos de *takt time*, sistema *pull* e *one-piece flow*.

O *takt time* (a palavra alemã *takt* tornou-se popular na produção do mundo inteiro) aparece como uma forma de estabelecer um ritmo no sistema, isto é, aparece como forma de sincronizar o ritmo ao qual os clientes pedem os produtos com a produção propriamente dita (Bell, 2006; Dailey, 2003).

O *takt time* é um valor calculado a partir do tempo disponível para a produção e da procura do cliente, como se pode ver na Equação 1.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produção}{Procura\ do\ cliente} \quad \text{Equação 1}$$

A produção baseada num sistema *pull* está subjacente ao pilar *JIT* uma vez que assenta no pressuposto de que é o cliente que puxa a produção. Para obedecer ao sistema *pull* o plano produtivo deve-se encontrar no final do sistema produtivo para que cada processo puxe os seus materiais do processo anterior de acordo com as suas próprias necessidades. Só com a implementação de um sistema deste tipo é possível produzir a quantidade certa no momento certo ao menor custo possível (Bonney et al., 1999; Staats et al., 2010; Zheng & Xiaochun, 2009).

O *one-piece flow* (fluxo peça-a-peça) é um método de produção onde uma única peça é movimentada entre etapas do processo, sem acumulação de trabalho em processo (*WIP*). Este sistema funciona melhor em combinação com um *layout* em célula no qual todos os equipamentos necessários estão localizados dentro de uma célula na sequência em que ela é usada (Bell, 2006; Miltenburg, 2001).

b) Jidoka

Jidoka ou *Autonomation* é o segundo pilar da casa TPS. Este conceito surgiu no início do século XX, quando Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota, inventou um tear com paragem automática no caso do rompimento de um fio, isto possibilitou a eliminação da necessidade de monitorização contínua (Castiglioni, 2007).

Segundo Castiglioni (2007) *Jidoka* é dotar a máquina de dispositivos ou recursos que, ao detetarem qualquer anomalia, fazem-na parar, evitando a produção e propagação de defeitos. Com a paragem da produção os problemas tornem-se visíveis permitindo assim encontrar as suas causas e eliminá-los. Ao tornar os problemas visíveis e eliminá-los é possível eliminar também reincidências, o que contribui também para a melhoria da qualidade dos produtos.

Numa perspetiva diferente, Shingo (1989) considera que o *Jidoka* representa o estágio anterior à completa automação uma vez que é a máquina que deteta o problema e o operador que o corrige. Neste contexto, Shingo (1989) criou os sistemas *poka-yoke* (dispositivos de deteção de erros) que representam um dos principais elementos que constituem o pilar *Jidoka*. Um *poka-yoke* (à prova de defeitos), como ilustra a Figura 5, pode definir-se como um dispositivo ou mecanismo simples que é instalado na máquina ou no posto de trabalho e que faz com impeça a produção de uma parte adicional com defeito (Black & Hunter, 2003).

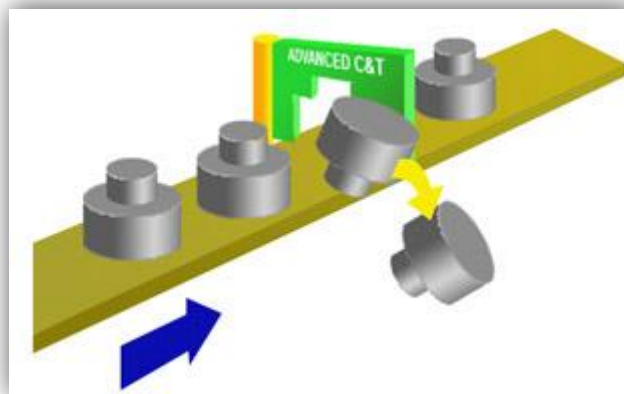


Figura 5 – Exemplo de um poka-yoke (Training, 1999)

c) Heijunka

Heijunka é o termo japonês para nivelamento da produção relativamente a volume e variedade de produtos, ou seja, esta ferramenta pretende distribuir as

encomendas ao longo do tempo de forma a produzir diferentes tipos de produtos em simultâneo, eliminando assim as grandes variações da procura (Tapping, 2003). Segundo Liker (2004) heijunka é fundamental para eliminar o desnivelamento (*mura*), cuja existência não permite que sejam evitadas as perdas (*muda*) e sobrecarga do sistema (*muri*). Segundo Gabriell (2005) com a implementação de heijunka as principais vantagens são:

- uma maior rapidez na satisfação da procura dos clientes;
- diminuição de inventários;
- menor ocupação dos armazéns;
- estabiliza a procura de recursos de produção;
- permite fabricar ao mesmo tempo grandes quantidades de produtos diferentes.

d) Kaizen

O *Kaizen* é uma metodologia criada por Masaaki Imai e é uma palavra japonesa que significa melhoria contínua (Ortiz, 2006; Pinto, 2010). Esta metodologia é tida como umas das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações (Pinto, 2010). Esta metodologia é baseada em três regras básicas: a limpeza, a normalização do trabalho e a eliminação dos desperdícios (Rawabdeh, 2005).

O objetivo principal desta metodologia é a redução de custos através da eliminação de desperdícios (Ortiz, 2006).

Segundo Carvalho (2010), baseado em Rother e Shook (1999) identificaram-se dois tipos de kaizen:

- ***Kaizen de fluxo***: incide no fluxo de valor, dirigido ao cliente;
- ***Kaizen de processo***: foca em processos individuais, dirigido às equipas de trabalho e líderes.

Cada pequeno desenvolvimento dado no sentido da melhoria contínua é apoiado no ciclo PDCA, como ilustra a Figura 6.

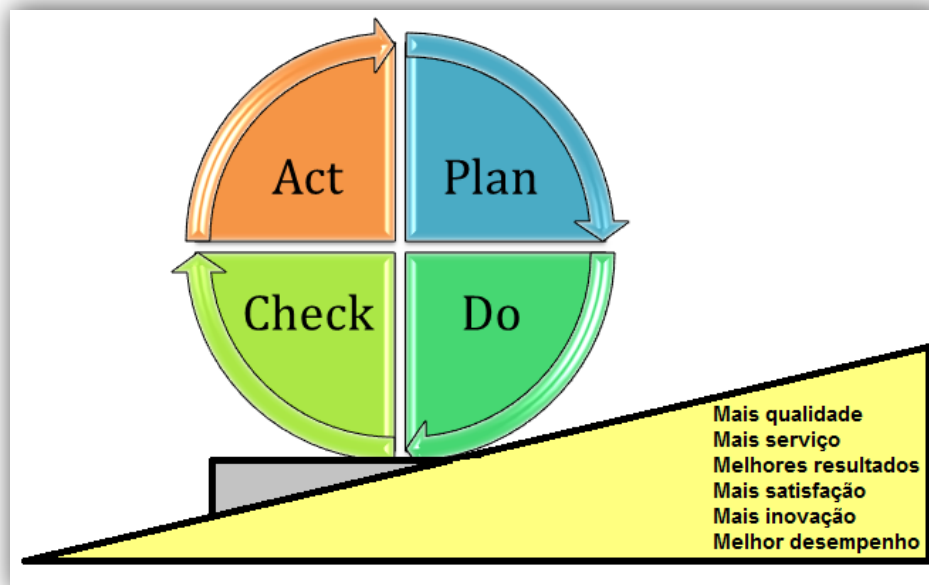


Figura 6 – Ciclo PDCA (adaptado de Pinto (2010))

Na primeira fase do ciclo PDCA, *Plan* (planear) estabelecem-se as metas e os objetivos a alcançar e escolhe-se o plano de melhoria que irá ser posto em prática. Na segunda fase, *Do* (fazer) põem-se em prática as atividades que constavam do plano escolhido anteriormente. Na terceira fase, *Check* (verificar) verifica-se se os resultados obtidos estão de acordo com os resultados esperados. Na última fase, *Act* (atuar) fazem-se as correções necessárias para quando se iniciar um novo ciclo se possa fazer um novo plano sem se recair nos erros cometidos (Cardoso, Quadros, Moura, Paulo, & Silva, 2012).

e) *Kanban*

Kanban é um termo do vocabulário corrente japonês que significa etiqueta ou cartão (Dailey, 2003). Este método baseia-se na gestão de sistemas produtivos que seguem uma abordagem de “puxar” a produção. Neste tipo de abordagem, como ilustra a Figura 7 o posto de trabalho a montante apenas deverá produzir o que lhe é pedido a jusante, e este por sua vez, apenas deve produzir o que lhe é pedido no posto imediatamente a jusante e assim sucessivamente. O posto mais a jusante de todo o processo, deverá produzir simplesmente o necessário para satisfazer os pedidos dos clientes, no momento certo e na quantidade certa (Carvalho, 2000; Courtois et al., 2007).

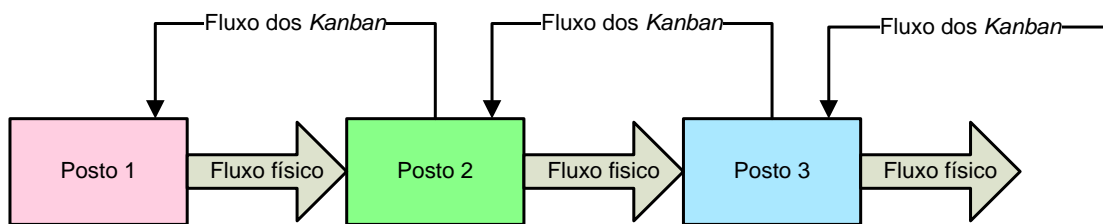


Figura 7 – Fluxo de Kanban

Segundo Ohno (1988) o *kanban* é um conjunto de instruções de modo a que exista, rapidamente, transferência das informações necessárias. A informação contida nos cartões varia de empresa para empresa, contendo estes, por exemplo, a referência da peça a produzir, a quantidade a produzir (capacidade do contentor), os postos de trabalho nos quais circulam os *kanban*, podendo conter outras informações. Segundo Dailey (2003) existem três tipos de *kanban*, sendo eles, *kanban* de transporte, *kanban* de produção e *kanban* de fornecedor, como representa a Figura 8.

Peça Nº P4210	Descrição Caixa longa		Peça Nº SP4210	Fornecedor FPC	Peça Nº SP4210
Origem Área T1out	Destino Área M1in		Descrição Caixa longa	Contentor C2	Peças 25
Tipo de contentor C2	Peças por contentor 25	Contentor C2	Peças 25	Armazém de Saída Área T1out	Código de Barras
Kanban de Transporte		Kanban de Produção		Kanban de Fornecedor	

Figura 8 – Tipos de Kanban (Carvalho, 2000)

Shingo (1989) menciona Taiichi Ohno, que na sua obra afirmou que embora o JIT e o *Jidoka* sejam os pilares do TPS, o *kanban* é a ferramenta para operacionalizar o sistema, sendo considerado por variados autores como fundamental no JIT, substituindo a programação tradicional e o controlo das atividades do sistema produtivo.

f) Gestão visual

Gestão visual é uma ferramenta muito simples de utilizar que possibilita que todas as pessoas que estejam num determinado local de trabalho possam compreender todo o seu funcionamento, sem que para isso seja essencial estarem familiarizadas com os processos, isto é, gestão visual é um método de se obter informações através da visão (Macinnes, 2002). No caso da indústria estas informações estão normalmente ligadas à produtividade, à qualidade, aos atrasos ocorridos, ao modo de elaboração de uma atividade, entre outras. Estas informações são colocadas em zonas de fácil visualização,

de modo a ser perceptível a qualquer colaborador e, caso exista alguma situação fora do padrão estabelecido, seja óbvio e imediatamente corrigido pelos colaboradores (Murata & Katayama, 2010).

Neste contexto, a maior vantagem desta ferramenta é o facto de auxiliar a gestão e o controlo dos processos de produção de modo a evitar erros e desperdícios, promovendo o desenvolvimento e a melhoria contínua das empresas (Pinto, 2010).

Para Shingo (1989) existem vários tipos de gestão visual como por exemplo: folhas de trabalho normalizado, quadros informativos da qualidade e outras medidas de desempenho; delimitação de espaços e luzes *Andon*.

g) Trabalho normalizado

O trabalho normalizado ou *Standard Work* tem como objetivo a normalização do modo como o trabalho é executado, de forma a melhorar os processos e operações. Este pode então ser definido como um conjunto de procedimentos de trabalho que visam estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador (Excellence, 2011).

A aplicação do trabalho normalizado permite reduzir as falhas, minimizar os tempos de ciclo, regulamentar as funções e organizar o espaço físico, ao mesmo tempo que contribui para a redução dos *lead times*, visto que reduz a incerteza inerente aos processos e torna-os mais claros. Assim, o trabalho normalizado é uma ferramenta que permite alcançar a máxima performance com o mínimo de desperdício (Excellence, 2011).

De acordo com Monden (1998), o trabalho normalizado deverá englobar três componentes:

- O **tempo de ciclo normalizado**: é o tempo de ciclo para a produção de um produto desde o princípio ao fim de modo a responder à procura do mercado;
- A **sequência de trabalho normalizado**: consiste num conjunto de tarefas que são sequenciadas e que representam a melhor e mais segura forma de executar o trabalho;
- O **inventário WIP normalizado**: representa a quantidade mínima de inventário que se deve manter para que seja possível assegurar a produção sem tempos improdutivo e com um fluxo contínuo.

h) 5s

Os 5S são uma ferramenta que surgiu em 1960 no Japão com Sakichi Toyoda (Ohno, 1988). Os 5S (ver Figura 9) são as cinco iniciais de palavras japonesas que têm como objetivo sistematizar as atividades de arrumação, de organização e de limpeza dos locais de trabalho (Courtois et al., 2007). O objetivo deste método é melhorar:

- A qualidade dos artigos produzidos;
- A segurança;
- A eficácia;
- A taxa de avarias.

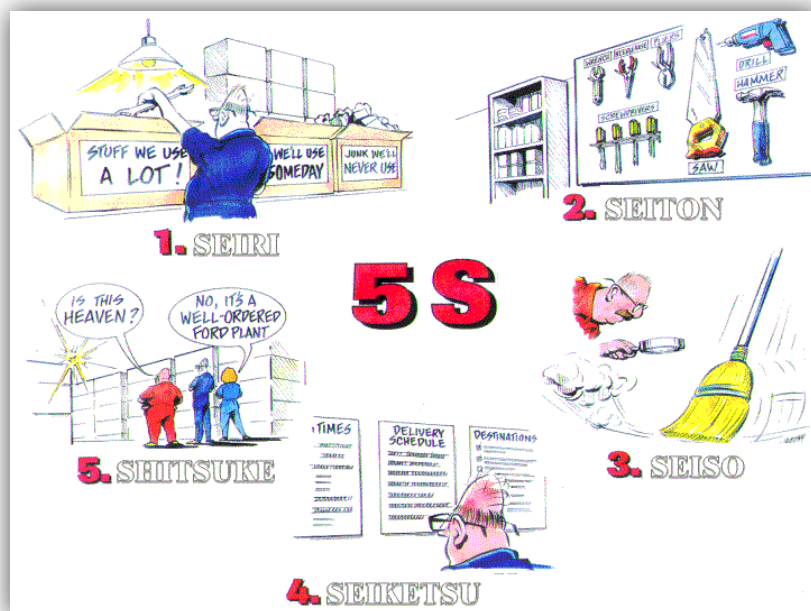


Figura 9 – 5S (adaptado de Europe (2009))

Segundo Dailey (2003) os 5s podem ser definidos como:

SEIRI – arrumação, fazer a triagem entre os objetos que são necessários num posto de trabalho e os que não são. Nesta triagem normalmente recorre-se ao sistema de classificação ABC.

SEITON – pôr em ordem, diminuir as procuras inúteis. Nesta fase o posto de trabalho é organizado de forma a torná-lo funcional.

SEISO – limpeza regular, que é uma forma de inspeção, que também permite controlar o estado de funcionamento das máquinas. A falta de óleo, por exemplo, ou um

parafuso mal apertado, as peças com desgaste precoce são anomalias que esta simples inspeção de rotina pode detetar.

SEIKETSU – manter o posto de trabalho asseado e em ordem, definindo regras de arrumação e fazendo com que sejam cumpridas.

SHITSUKE – controlo da aplicação de todas as regras e decisões que foram tomadas ao longo dos quatro primeiros S.

Para além de melhorar o aspeto do espaço de trabalho esta ferramenta tenta promover mudanças culturais nas pessoas com o intuito de eliminar desperdícios, diminuir os acidentes de trabalho e a redução de defeitos (Liker, 2004; Monden, 1998).

i) *Single-Minute Exchange of Die (SMED)*

A metodologia *Single-Minute Exchange of Die (SMED)* é uma teoria e um conjunto de técnicas que tornam possível realizar a troca de ferramentas em menos de 10 minutos (Courtois et al., 2007). Contudo existem exceções, pois nem sempre é possível efetuar a troca de produto em menos de 10 minutos, no entanto através da metodologia SMED consegue-se a redução significativa destes tempos em praticamente todos os casos (Feld, 2001). Esta metodologia pode ser aplicada em qualquer empresa e em qualquer máquina.

Este método divide-se em dois tipos de operações sendo elas (Feld, 2001):

- **Operações internas** – que só podem ser realizadas com as máquinas paradas, como por exemplo a troca de uma matriz numa máquina;
- **Operações externas** – que podem e devem ser realizadas com a máquina em funcionamento, como por exemplo a preparação das ferramentas a utilizar na mudança.

Segundo Shingo (1985) a metodologia SMED consiste em quatro fases distintas:

- **Fase Preliminar** – *Setup* interno e externo não diferenciados;
- **Fase 1** – Separar o *setup* interno e externo;
- **Fase 2** – Converter o *setup* interno em externo;
- **Fase 3** – Racionalizar o *setup* interno e externo.

Na Figura 10 encontra-se a representação das quatro fases desta metodologia, assim como as suas técnicas correspondentes. Na Figura 10 é também possível

visualizar as alterações que ocorrem no *setup* interno e *setup* externo, ao longo de cada uma destas fases da metodologia.

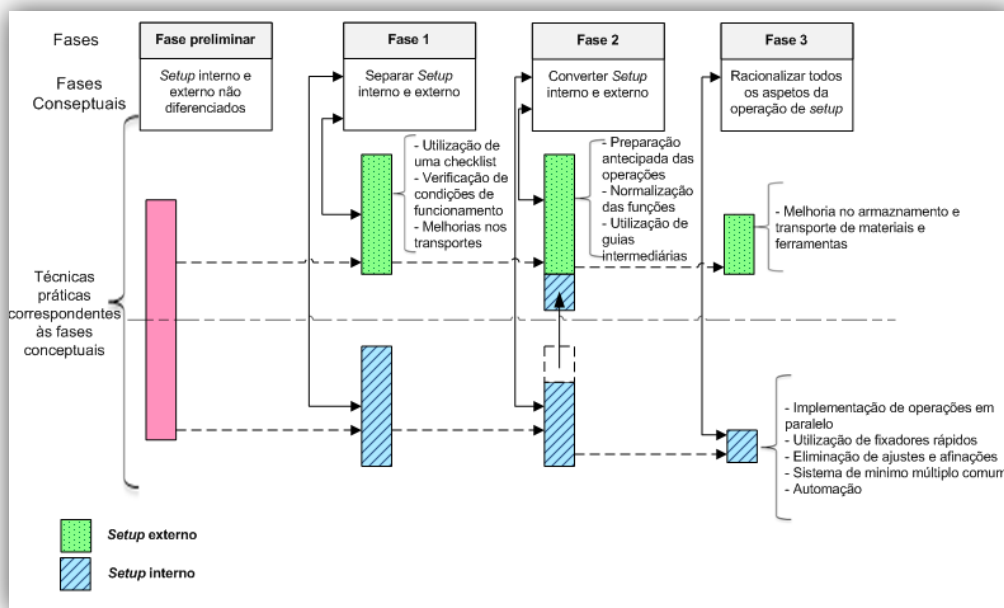


Figura 10 – Fases e técnicas da metodologia SMED (adaptado de Shingo (1985))

j) *Total Productive Maintenance (TPM)*

O TPM tem como objetivo principal a eliminação das falhas, defeitos e outras formas de perdas e desperdícios, visando a maximização global da eficiência das máquinas e dos equipamentos, com o envolvimento de todos, a todos os níveis (Cabral, 2006; Macinnes, 2002).

Esta ferramenta promove a manutenção rápida e de fácil resolução, em que os trabalhadores conseguem executar pequenas reparações nas máquinas, explorando assim o facto de o operador ser quem melhor conhece a máquina, e portanto, quem detém posição privilegiada para criar as melhores condições de funcionamento, prevenindo assim as avarias (Courtois et al., 2007).

2.1.6. Implementação do *Lean Production* – Benefícios e Dificuldades

Segundo (Melton, 2005) a implementação do modelo organizacional *Lean Production* traz muitos benefícios, tais como:

- A diminuição dos vários desperdícios;
- A redução do *lead time*;

- A diminuição da necessidade de retrabalho;
- A existência de poupanças financeiras através da redução dos custos;
- A possibilidade de haver uma melhor compreensão dos processos;
- A redução do inventário.

No entanto, estes benefícios só são atingidos se o modelo *Lean* estiver bem implementado. Normalmente existem muitas dificuldades nesta implementação porque, tal como alguns estudos demonstram, nomeadamente o estudo de White, Ojha e Kuo, (2009), a implementação ou a adoção de uma prática de produção está dependente de várias características organizacionais específicas que não são atendidas durante a implementação do *Lean*.

Também Shah e Ward (2003) afirmaram que o contexto organizacional, ou seja, aspetos como o tamanho e a maturidade do sistema produtivo, influenciam a implementação das práticas *Lean*. Estes autores referiram ainda que estes fatores não influenciam a implementação do *Lean* da mesma forma e que, quando agrupados em simultâneo, os efeitos a eles associados possibilitam um melhor desempenho operacional das empresas. Já Melton (2005) demonstrava que uma das barreiras à implementação do *Lean* é o facto de muitas empresas ainda terem uma atitude de resistência à mudança e uma ideia de que se devem produzir lotes grandes e com poucas variações. Segundo (Melton, 2005) os benefícios e as dificuldades de implementação do *Lean* encontram-se representados na Figura 11.

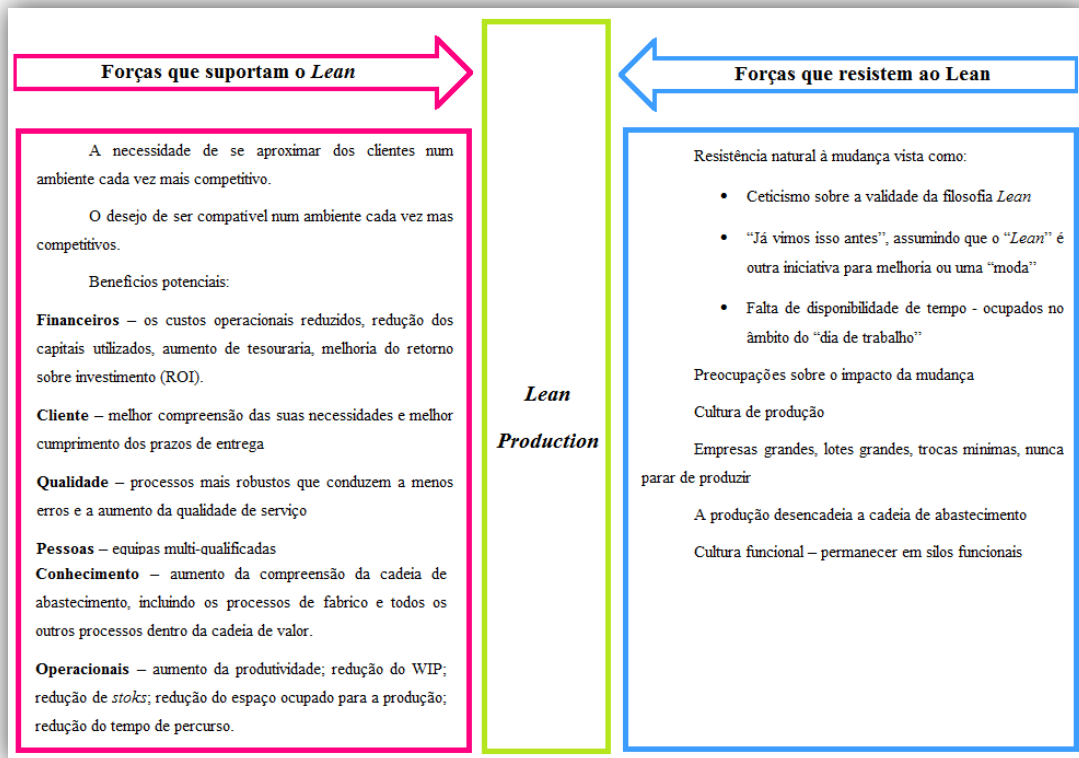


Figura 11 – Forças do *Lean* (adaptado de Melton (2005))

2.2. Ferramentas de análise e diagnóstico de unidades produtivas

Previamente à aplicação de ferramentas ou metodologias da produção deve ser feita uma análise e diagnóstico ao processo que se pretende melhorar. Existem várias ferramentas de análise e diagnóstico possíveis de utilizar, de forma a exibir e/ou verificar o estado do processo. Alguns exemplos são descritos de seguida.



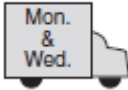







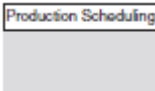

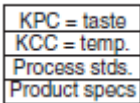


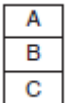
2.2.1. *Value stream mapping* (VSM)

Originado de uma ferramenta da Toyota chamada “*Material and Information Flow Mapping*”, o *Value Stream Mapping* (Mapeamento da Cadeia de Valor) tem o objetivo de descrever os fluxos na cadeia de valor, identificar algumas fontes de desperdício e projetar uma cadeia de valor futura com menos desperdício (Ramesh & Kodali, 2011).

Segundo Rother & Shook (1999) deve-se iniciar o mapeamento da cadeia de valor definindo a família ou famílias de produtos a analisar. Esta identificação é algo importante uma vez que não é possível analisar em simultâneo todas as famílias de produtos, pelo que se deve escolher aquela mais importante para o cliente (Rother &

Shook, 1999). O segundo passo consiste na construção do VSM do estado atual. Para representar o estado de um sistema produtivo utiliza-se uma simbologia apropriada, como ilustra a Tabela 2.

Tabela 2 – Simbologia VSM (Macinnes, 2002)

Simbologia VSM			
 Seta produção <i>push</i>	 Inventário	 Transporte	 Supermercado
 Fluxo de informação manual	 Fluxo de informação eletrónico	 <i>Kanban</i> de produção	 Posto <i>kanban</i>
 Heijunka box	 <i>Kanban</i> de levantamento	 Processo	 Cliente/Fornecedor
 Caixa de dados	 Evento Kaizen	 Seta produção <i>pull</i>	 Inventário de segurança

Na caixa de dados deve conter algumas informações tais como:

- O tempo de ciclo;
- O tempo de troca de ferramenta;
- O *lead time*;
- O número de operadores, entre outros (Rother & Shook, 1999).

Depois de concluído o diagrama do estado atual, elabora-se um VSM que represente o estado futuro (também denominado de *Value Stream Design* – VSD). Esta representação do estado futuro tem como objetivo otimizar todos os processos e fluxos dentro do sistema produtivo, através da eliminação dos desperdícios e outros problemas encontrados. Por último, cria-se um plano de trabalhos que demonstra como se atingirá o estado futuro (Rother & Shook, 1999).

2.2.2. Gráfico de *Spaghetti*

O gráfico de *spaghetti* é uma ferramenta gráfica utilizada em atividades de produção *Lean*. Esta ferramenta é utilizada para a visualização mais facilitada das deslocações de colaboradores ou produtos.

Para desenvolver um gráfico de *spaghetti* deve inicialmente possuir-se um *layout* da zona a analisar. Sendo que o passo seguinte é desenhar linhas contínuas representativas do percurso efetuado, verificando assim os fluxos existentes, como ilustra a Figura 12. Com o gráfico concluído será possível identificar os maiores desperdícios, onde posteriormente devem ser efetuadas melhorias (Neumann & Medbo, 2010).

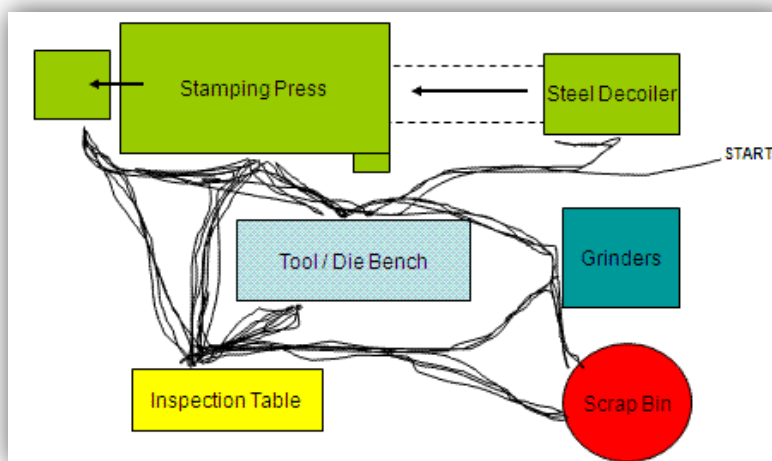


Figura 12 – Exemplo de um gráfico spaghetti (Material, 2007)

2.2.3. Gráficos de processos

Após estudo do produto e seleção da respetiva tecnologia, há que definir quais as operações necessárias e a sua sequência no processo produtivo. Para este efeito são utilizados, geralmente, gráficos de processo ou gráficos de sequência. Estes gráficos são elaborados a partir dos desenhos dos produtos a fabricar e/ou montar, de instruções de fabrico e modos operatórios (Roldão & Ribeiro, 2004). Os gráficos de processo utilizam, geralmente, uma simbologia própria, como representa a Tabela 3 (Roldão & Ribeiro, 2004).

Tabela 3 – Simbologia dos gráficos de processos

Atividade	Definição	Símbolo
Operação	Verifica-se uma operação quando um objeto é intencionalmente modificado em qualquer uma das suas características.	○
Inspeção	Verifica-se um controlo quando um objeto é examinado nas suas características.	□
Transporte	Verifica-se o transporte quando se move um objeto de um lugar para o outro.	⇒
Espera	Verifica-se a espera quando não é possível a execução imediata da seguinte tarefa.	D
Armazenagem	Verifica-se quando um objeto é guardado contra o deslocamento, não podendo ser retirado sem autorização.	▽

O fluxo das operações obtido através do gráfico do processo (ver Figura 13) deve ser posteriormente objeto de análise crítica, com o objetivo de eliminar qualquer fase que não acrescente valor ao produto, ou seja, estudar situações em que seja possível:

- Eliminar ou combinar fases;
- Diminuir a distância de transporte;
- Identificar atrasos (Roldão & Ribeiro, 2004).

Diagrama nº: 1		Folha nº: 2 de 2		Resumo			
Produto: Reforço para prumo oposto				Atividades	Atual	Proposto	Ganho
Medida: 145x30x2 mm				Operação ○	23		
Artigo nº: 139727				Transporte ⇒	14		
Atividade: Setup Ferramenta N°3				Controlo □	1		
Localização: Prensa da secção P01				Espera D	2		
				Armazenagem ▽	0		
				Total			
Operadores: Domingos Oliveira				Distância (m)	95,35		
Método: Atual / Proposto				Tempo (s)	1146		
Diagrama por: Eric Costa				Custo			
Data: 02-04-2012				Mão-de-obra			
Aprovado por:				Material			
Data:				Total			
Nº	Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos			Obs.
34	Arrumar ferramentas	5,7	12	○	⇒	□	
35	Afinar passo do alimentador	1,8	154				
36	Preparar máquina	1,8	9				
37	Testar passo		18				
38	Ir buscar peças	3,3	7				
39	Testar peças		98				
40	Fechar portas de segurança	1,8	9				
				Tempo Total (s)	1146		
				Tempo Total (min)	19,10		

Figura 13 – Gráfico de processos (Costa, 2012)

2.2.4. *Waste Identification Diagrams (WID)*

O principal objetivo da filosofia *Lean Production* é a eliminação de desperdícios e a criação de valor (Womack & Jones, 1996). De forma a identificar estes desperdícios é necessário recorrer a ferramentas adequadas para os identificar. Usualmente utiliza-se o VSM para representar a cadeia de valor de um determinado produto, ou família de produtos, e conseqüentemente identificar desperdícios. No entanto, esta ferramenta apresenta algumas limitações que foram identificadas por vários autores, sendo elas:

- Dificuldade de explicar os resultados obtidos a outras pessoas que não estão familiarizados com a metodologia (Gahagan, 2010)
- É uma ferramenta estática que não pode descrever o comportamento dinâmico e não consegue lidar com qualquer complexidade ou incerteza (Lian & Van Landeghem, 2007)
- Dificuldade de representação de sistemas de produção onde existam uma grande diversidade de produtos e de rotas de produção (Chitturi, Glew, & Paulls, 2007).
- Focado na representação de fluxos de materiais e fluxos de informação, não representa o fluxo de pessoas (Nazareno, Silva, & Rentes, 2003).

Para colmatar algumas falhas existentes no VSM, surge uma ferramenta de fácil compreensão, o *Waste Identification Diagram (WID)*, que permite a descrição das unidades de produção, destacando visualmente os principais problemas que impedem as empresas de alcançar os fluxos de produção pretendidos (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011).

O WID é uma ferramenta de fácil compreensão (devido à simplicidade da notação gráfica) que permite um diagnóstico visual imediato dos desperdícios mais relevantes, podendo ainda ser utilizado como uma ferramenta de melhoria contínua. A principal limitação do WID é o tamanho do diagrama (Sá et al., 2011).

O WID foi desenvolvido tendo em consideração alguns conceitos básicos como: o controlo visual, a Lei de *Little* (Little, 1961), o balanceamento, o esforço de transporte e o tempo de mudança (Sá et al., 2011).

Para a representação deste diagrama usam-se três tipos de ícones: o *block icon*, a *transportation arrow* e o *total value card*.

a) *Block Icon*

Os *Block Icon* são blocos tridimensionais com coordenadas em x, y, z, conforme ilustra a Figura 14, e podem representar um posto de trabalho, célula de produção ou mesmo uma secção da empresa. Cada eixo do bloco fornece informações sobre diferentes variáveis, sendo elas (Sá et al., 2011):

- No eixo dos *xx*, o tamanho do bloco é proporcional ao tempo de mudança entre produtos (C/O);
- No eixo dos *yy*, o tamanho do bloco é proporcional ao custo do trabalho em curso (WIP);
- No eixo dos *zz*, o tamanho do bloco é proporcional ao *takt time* (TT) (representado usualmente pela cor laranja). Neste eixo é também representado o tempo de ciclo (TC) (usualmente a verde) na mesma unidade.

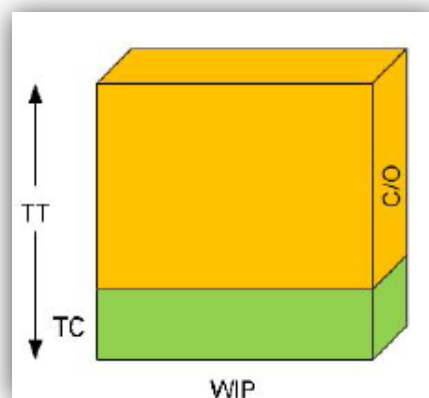


Figura 14 – Block Icon (Sá et al., 2011)

Para medir o *takt time*, o tempo de ciclo e o tempo de mudança usam-se unidades de tempo, enquanto o WIP é representado em número de unidades, peso, comprimento, volume ou custo.

b) *Transportation Arrow*

O transporte dos artigos entre os processos é representado por setas (Figura 15), cuja largura é proporcional ao esforço do transporte. O esforço de transporte pode ser representado em unidades por metro, quilogramas por metro, custo (€) ou qualquer outra unidade de medida adequada (Sá et al., 2011).

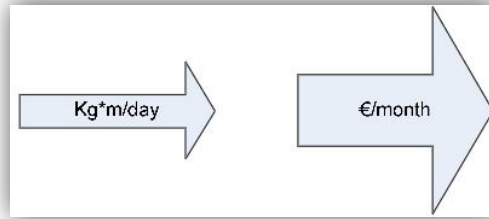


Figura 15 – Transportation Arrow (Sá et al., 2011)

c) *Total value card*

O *Total Value Card* (ver Figura 16) é um cartão que contém o resumo da informação contida no *WID*. Este pode conter o takt time, o somatório de todas as operações em termos de valor não acrescentado, custo total do *work in process*, os metros percorridos, indicadores de desempenho como o tempo de atravessamento, produtividade, entre outros (Sá et al., 2011).

Com a informação deste cartão permite um diagnóstico rápido do processo.

TOTAL VALUE CARD	
TAKT TIME =	
VALUE ADDED TIME (VA) =	
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) =	
TOTAL CHANGEOVER =	
DISTANCE TRAVELED =	
TRANSPORT COST =	
WIP COST =	
TOTAL WAITING TIME =	
THROUGHPUT TIME =	

Figura 16 – *Total value card*

2.3. *Layout*

Pode-se definir *layout* como sendo a distribuição dos recursos pelo espaço disponível dando particular atenção ao fluxo de pessoas, materiais e informação através do sistema de operações. O seu principal objetivo é combinar a força de trabalho com as características físicas de uma indústria (máquinas, rede de serviços e equipamentos de transporte) de tal modo que seja alcançado o maior volume possível de produtos

produzidos ou serviços (Pinto, 2010). Geralmente as decisões associadas aos *layouts* são críticas, uma vez que estas envolvem investimentos consideráveis de dinheiro, esforço e tempo, e provocam um grande impacto no desempenho do sistema (em custo, tempo, e resultados financeiros). Erros cometidos nas fases iniciais de *design* e implementação dos *layouts* repercutem-se ao longo do tempo de vida das organizações (Pinto, 2010).

Na Tabela 4 são mencionados algumas dos efeitos de aplicações de *layouts*.

Tabela 4 – Consequências dos *layouts* no desempenho das organizações (Pinto, 2010)

Vantagens de um bom <i>layout</i>	Desvantagens de um mau <i>layout</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Diminui custos de transporte e de movimentação; • Eficiente utilização dos espaços; • Eficiente utilização dos recursos humanos; • Eliminação de estrangulamentos; • Melhora o fluxo de informação; • Reduz tempos de processos e de serviços; • Integra medidas de segurança e higiene; • Aumenta a qualidade de produtos e serviços; • Facilita as operações de manutenção; • Facilita o controlo visual das operações; • Garante a flexibilidade do sistema de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevados custos de posse e de movimentação; • Maiores tempos de ciclo e maiores <i>lead times</i>; • Elevados inventários intermédios; • Degradação da qualidade dos produtos; • Defeitos nos artigos e produtos; • Problemas de segurança; • Desmotivação dos colaboradores; • Baixa utilização de espaços e equipamentos; • Fluxo complexo.

2.3.1. Tipos de *layouts*

Segundo Pinto (2010) existem quatro tipos básicos de *layouts*, sendo eles:

- *Layout* por produto;
- *Layout* por processo;
- *Layout* por célula;
- *Layout* por posição fixa.

a) *Layout* por produto

Num *layout* por produto os equipamentos e processos são dispostos de acordo com a sequência de fabrico dos produtos. Este tipo de *layout* foi utilizado por Henry Ford para a produção do Ford T, uma vez que este *layout* é apropriado para a produção

em massa onde o objetivo é a maximização de recursos, a redução de transportes e tempos não produtivos (Courtois et al., 2007).

Este tipo de *layout* possui uma configuração muito simples de implementar e de gerir. A Figura 17 representa um exemplo deste *layout*.

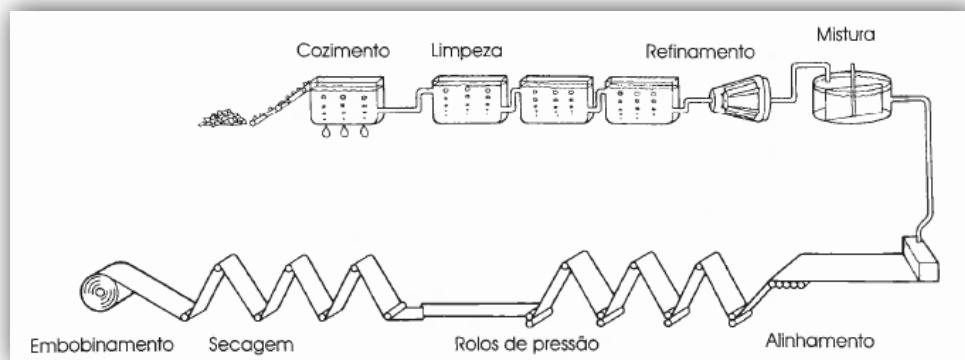


Figura 17 – Exemplo de um *layout* por produto (adaptado de Slack et al. (1997))

Desta forma a Tabela 5 representa as características, vantagens e desvantagens deste tipo de *layout*.

Tabela 5 – Características, vantagens e desvantagens de *layout* por produto (Pinto, 2010)

Características	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento específico interligado por sistemas de transporte e/ou transferência de materiais (ex. tapetes rolantes); • Adequado para produção em massa (produção em série ou em contínuo). 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas movimentações; • Menor inventário intermédio; • Mão-de-obra não especializada; • Reduz o tempo de processamento, • Controlo fácil; • Melhora a ocupação da área disponível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema inflexível; • Equipamentos especializados; • Tarefas monótonas; • Paragem geral da linha; • Custo inicial elevado;

b) *Layout* por processo

Este tipo de *layout* é o mais clássico e usado nas organizações, pois como o nome indica, os equipamentos e processos encontram-se agrupados em áreas que desempenham funções semelhantes, como ilustra a Figura 18. Trata-se de um *layout* muito flexível mas de difícil gestão, uma vez que a disposição dos equipamentos e

processos originam elevadas movimentações, transportes, tempos não produtivos e frequentes paragens (Slack et al., 1997).

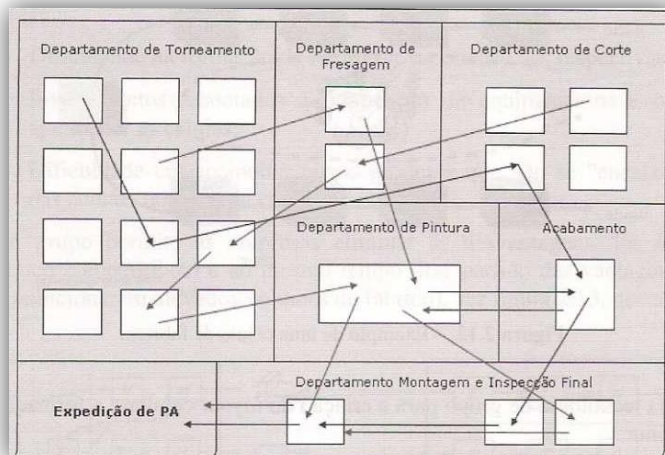


Figura 18 – Exemplo de *layout* por processo (Pinto, 2010)

Desta forma a Tabela 6 representa as características, vantagens e desvantagens deste tipo de *layout*.

Tabela 6 - Características, vantagens e desvantagens de *layout* por processo (Pinto, 2010)

Características	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamento organizado em seções funcionais; • Cada seção executa funções específicas; os materiais e produtos viajam de seção em seção até estarem concluídos; • Adequado para processos que sigam a estratégia de fabrico por encomenda (em lotes); • Facilidade no <i>design</i> e na implementação do <i>layout</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor investimento de capital; • Grande flexibilidade, • A indisponibilidade de equipamentos não prejudica tão seriamente a produção; • Menores custos fixos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior área de implantação; • Necessidade de maior de mão-de-obra; • Maior tempo para a produção; • Maior complexidade do planeamento e controlo da produção; • Maior gestão de materiais. • Maiores transportes e movimentações; • Elevados inventários intermédios.

c) *Layout por célula*

Com a conseqüente intensificação da competitividade dos mercados, a produção de produtos exige cada vez mais rapidez na satisfação das necessidades dos clientes, e deste modo a implementação de células em sistemas de produção tem sido cada vez mais solicitada pelas empresas. As células de produção surgiram no início da década de 1960, como uma estratégia de produção capaz de resolver o problema da complexidade e longos prazos de produção (Murugan & Selladurai, 2007).

Segundo Rubrich e Watson (1998) define célula de produção como um grupo de equipamentos, colocados geralmente na forma U, que dedica-se à produção completa de uma família de produtos, como ilustra a Figura 19.

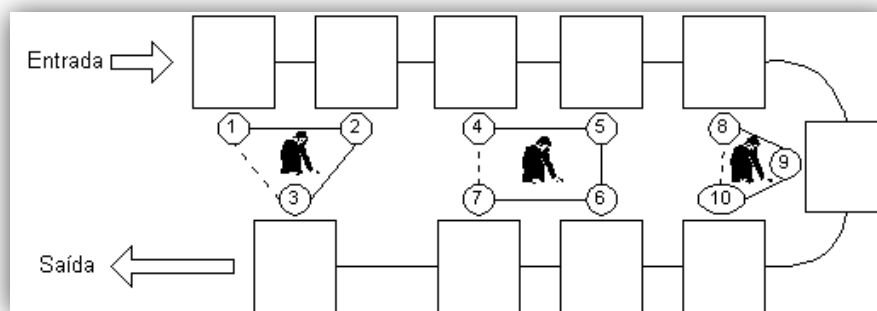


Figura 19 – Exemplo de célula de produção (Lopes, 1998)

O conceito de produção em célula está associado à tecnologia de grupo, sendo este uma filosofia de organização caracterizada por simples fluxos de informação e de materiais. Esta filosofia baseia-se no simples princípio de que produtos similares devem ser produzidos de forma similar (Burbidge, 1989). Com isto, a tecnologia de grupo permite às empresas a eliminação das desvantagens dos *layouts* por processos (complexos e pouco competitivos) e em simultâneo tirar vantagens dos *layouts* por produto (sem elevados volumes de fabrico), a Figura 20 ilustra isso mesmo (Burbidge, 1989).

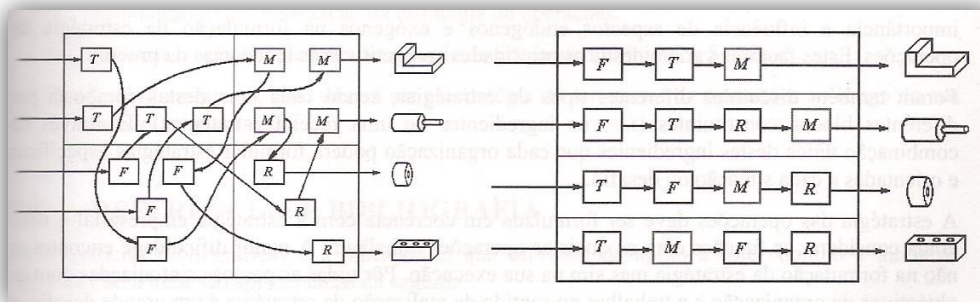


Figura 20 – À esquerda *layout por processo* e à direita *layout por célula* (Pinto, 2010)

Desta forma a Tabela 7 representa as características, vantagens e desvantagens deste tipo de *layout*.

Tabela 7 – Características, vantagens e desvantagens de células de produção (Pinto, 2010)

Características	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Unidades autónomas; • Atribuição de ordens de produção a cada célula; • Facilidade na gestão e coordenação das células. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior flexibilidade; • Responde facilmente a flutuações de mercado; • Simplicidade de gestão; • Redução do espaço em relação ao <i>layout</i> por processo; • Redução dos tempos não-productivos; • Redução de produtos com defeitos; • Menor quantidade de inventário entre processos; • Maior autonomia; • Redução das movimentações e transportes; • Aumento do nível de desempenho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade na formação de famílias e na criação das respetivas células; • Investimentos associados a duplicação de equipamentos; • Dificuldade de alocação de novos produtos as células existentes.

○ **Formação de células de produção**

Para que a implementação de células produtivas sejam bem-sucedidas é essencial o seguimento de um conjunto de etapas, para que se evitem erros durante a sua

execução. Segundo Black e Hunter (2003) a implementação de células de produção segue 4 etapas, sendo elas descritas na Tabela 8.

Tabela 8 – Fases para formação de células de produção (Black & Hunter, 2003)

Etapas	Descrição
1. Identificação de famílias de produtos com características semelhantes	Objetivo da formação de famílias de produtos consiste em identificar famílias de produtos onde seja possível compartilhar os mesmos processos de fabricação e equipamentos. Para formar famílias de peças podem considerar-se critérios como: o tipo de material, as dimensões, a forma, a sequência de operações, as ferramentas utilizadas, entre outras características.
2. Agrupamento de postos de trabalho ou máquinas em células de produção	Tendo em conta os equipamentos e o número de pessoas necessários para a construção da célula de produção, torna-se importante verificar se os equipamentos e pessoas disponíveis na organização são suficientes para a formação da célula. Confirmada esta disponibilidade pode-se seguir para a próxima etapa.
3. Implantação intracelular	Completadas as fases anteriores, segue-se a fase de implantação intracelular que comporta em organizar as células de forma a otimizar o arranjo físico das máquinas, minimizar movimentações e transportes, de forma a obter ganhos no desempenho da célula. Quando se projeta a construção do <i>layout</i> das células deve-se ter em consideração o modo operatório, como é realizado o transporte dos produtos entre postos (peça-a-peça ou lotes), como é realizado o abastecimento e a orientação do fluxo de materiais.
4. Implantação intercelular	A implantação intercelular procura otimizar a disposição das células no espaço de trabalho. Adicionalmente, deve escolher o sistema de controlo da atividade produtiva mais adequado para manter um fluxo contínuo dentro da células e entre as restantes células e/ou outras implantações.

d) *Layout* por posição fixa

O *layout* de posição fixa está diretamente relacionado a projetos, como por exemplo, construção de um edifício ou estaleiro, construção de um navio, entre outros. Neste *layout* são as máquinas que se deslocam para realizarem as operações no produto que se encontra fixo (Slack et al., 1997).

Desta forma a Tabela 7 representa as características, vantagens e desvantagens deste tipo de *layout*.

Tabela 9 – Características, vantagens e desvantagens de *layout* por posição fixa (Slack et al., 1997)

Características	Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Layout complexo;• Equipamentos especializados;	<ul style="list-style-type: none">• Elevada flexibilidade;• Grande variedade de produtos.• Reduz movimentação de materiais.	<ul style="list-style-type: none">• Baixa utilização dos equipamentos;• Baixas taxas de produção;• Produtividade baixa;• Especialização dos operadores;• Maiores movimentações dos operadores;• Custos unitários elevados.

3. Apresentação da Empresa

Neste capítulo é apresentada a empresa, onde foi realizado o estudo que serviu como base para a concretização deste trabalho.

3.1. Identificação da empresa

A *Delphi Automotive Systems Portugal S.A.*, sediada em Braga, como ilustra a Figura 21, é uma empresa que pertence ao grupo *Delphi*. A sede deste grupo fica situada em *Troy* nos Estados Unidos da América, sendo considerada um dos maiores fornecedores da indústria automóvel (Delphi, 2012).



Figura 21 – Instalação Delphi Braga (Delphi, 2012)

A *Delphi* em Braga é uma empresa especializada no fabrico de peças plásticas (moldagem e acabamento), placas eletrónicas (montagem e soldadura de componentes em PCB's³) e montagem final de autorrádios, sistemas de navegação e receção e, produtos de telemática. Segundo a classificação portuguesa de atividades económicas (CAE – Revisão 3), enquadra-se na secção 29310 - Fabrico de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis.

Atualmente a *Delphi* em Braga emprega cerca de 740 colaboradores e possui 4 complexos fabris, com uma área coberta de 17.000 m², dos quais cerca de 10.000 m² estão divididas em duas áreas produtivas, uma no edifício 1, onde são produzidos os componentes elétricos e se realiza a montagem final, e outra no edifício 2, onde são

³ PCB's – placas de circuitos impressos

produzidas peças plásticas. As áreas assinaladas a cinzento na Figura 22 representam a planta da empresa (Delphi, 2012).

Anualmente esta empresa produz mais de 2 milhões de aparelhos, com os mais elevados padrões de qualidade e fiabilidade, e exporta praticamente a totalidade da sua produção, para os maiores fabricantes de automóveis, atingindo um volume de negócios superior a 200 milhões de euros por ano (Delphi, 2012).

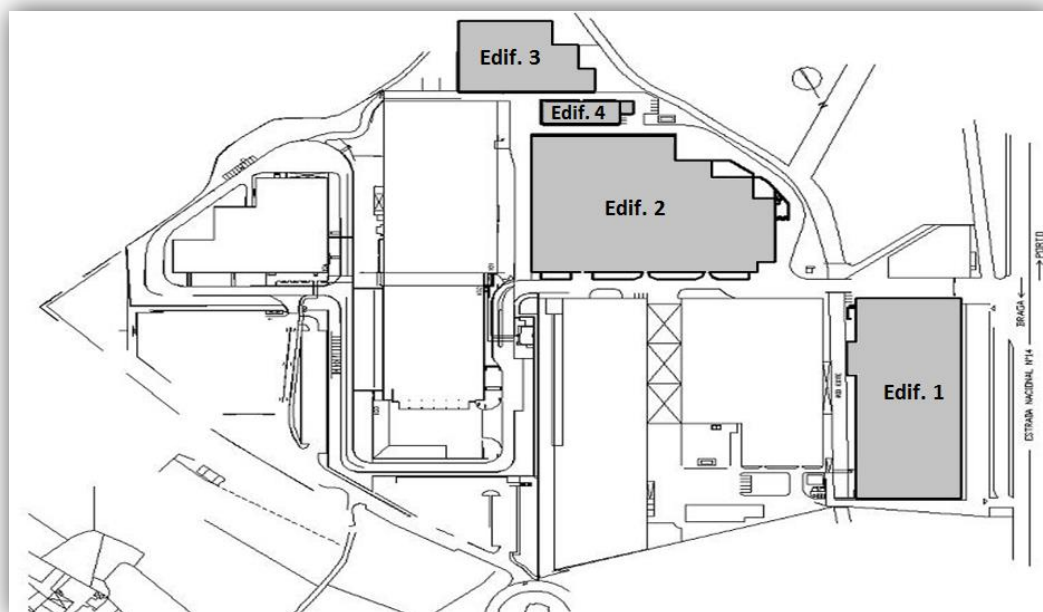


Figura 22 – Complexo fabril da Delphi (adaptado de Delphi (2011))

O principal objetivo da empresa é ser reconhecida pelos seus clientes como o seu melhor fornecedor. Para tal tem como base “os 7 absolutos de excelência”. Isto é, foca-se no cliente, tem como objetivo fazer sempre bem à primeira, tendo como método a inovação e melhoria contínua, mantendo o controlo através do *feedback* do cliente e trabalhando em equipa de forma a receber como recompensa segurança e reconhecimento.

3.2. Dados históricos

Nos 83 anos de existência desta empresa aconteceram alguns marcos importantes na história, sendo estes apresentados na Tabela 10 (Delphi, 2011).

Tabela 10 – Dados históricos

Ano	Acontecimento
1930	Max Grundig fundou uma pequena fábrica de transformadores
1945	Primeiros rádios com a marca GRUNDIG
1965	Fundação da Grundig em Braga
1967	Produção de Televisões a Preto e Branco
1973	Produção de Auto-rádios
1978	Produção da 1ª Televisão a Cores e do Hi-Fi
1988	Produção de Telefones sem Fios
1990	Unidade especializada na produção de AUTO-RÁDIOS
1992	Prémio: “Supplier of the Year - General Motors”
1994	Certificação: DIN ISO 9001 Prémio: “Value to the customer award - VW Group”
1998	Certificação: QS 9000 e VDA6.1. Prémio: “Formel Q award - Seat”
1999	Prémio: “Formel Q award - Seat”
2001	Certificação: ISO 14000
2002	Criação da GSE: GRUNDIG - Sistemas de Electrónica, Lda
2003	Delphi Grundig
2004	Registo no EMAS

3.3. Delphi no mundo

O grupo *Delphi* encontra-se disperso pelos cinco continentes, como representa a Figura 23. Atualmente emprega cerca de 107 mil pessoas em todo o mundo e movimenta aproximadamente 18 mil milhões de dólares anualmente. Este encontra-se organizado numa estrutura em matriz, possuindo mercados nos Estados Unidos da América, Europa, Ásia e África (Delphi, 2011).

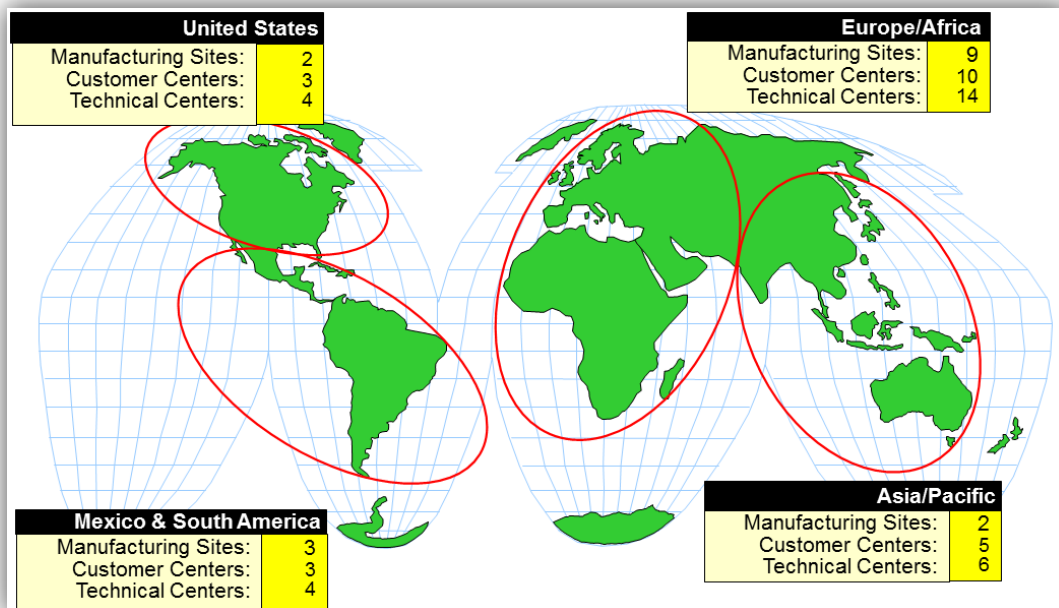


Figura 23 – Delphi no mundo (adaptado de Delphi (2011))

Através da observação da Figura 23 pode-se verificar que existe três tipos de centros, sendo eles os centros de produção, centros tecnológicos e os centros de apoio aos clientes.

3.4. Políticas de Qualidade e Ambiente

As políticas estabelecidas pela *Delphi* são abrangentes a todas as subunidades e, como tal, são seguidas pela *Delphi Braga* (Delphi, 2012).

A **Excelência** é a filosofia base da cultura da organização e é a chave para o entusiasmo do cliente. Excelência está na base das políticas de Qualidade, Segurança e Ambiente (Delphi, 2012).

3.4.1. Política de qualidade

A *Delphi* em Braga está determinada em obter excelência em tudo o que faz e, assim, ser reconhecida pelos clientes como o seu melhor fornecedor (Delphi, 2012).

3.4.2. Política de ambiente

“A *Delphi Braga* está dedicada a proteger a saúde humana, recursos naturais e o ambiente em geral” (Delphi, 2012).

3.4.3. Política da higiene e segurança

“Para a nossa empresa, a segurança é a primeira prioridade com a colaboração de todos, todos os incidentes podem ser prevenidos” (Delphi, 2012).

3.5. Empresa Certificada

A *Delphi Braga* é uma empresa certificada na:

- **ISO 9001** – Sistema de Gestão da Qualidade;
- **ISO/TS 16949** – Especificação Técnica de Sistemas de Gestão da Qualidade aplicável a fornecedores no setor da indústria;
- **ISO 14001** – Sistema de Gestão Ambiental;
- **EMAS II** – Gestão Ambiental.

3.6. Clientes e Produtos

A *Delphi* possui uma grande diversidade de clientes e produz vários produtos. Os clientes da *Delphi Automotive Systems Portugal* incluem os principais construtores de automóveis, como ilustra a Figura 24:



Figura 24 – Clientes da Delphi Braga (adaptado de Delphi (2011))

Dos produtos produzidos na *Delphi* em braga encontra-se a produção de autorrádios (áudio ou multimédia), sistemas de receção, displays remotos, sistemas de

navegação e produtos telemática, na Figura 25 encontram-se representados alguns exemplos destes produtos.



Figura 25 – Produtos Delphi (adaptado de Delphi (2011))

3.7. Organigrama

A Figura 26 ilustra o organigrama geral da empresa Delphi em Braga (Delphi, 2011).

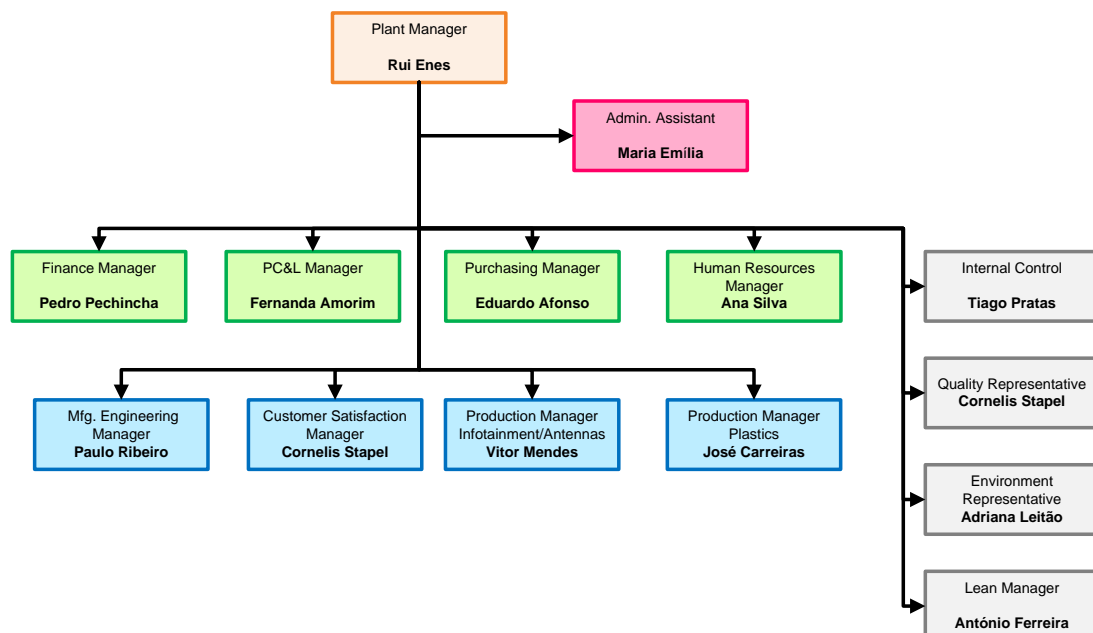


Figura 26 – Organigrama geral (adaptado de Delphi (2011))

4. Descrição da unidade de montagem final de antenas

A *Delphi Automotive Systems Portugal* encontra-se dividida em diversas áreas de produção distribuídas por duas unidades fabris. Uma vez que o tempo para a realização deste projeto é limitado foi estabelecido pela empresa que a elaboração do projeto seria na área de montagem final de antenas no edifício 1.

Assim, neste capítulo será caracterizada detalhadamente esta área, identificando o tipo de implantação e *layout*, as matérias-primas, os produtos produzidos e seus processos produtivos, a forma como é feita o abastecimento de matérias, o planeamento e controlo da produção e a recolhido alguns indicadores de desempenho.

4.1. Caracterização da área de montagem final de antenas

A área de montagem final de antenas engloba a montagem de antenas, a realização dos testes de qualidade e a embalagem do produto. Esta área opera cinco dias por semana em dois turnos, não rotativos. A Tabela 11 representa o horário laboral dos dois turnos e a quantidade de pessoas que opera atualmente em cada turno, assim como os dias trabalhados por ano.

Tabela 11 – Horário laboral

Dias de trabalhado num ano				245 dias/ano			
Minutos trabalhados por turno				457 minutos/turno			
Horário							
Nº pessoas	Turno	Início de Turno	1º Intervalo	Ginástica laboral	Almoço / Jantar	2º Intervalo	Fim de turno
17	1º Turno (hh:mm)	6:00	8:10 (13 min)	9:30 (3 min)	11:00 (30 min)	12:45 (5 min)	14:30
19	2º Turno (hh:mm)	14:30	17:00 (10 min)	18:00 (3 min)	19:25 (30 min)	21:20 (8 min)	23:00

Através de observações diretas na área de montagem final, pode-se constatar que a empresa já implementa metodologia *Lean Production*, como por exemplo 5S, gestão visual, *poka-yoke*, *SMED* e trabalho normalizado (ver Figura 27).

Um exemplo de gestão visual são as delimitações no chão. As delimitações dos corredores e do material para análise são representadas por fita de cor amarela, enquanto os produtos em curso de fabrico (*WIP*) e produtos acabados encontram-se representados por fita de cor verde. Os supermercados e zonas de tabuleiros vazios estão delimitados

por cor azul. O material de refugo é identificado por fita vermelha, já o material sujeito a retrabalho é representado por fita cor de laranja, a fita branca representa itens fixos (por exemplo o caixote do lixo) e a fita amarela e preta representa itens perigosos. A fita branca e verde distingue processos de solda sem chumbo da solda com chumbo, por fim existe a fita de cor castanha que representa armazenamento de cartão.

O *poka-yoke* é uma ferramenta que evita a ocorrência de erros humanos. Na *Delphi* em Braga, para cada família de produtos existem dispositivos simples instalados para que evite os erros. Estes dispositivos encontram-se arrumados em armários devidamente identificados.

Através da metodologia *SMED*, a troca de produto encontra-se mais fácil e rápida, tornando assim os tempos de troca de produto (*changeover*) menores e a flexibilidade produtiva maior. Quando existe a necessidade de fazer a troca de produto os dispositivos necessários são colocados previamente num carrinho *SMED* assim como todas as ferramentas necessárias para efetuar a troca de produto.

Os *5S* têm como objetivo assegurar a arrumação, a organização e a limpeza do espaço de trabalho, esta ferramenta aplica-se em todos os postos de trabalho.

Por fim, todos os postos tem uma pasta onde contêm todos os procedimentos de trabalho normalizados para os produtos produzido nesse mesmo posto, que visa estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo.

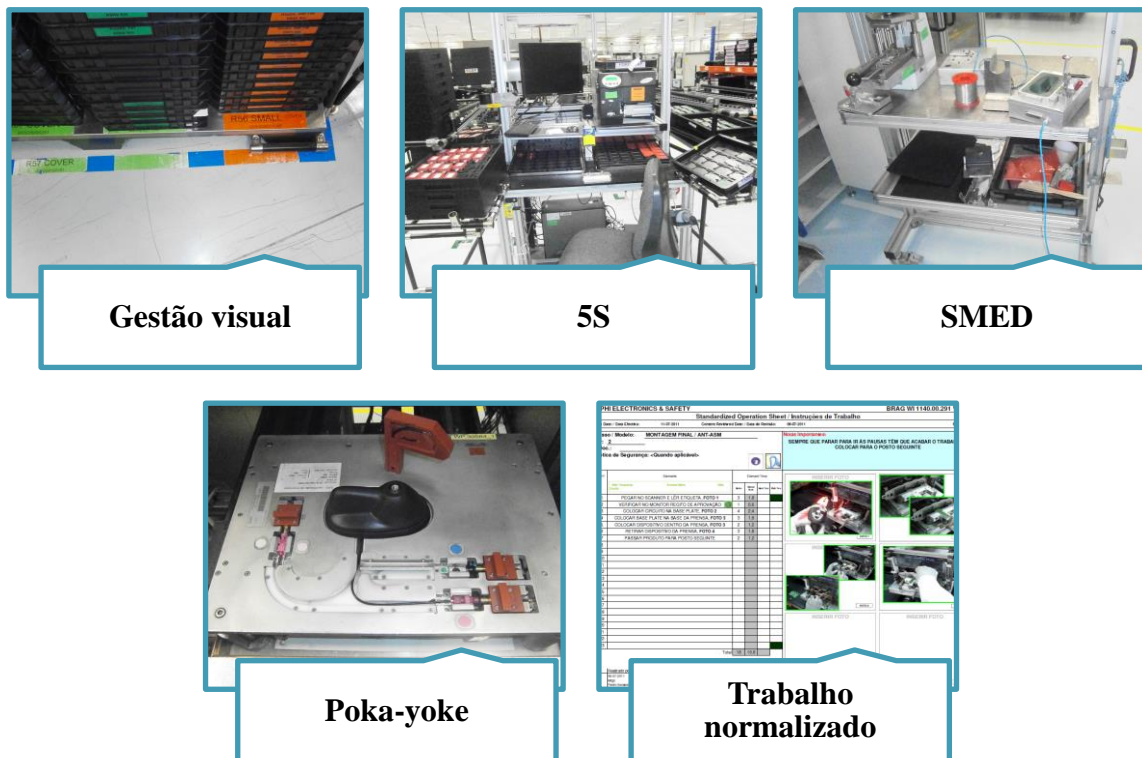
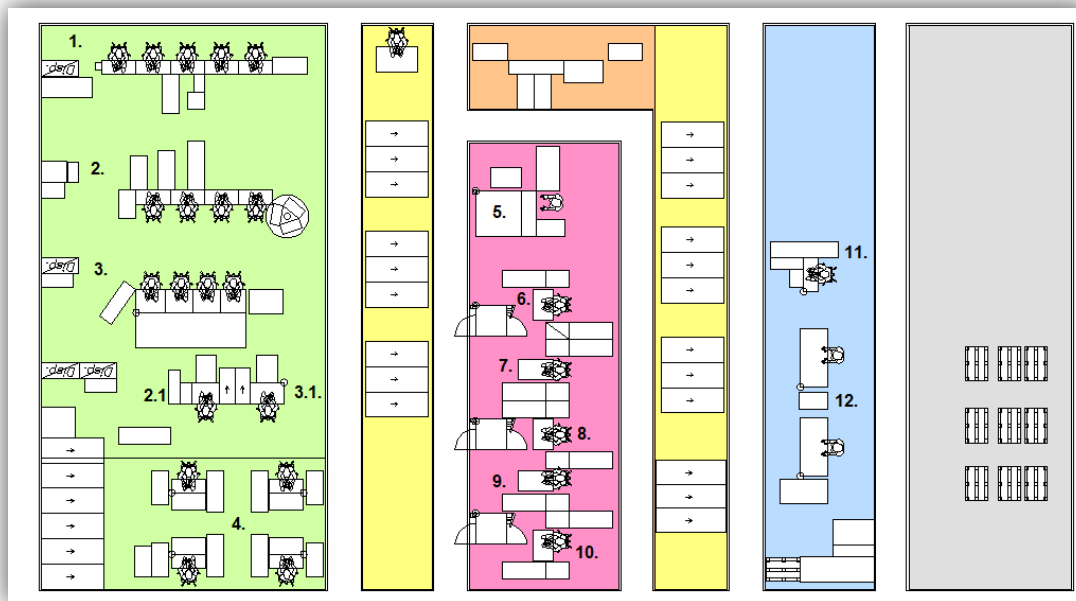


Figura 27 – Exemplos de ferramentas *Lean* utilizadas na Delphi

4.2. Layout

A área de montagem final de antenas encontra-se dividida em três grandes zonas: a montagem, o teste e a embalagem, totalizando uma área de 384m². Na Figura 28 é apresentado o *layout* inicial da montagem final de antenas.



Legenda de cores		Legenda de números	
	Zona de montagem	1	Linha da Big
	Linha <i>Wave trap</i>	2	Linha da 2+2
	Zona de embalamento	2.1.	Posto adicional da linha 2+2
	Inventário intermédio	3	Linha da F01
	Zona de testes	3.1.	Posto de pré-montagem da linha F01
	Zona de paletização	4	Postos da Ford ECBP
		5	Teste Zagg
		6, 8 e 10	Teste Ford ECBP
		7	Teste T5
		9	Teste AM-FM
		11	Posto <i>Bumper</i>
		12	Postos de embalagem

Figura 28 – *Layout* inicial da montagem final de antenas

O tipo de sistema produtivo desta área corresponde a um sistema produtivo orientado ao processo, ou seja, as operações estão agrupadas por “tipo de processo”. Com isto, considera-se que existem três processos produtivos nesta área, sendo eles a montagem de antenas, o teste de qualidade e por fim o embalamento das antenas, como se pode verificar na Figura 29.



Figura 29 – Sistema produtivo orientado ao processo

4.3. Produção na área de montagem final de antenas

Na área de montagem final de antenas, tal como em algumas unidades produtivas, existem matérias-primas, o processo produtivo em si e os produtos acabados.

Para perceber o processo produtivo de montagem de antenas, passa-se em seguida à identificação dos produtos acabados, das matérias-primas, e à explicação de todo o processo produtivo.

4.3.1. Produtos acabados

Atualmente a área de montagem final de antenas produz-se 91 produtos diferente, sendo estes agrupados em 10 famílias de produtos. O que corresponde a um volume de produção anual de 3107900 antenas. Na Figura 30 encontram-se representados todos os clientes da área de montagem final de antenas, bem como alguns exemplos de produtos acabados por cliente.

No Anexo A encontram-se todas as designações dos produtos acabados em estudo, as linhas de montagem em que são processados e em que máquinas de teste são testadas.







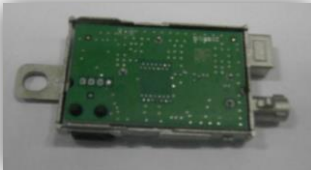


Figura 30 – Exemplo de produtos acabados

4.3.2. Matérias-primas

Como referido anteriormente existe uma grande variedade de produtos na área em estudo, o que leva a que cada produto tenha a sua lista de materiais, aumentando assim a variedade das matérias-primas existentes. Devido a esta diversidade de matérias-primas optou-se por efetuar a lista de matérias para as duas famílias de produtos onde a sua quantidade produtiva é considerável.

Assim sendo a Tabela 12 ilustra a lista de materiais de duas antenas.

Tabela 12 – Lista de materiais

	Antena 28275112	Antena 28352598
		
Lista de materiais (BOM)		
Cover		
Circuit board com inserção automática		
Cabo		-

<p>Etiqueta</p>		
<p>Parafusos</p>	<p>–</p>	
<p>GPS</p>	<p>–</p>	
<p>Base Plate (diecast)</p>	<p>–</p>	

4.3.3. Processo Produtivo

Tendo já identificadas as matérias-primas e os produtos acabados, passa-se em seguida ao estudo do processo produtivo inerente ao fabrico de cada um dos produtos acabados. Em primeiro lugar, e para melhor perceber todo o processo envolvido na produção de antenas, recolheu-se informação sobre os principais processos envolvidos na produção (montagem, teste e embalagem), cujo funcionamento é descrito no fluxograma da Figura 31.

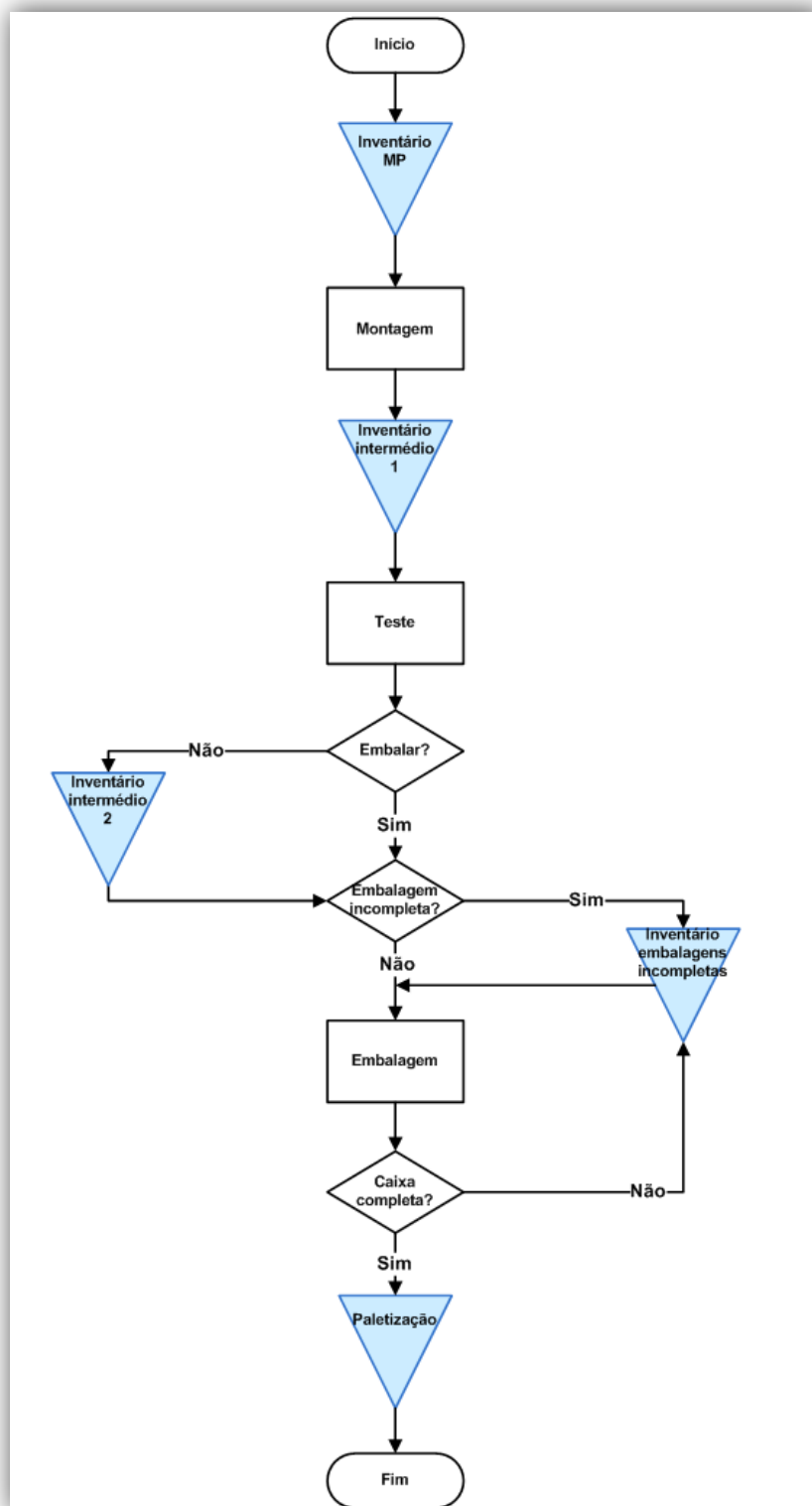


Figura 31 – Fluxograma do funcionamento do processo produtivo

Para o início da produção de uma antena é necessário que a linha de montagem se encontre com as matérias-primas nas rampas de abastecimento, todo este processo é

gerido e controlado pelo PC&L (grupo interno responsável pelo planeamento e logística).

Após as matérias-primas estarem disponíveis nas rampas de abastecimento das linhas de montagem, pode-se iniciar o processo de montagem de antenas.

Depois de ser montada a antena, esta segue para o inventário intermédio dentro de tabuleiros específicos, onde fica em fila de espera para serem testadas. Seguidamente as antenas que se encontram em inventário intermédio são testadas e posteriormente podem ser embaladas neste posto ou colocada no inventário intermédio seguinte. Antes de se iniciar o processo de embalagem o sistema informático indica se existe alguma embalagem incompleta em inventário de embalagens incompletas, se existir, ter-se-á que terminar de preencher essa mesma embalagem só depois é que se pode iniciar uma nova embalagem. No final as embalagens completas seguem para a zona de paletização, onde posteriormente seguiram para a expedição.

Como se pôde verificar pelo fluxograma da Figura 31, os principais processos industriais para a obtenção do produto final são: montagem, teste e embalagem, que de seguida são abordados.

a) Montagem

Na zona da montagem (ver Figura 32 e zona a cor verde da Figura 28), como o próprio nome indica, dá-se a montagem de antenas. Esta encontra-se dividida em 4 linhas, sendo elas a linha da BIG, a linha da 2+2, a linha da F01 e por fim a linha da Ford ECBP. Em todos os postos são de uso obrigatório de batas e sapatos antistático, sendo que também é de uso obrigatório as pulseiras antistáticas para evitar descargas electrostáticas na produção. Estas pulseiras também permitem que quando a operária a retire apaga a luz que ilumina o seu posto, fazendo com isto que quando ninguém se encontra no posto este não gaste luz.



Figura 32 – Área de montagem final

- **Linha da BIG**

A linha BIG, como ilustra a Figura 33 e o número 1 da Figura 28, encontra-se composta por cinco postos de trabalho, sendo que nem todos os produtos que são produzidos nesta linha utilizam estes cinco postos, o mais usual é os produtos serem produzidos em quatro postos. Em cada um destes postos, (ver Figura 33) encontram-se afixados os equipamentos de proteção individual obrigatórios a utilizar para executar determinada operação, como por exemplo, no caso de se realizar a operação de soldadura é obrigatório o uso óculos de proteção. Existem ainda mostradores com exemplos de defeitos que são usados em caso de dúvida entre a aceitação ou não de um determinado defeito.



Figura 33 – Linha da BIG

Para iniciar a produção de determinado produto nesta linha, como referido anteriormente, é necessário que esta tenha todas as matérias-primas disponíveis nas rampas de abastecimento.

Para a produção de determinado produto é necessário um conjunto de operações, com isto, estão definidos para cada posto de trabalho os processos que podem ser executados, na Tabela 13 encontram-se os processos que cada posto pode executar.

Tabela 13 – Processos por posto de trabalho na linha BIG

Posto	Processos
Posto 1	Soldadura
Posto 2	Soldadura e Aparafusamento
Posto 3	Soldadura, Aparafusamento e Prensar cover
Posto 4	Soldadura e Aparafusamento
Posto 5	Soldadura, Aparafusamento e Prensar cover

O processo de soldadura consiste na união de componentes, através de fio de solda (com ou sem chumbo) e um ferro de soldadura a elevadas temperaturas (aproximadamente 275°C). Todos os postos que executam este tipo de processo estão

equipados com um sistema de exaustão de forma a extrair os gases libertados durante este processo.

Já o processo de aparafusamento consiste em aparafusar determinados parafusos ao produto, os posto que realizam este processo estão equipados com aparafusadoras e dispensadores de parafusos automáticos, contudo com a variação de produtos os dispensadores e o binário da aparafusadora vai variando.

Por fim, tem-se o processo da prensagem da *cover* que é o processo de fecho da antena através de uma força exercida. Para a execução deste processo é necessário uma prensa manual, sendo que o seu dispositivo interno vai alterando com a alteração dos produtos.

De forma a facilitar e a evitar erros humanos na execução destes processos, existem vários dispositivos (*poka-yoke*) para cada um dos posto e para cada tipo de produtos que facilitam o seu manuseamento e evitam erros humanos, isto permite a redução de defeitos e conseqüente aumento da qualidade dos produtos produzidos. Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação, como ilustra a Figura 34. Nesta etiqueta indica o nome do dispositivo (S/N), a data da próxima manutenção preventiva (due), a data em que foi inspecionado (date), o modelo do dispositivo (model) e uma assinatura do responsável de verificação (Sing). Todos estes dispositivos encontram-se armazenados num armário com lugares definidos para cada dispositivo, como ilustra a Figura 35.



Figura 34 – Dispositivo e etiqueta



Figura 35 – Armário dos dispositivos

Quando existe a necessidades de fazer a troca destes dispositivos, isto é, a mudança de produto, previamente o chefe de linha reúne os dispositivos e as

ferramentas de auxílio à troca do produto num carro de apoio (ver Figura 36), possibilitando assim, a redução dos tempos de mudança.

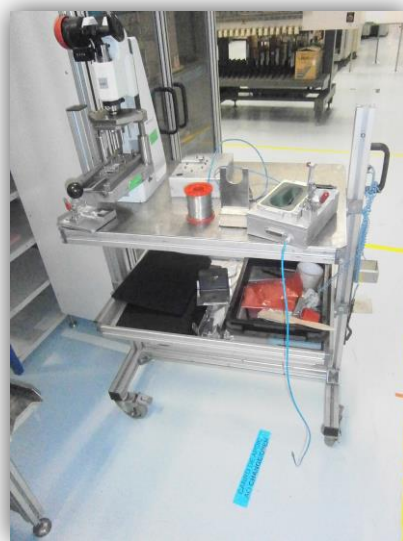


Figura 36 – Carro de apoio à mudança de produto

Sabendo que existe uma grande variedade de produtos produzidos nesta linha e que cada um possui um tempo de mudança diferente, então o autor agrupou os produtos que tinham os tempos de mudança muito idênticos em famílias (ver Tabela 14), e posteriormente foi efetuada uma comparação entre as mudanças das famílias, através de uma escala de intervalos (ver legenda da Tabela 15). Sendo assim, tornou-se possível determinar o tempo de mudança entre produtos produzidos nesta linha (ver Tabela 15). Desta forma, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança desta linha é, em média, 458 segundos (7,64 minutos).

Tabela 14 – Família de mudanças de produtos

Família	Produtos				
A	28249742	28249746	28249738	28249740	28249744
B	28090292	28090396	28090410	28090279	-
C	28009458	28009459	28011166	-	-
D	28211833	DED11896800	28324363	-	-
E	28010867	28010868	DED11879600	DED11888200	-

Tabela 15 – Tempos de mudança entre famílias

	A	B	C	D	E
A					
B					
C					
D					
E					

Legenda (min)	
	[0;1[
	[1;3[
	[3;6[
	[6;9[
	[9;12[

Com a observação da Tabela 15 pode-se, por exemplo, dizer que o tempo de mudança entre os produtos da família A não excede um minuto, a troca entre um produto da família A para algum dos produtos da família E não ultrapassa os doze minutos, já para as restantes famílias não excede os seis minutos e assim sucessivamente para as restantes famílias. Todos os produtos produzidos nesta linha são acondicionados em tabuleiros, sendo que uns têm capacidade para 8 antenas e outros para 18 antenas. Estes tabuleiros são transportados para o inventário intermédio à mão, através de um operário da zona dos testes.

- **Linha da 2+2**

A linha da 2+2, como ilustra a Figura 37 e o número 2 da Figura 28, encontra-se composta por quatro postos de trabalho, sendo que maioritariamente dos produtos produzidos nesta linha só necessita de dois postos, com isto pode-se produzir dois produtos diferentes ao mesmo tempo nesta linha, daí o nome da linha. Sendo que existe também produtos a serem produzidos em três e quatro postos. Em cada um destes postos, (ver Figura 37) encontram-se também afixados os equipamentos de proteção individual obrigatórios assim como os mostradores com exemplos de defeitos que são usados em caso de dúvida entre a aceitação ou não de um determinado defeito.



Figura 37 – Linha da 2+2

Para iniciar a produção de determinado produto o abastecimento desta linha decorre de forma igual ao da linha da BIG. Assim como, para a produção de determinado produto é necessário um conjunto de operações, a Tabela 16 encontram-se os processos que cada posto pode executar nesta linha.

Tabela 16 – Processos por posto de trabalho na linha da 2+2

Posto	Processos
Posto 1	Soldadura
Posto 2	Soldadura
Posto 3	Soldadura e Aparafusamento
Posto 4	Aparafusamento e Prensar cover

Contudo, para a produção de uma antena para a Porches (28202363) existe a necessidade de um posto adicional, como ilustra a Figura 38 e o número 2.1. da Figura 28. Este posto é composto por uma prensa especial que tem como função a prensagem da cover desta antena com determinados parâmetros definidos pelo cliente.



Figura 38 – Posto adicional da linha 2+2

Quanto aos processos efetuados nesta linha são o processo de soldadura que consiste na união de componentes, através de fio de solda (com ou sem chumbo) e um ferro de soldadura a elevadas temperaturas (aproximadamente 275°C). Todos os postos que executam este tipo de processo estão equipados com um sistema de exaustão de forma a extrair os gases libertados durante este processo.

Já o processo de aparafusamento consiste em aparafusar determinados parafusos ao produto, os postos que realizam este processo estão equipados com aparafusadoras e dispensadores de parafusos automáticos, contudo com a variação de produtos os dispensadores e o binário da aparafusadora vai alterando.

Por fim, tem-se o processo da prensagem da cover que é o processo de fecho da antena através de uma força exercida. Para a execução deste processo é necessário uma prensa manual, sendo que o seu dispositivo interno vai alterando com a alteração dos produtos.

Assim como na linha da Big, esta linha encontra-se equipada com dispositivos à prova de erros (poka-yoke). Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação iguais aos da linha da Big (ver Figura 34) e são armazenados em armários com o mesmo sistema de armazenamento do armário da linha da Big (ver Figura 35).

Quando existe a necessidades de efetuar-se a troca destes dispositivos, isto é a mudança de produto, previamente o chefe de linha reúne os dispositivos e as ferramentas de auxílio à troca do produto num carro de apoio à mudança de produto (ver Figura 36), possibilitando assim, a redução dos tempos de mudança.

Como é esperado nesta linha também existe uma grande variedade de produtos produzidos e que cada um possui um tempo de mudança diferente, assim como o autor agrupou os produtos que tinha os tempos de mudança muito próximos para a linha das Big, para esta linha realizou o mesmo, como mostra a Tabela 17, sendo que posteriormente foi efetuada a comparação entre as trocas das famílias de mudança através de uma escala de intervalos (ver legenda da Tabela 18), desta forma foi possível determinado o tempo de mudança entre produtos produzidos nesta linha (ver Tabela 18). Com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança de produtos desta linha é, em média, 337 segundos (5,61 minutos).

Tabela 17 – Família de mudança de produto

Família	Produtos		
F	28044966	28092763	-
G	28074083	28111268	28352594
H	28073736	28074082	28352598
I	28119230	-	-
J	28257036	-	-
K	28202363	-	-

Tabela 18 – Tempos de mudança entre famílias

	F	G	H	I	J	K	Legenda (min)	
F								[0;1[
G								[1;3[
H								[3;6[
I								[6;9[
J								[9;12[
K								

Com a observação da Tabela 18 pode-se, por exemplo, dizer que o tempo de mudança entre os produtos da família F não excede um minuto já a troca entre um produto da família F para as restantes famílias não excede os seis minutos e assim sucessivamente para as restantes famílias.

Todos os produtos finais desta linha no final são colocados em tabuleiros apropriados para cada produto e transportados por um operador da zona dos testes para o inventário intermédio seguinte. Estes tabuleiros possuem duas capacidades distintas, uns têm capacidade para 18 antenas e outros têm capacidade para 24 antenas.

- **Linha F01**

A linha da F01, como ilustra a Figura 39 e o número 3 da Figura 28, encontra-se constituída por quatro postos de trabalho, sendo que só um produto utiliza somente três postos. No terceiro posto encontra-se afixado o equipamento de proteção individual obrigatório a utilizar para executar a operação de soldadura.



Figura 39 – Linha F01

Para iniciar a produção de determinado produto o abastecimento de matérias-primas desta linha decorre de forma igual ao da linha da BIG e 2+2.

Para a produção de determinado produto é necessário um conjunto de operações, na Tabela 19 encontram-se os processos que cada posto desta linha pode executar.

Tabela 19 – Processos por posto de trabalho na linha F01

Posto	Processos
Posto 1	Prensar
Posto 2	Prensar
Posto 3	Soldadura
Posto 4	Prensar cover

Contudo, para a produção das antenas nesta linha existe a necessidade de um posto adicional, como ilustra a Figura 40 e o número 3.1. da Figura 28. Este posto é um posto de pré-montagem, onde se realiza o processo de soldadura de componentes, que posteriormente serão enviados para a linha F01.



Figura 40 – Posto de pré-montagem

Nesta linha são efetuados três tipos de processos diferentes, o processo de prensagem que consiste na cravação de componentes através de duas prensas pneumáticas (posto 1 e posto 2), o processo de soldadura que é realizado de forma igual ao da linha da Big e 2+2, e por fim, tem-se o processo da prensagem da cover que é o processo de fecho da antena através de uma força exercida. Para a execução deste processo é necessário uma prensa manual onde o seu dispositivo interno mantém-se para todos os produtos.

Nesta linha, assim como nas anteriores, também existem para cada posto de trabalho dispositivos à prova de erro (*poka-yoke*), que permitem a redução de defeitos e consequente aumento da qualidade dos produtos produzidos. Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação iguais aos da linha da Big (ver Figura 34) e são armazenados num armário e com o mesmo sistema de armazenamento do armário da linha das Big (ver Figura 35).

Nesta linha ao contrário da linha da Big e 2+2, não existe a necessidade de se fazer a troca de dispositivos quando se muda de produto, uma vez que os produtos produzidos nesta linha utilizam sempre os mesmos dispositivos. Assim sendo, quando existe a necessidade de se efetuar a troca de um produto só se altera o *software* e as matérias-primas, com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança de produto desta linha é de 180 segundos (3 minutos).

Esta linha não faz o transporte do produto acabado para o inventário intermédio, uma vez que quem o faz é um outro operário que se encontra na zona dos testes, sendo que os transportes são efetuados à mão. Os tabuleiros que são transportados desta linha têm capacidade para 19 antenas.

- **Postos da Ford ECBP**

O posto de montagem Ford ECBP, como ilustra a Figura 41 e o número 4 da Figura 28, encontra-se constituída por quatro postos de trabalho individuais que efetuam as mesmas operações.



Figura 41 – Posto Ford ECBP

Para iniciar a produção de determinado produto o abastecimento desta linha decorre de forma igual ao da linha da BIG, 2+2 e F01.

As operações efetuadas nestes postos de trabalho são a montagem à mão da antena e a ligação de um cabo, caso necessário (ver Figura 42). Neste posto de trabalho só existe duas configurações possíveis das antenas, as antenas com cabo e as antenas sem cabo.

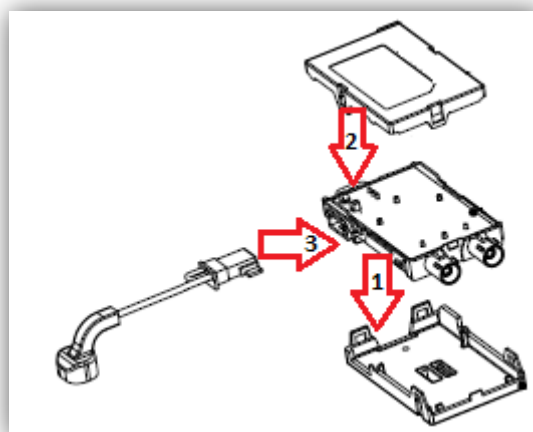


Figura 42 – Representação esquemática da montagem

Para cada posto de trabalho existe um dispositivo à prova de erro (*poka-yoke*), onde as antenas são montadas, evitando-se assim a montagem errada da antena. Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação iguais aos da linha das Big (ver Figura 34) e não precisam de armazenamento uma vez que estão fixos nos postos.

Nesta linha assim como na linha da F01, não existe a necessidade de se fazer a troca de dispositivos quando se muda de produto, uma vez que os produtos produzidos nestes postos utilizam sempre o mesmo dispositivo. Desta forma, quando existe a necessidade de se realizar a mudança de um produto só se modifica o *software* e as matérias-primas, com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança desta linha é de 180 segundos (3 minutos).

Esta linha, ao contrário das outras, são os próprios operários que efetuam o transporte do produto acabado para o inventário intermédio seguinte, utilizando para isso um carrinho transportador (ver Figura 43). Os tabuleiros que são transportados desta linha são de dois tipos, para as antenas com cabo os tabuleiros têm capacidade para 12 antenas e para as antenas sem cabo os tabuleiros têm capacidade para 24 antenas.



Figura 43 – Carrinho transportador

b) Teste

Na zona dos testes (ver Figura 44 e zona a cor de rosa na Figura 28), como o próprio nome indica, realizam-se os testes de qualidade das antenas e este encontra-se dividido em 4 tipo de equipamentos, sendo eles teste Zagg, testes T5, teste AM-FM e testes Ford ECBP. Sendo que o teste Zagg pode estar sempre em funcionamento, já os

restantes cinco equipamentos testes só podem estar em funcionamento ao mesmo tempo três testes, uma vez que só existe três equipamentos de alimentação.



Figura 44 – Zona de testes

- **Teste Zagg**

O teste Zagg, como ilustra a Figura 45 e o número 5 da Figura 28, é um equipamento que tem como função realizar testes aos circuitos elétricos de forma a se poder verificar a qualidade da antena. Só existe um equipamento deste tipo composto por um operário.



Figura 45 – Teste Zagg

De forma a facilitar e a evitar erros humanos na colocação da antena no dispositivo de teste, existem sistemas a prova de erro (poka-yoke). Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação, como ilustra a Figura 46. Estes dispositivos encontram-se armazenados num armário junto ao equipamento. A arrumação deste armário é facilitada, uma vez que para cada dispositivo existe um lugar reservado (ver Figura 47).



Figura 46 – Etiqueta de identificação



Figura 47 – Armário teste Zagg

Quando existe a necessidade de efetuar a troca do dispositivo de teste, é o próprio operador que o executa, sendo que no fim de colocar o dispositivo de teste na máquina existe sempre a necessidade de se efetuar uma calibração. Com isto sabe-se que o tempo médio de mudança desta máquina não excede os 180 segundos (3 minutos).

Para o início do processo de teste o abastecimento de materiais é efetuado pelo próprio operador do teste, ou seja, é este que se tem que deslocar ao inventário intermédio e transportar os tabuleiros à mão para a sua rampa de abastecimento, assim como também tem que os transporta para o inventário intermédio seguinte (inventário das embalagens) quando testados, estes dois transportes são realizados sem auxílio de carrinho.

Neste posto, as antenas família das F01 (28074224, 28074448, 28074581, 28074583) e as antenas da Volvo, (28074083, 28111268, 28119230, 28352594) para além de ser testadas são diretamente embaladas neste posto e posteriormente transportadas até à zona de paletização (ver zona a cor cinza na Figura 28) com auxílio de um carrinho (ver Figura 48). Os tabuleiros que são transportados deste teste para o inventário intermédio têm três capacidades diferentes, ou seja, uns têm capacidade para 19 antenas, outros para 18 antenas e outros para 8 antenas.



Figura 48 – Carrinho de auxílio ao transporte

- **Teste T5**

O teste T5, como ilustra a Figura 49 e o número 7 da Figura 28, é um equipamento que tem como função realizar testes aos circuitos elétricos de forma a se poder verificar a qualidade da antena. Só existe um equipamento deste tipo composto por um operário.



Figura 49 – Teste T5

Assim como no teste Zagg, o teste T5 possui dispositivos à prova de erro. Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação, como ilustra a Figura 50, sendo estes todos armazenados num armário junto ao teste Zagg. A arrumação deste armário é facilitada, uma vez que para cada dispositivo existe um lugar reservado (ver Figura 51).



Figura 50 – Etiqueta de identificação



Figura 51 – Armário T5 e Ford ECBP

Também neste teste é o próprio operário a efetuar a troca de dispositivos e a sua calibração, com um tempo de mudança médio de 300 segundos (5 minutos). Igualmente faz o transporte de tabuleiros de antenas por testar para a sua rampa de abastecimento e o transporte de tabuleiros com antenas testadas para o inventário intermédio seguinte, sendo que estes dois transportes são realizados sem auxílio de carrinho. Para além de abastecer o seu próprio posto, o operário deste posto tem que esvazias as rampas de saídas das linhas Big, 2+2 e F01.

Após de realizar os testes a antenas este posto também embala a antena F01 (28074584) e as antenas da Volvo, (28073736, 28074082, 28352598), posteriormente transporta até à zona de paletização (ver zona a cor cinza da Figura 28) com auxílio de um carrinho (ver Figura 48). Os tabuleiros que são transportados deste teste têm três capacidades, uns têm capacidade para 18 antenas, outros têm capacidade para 16 antenas e outros têm capacidade para 8 antenas.

- **Teste AM-FM**

O teste AM-FM, como ilustra a Figura 52 e o número 9 da Figura 28, é um equipamento que tem como função realizar testes aos circuitos elétricos de forma a se poder verificar a qualidade da antena. Só existe um equipamento deste tipo composto por um operário.



Figura 52 – Teste AM-FM

Neste equipamento de teste ao contrário dos anteriores, não existe a necessidade de se fazer a troca de dispositivos quando se muda de produto, uma vez que os produtos produzidos nestes postos utilizam sempre o mesmo dispositivo. Assim sendo, quando existe a necessidade de se efetuar a troca de um produto só se altera o *software*, com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança deste teste é de 60 segundos (1 minuto).

Igualmente neste equipamento de teste é o operário que se dirige ao inventário intermédio para buscar os tabuleiros com as antenas que necessita testadas, assim como também os transporta para o inventário intermédio seguinte (inventário das embalagens). Os tabuleiros que são transportados desta linha são de dois tipos, uns tem capacidade para 24 antenas e outro tem capacidade para 8 antenas.

- **Teste Ford ECBP**

O teste Ford ECBP, como ilustra a Figura 53 e o número 6, 8 e 10 da Figura 28, é um equipamento que tem como função verificar a qualidade da antena. Existem três equipamentos deste tipo e cada um composto por um operário, sendo que estes sistemas de teste exclusivamente testam antenas da família de produtos Ford ECBP. Este equipamento é também composto por dois meios discos que permitem testar uma antena

e ao mesmo tempo o operário pode estar a preparar uma outra para entrar para o teste (ver Figura 54).



Figura 53 – Teste Ford ECBP

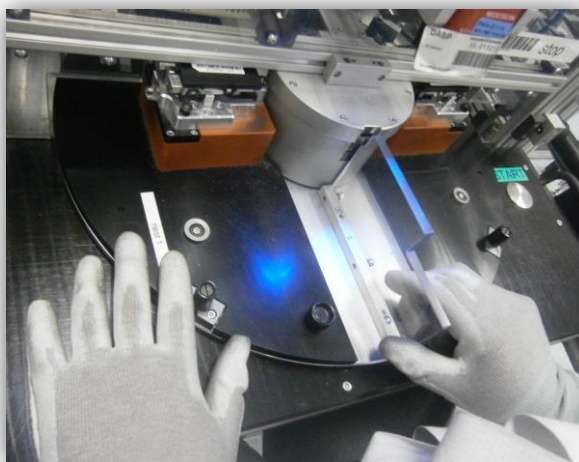


Figura 54 – Discos de teste

De forma a facilitar e a evitar erros humanos na colocação da antena no dispositivo de teste, existem sistemas a prova de erro (poka-yoke), isto permite a redução de erros de colocação no sistema de teste. Todos estes dispositivos possuem etiquetas de identificação, como representa a Figura 55. Assim como encontram-se armazenados no armário dos dispositivos do teste T5 (ver Figura 51).

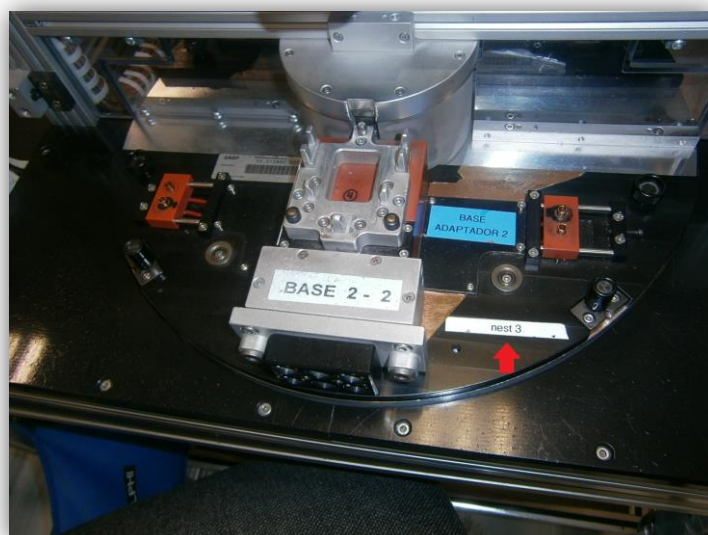


Figura 55 – Etiqueta de identificação

Nestes sistemas de teste a troca das bases são igualmente efetuadas pelos próprios operadores, contabilizando um tempo médio de mudança de 180 segundos (3 minutos).

Nesta máquina assim como nas anteriores é a própria operária que se dirige ao inventário intermédio para buscar e levar os tabuleiros com as antenas, sendo que estes dois transportes são realizados sem auxílio de carrinho. Mantendo assim as mesmas quantidades de antenas por tabuleiro provenientes da montagem Ford ECBP.

c) Embalagem

A zona de embalagem, como apresenta a Figura 56 e a zona a cor azul da Figura 28, é o local onde se dá o embalamento das antenas, para que posteriormente possam ser expedidas. Esta zona é composta por duas bancadas de embalagem de uma pessoa cada (ver número 12 da Figura 28).



Figura 56 – Posto de embalagem

Para além destes postos existe um posto adicional, designado de *Bumper* (ver Figura 57 e o número 11 da Figura 28), que para além da embalagem das antenas, anteriormente executa uma operação de montagem, sendo que só dois tipos de antenas

passam neste posto, a 28316925 e a 28310294. Estas duas antenas são da família da Ford ECBP.



Figura 57 – Posto Bumper

No processo de embalagem, as operárias, para cada tipo de antena têm associado uma embalagem sendo que para alguns casos, um produto pode ter várias embalagens, isto verifica-se mais nas antenas da família Ford ECBP, que podem ter até cinco tipos de embalagem. Todas estas embalagens seguem para o cliente, que depois a terá que devolver. Mas isso nem sempre se verifica, devido a este acontecimento, para cada produto existe uma embalagem de substituição de forma a garantir os prazos de entrega aos clientes.

Nestes três postos, quando existe a necessidade de se efetuar a troca de um produto só se altera o *software*, com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança destes postos é de 180 segundos (3 minutos).

Nestes postos, assim como nos testes, são os próprios operários que se dirigem ao inventário intermédio para buscar os tabuleiros com as antenas que necessitam para embalar, assim como também realiza o transporta para o inventário de produto acabado quando embaladas, estes dois transportes são realizados com auxílio de carrinho, igual ao da Figura 48.

d) Linha da *Wave trap*

A linha da *Wave trap*, como ilustra a Figura 58 e a zona a cor de laranja da Figura 28, encontra-se composta por três postos de trabalho.

Nestes postos de trabalho as operações efetuadas são a montagem à mão da antena nos dois primeiros postos, o teste de qualidade aos circuitos elétricos no terceiro posto e por fim o embalamento também no terceiro posto.



Figura 58 – Linha da *Wave trap*

As antenas produzidas nesta linha são a 28108764 e a 28053458. Sendo que esta linha possuiu uma implantação mais orientada ao produto com o objetivo de maximizar a utilização de recursos, isto faz com que não exista a necessidade de armazenar em inventário intermédio os produtos. Assim sendo esta linha não segue o fluxograma da Figura 31.

O sistema de teste é comum para o teste destas duas antenas, assim sendo, quando existe a necessidade de se efetuar a troca do produto só se altera o *software*, com isto, pode-se concluir que a média dos tempos de mudança desta linha é de 180 segundos (3 minutos).

4.4. Caudais entre os processos do sistema

A Figura 59 ilustra os vários caudais dos produtos ao longo do sistema produtivo relativamente ao ano de 2012. Como se pode verificar pela observação da Figura 59 a linha que produz mais antenas é a linha da Ford ECBP com 59% da produção anual, seguindo-se a linha da *Wave trap* com 16% da produção anual, com 11% da produção anual a linha da 2+2, segue-se a linha da F01 com 9% da produção anual e por fim a linha da Big com 5%.

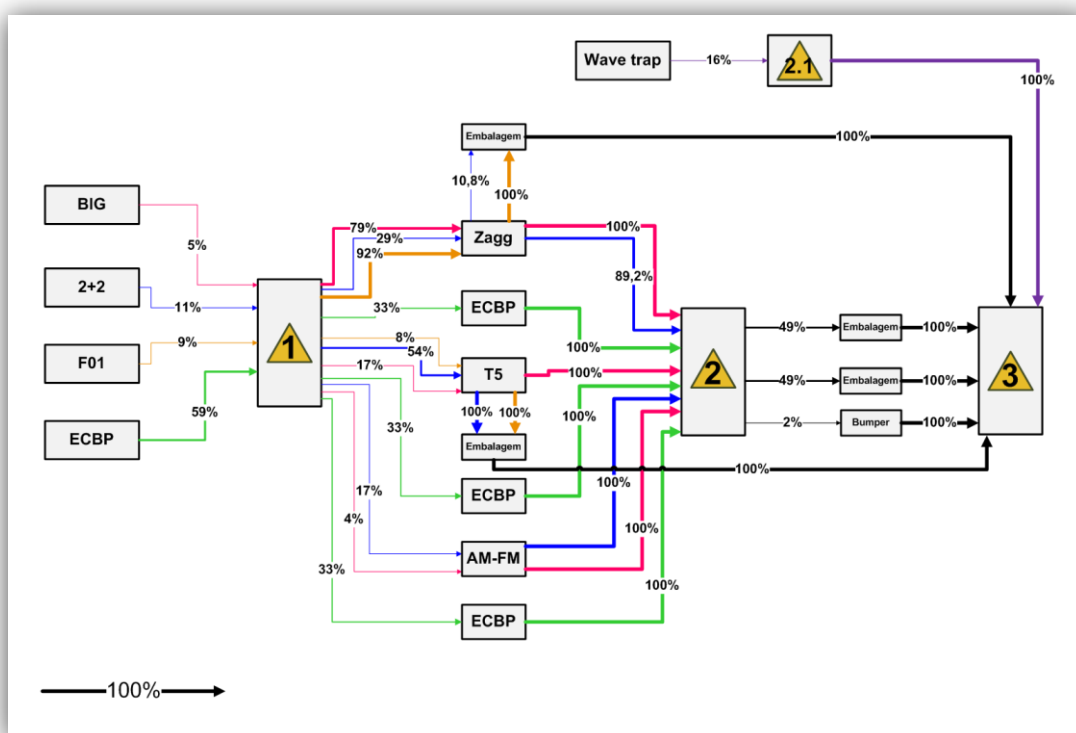


Figura 59 – Caudais entre os processos do sistema

Depois do processo de montagem as antenas seguem para a zona dos testes, onde se podem dividir por diversos equipamentos de teste, por exemplo, dos 5% que a linha da Big produz anualmente, 79% é testado na Zagg, 17% na T5 e 4% na AM-FM. Um outro exemplo é dos 11% que a linha da 2+2 produz anualmente, 29% é testado na Zagg, sendo que destes 29%, 10,8% é logo embalado neste posto e os restantes 89,2% seguem para o posto de embalagem. Já 54% é testado na T5 e embalados diretamente neste posto. Por fim 4% das antenas são testados na AM-FM, seguindo todas as antenas para o posto seguinte, ou seja, para a embalagem.

Consoante a variação da percentagem de antenas produzidas a espessura da linha varia, assim como, cada cor de linha indica a sua origem, isto é, a cor-de-rosa indica todos os produtos produzidos na linha da Big, a cor azul corresponde aos produtos produzidos na T5, o amarelo corresponde aos produtos produzidos na linha F01, a cor verde corresponde aos produtos produzidos na linha Ford ECBP e por fim a cor violeta que corresponde aos produtos produzidos na linha *Wave trap*.

4.5. Fluxo de materiais

Como existe uma grande diversidade de produtos é de esperar que os seus processos produtivos também variem de igual modo. De forma a conhecer todos os processos que cada produto passa. Foram inicialmente recolhidos todos os desenhos técnicos de todos os produtos e recorrendo às observações diretas na área de montagem final, foi possível construir famílias de antenas que passam pelo mesmo processo produtivo, como se encontram representado na Tabela 61 do Anexo B.

Agrupados os produtos por famílias de processos e conhecendo todos os processos produtivos foi possível elaborar o fluxo de materiais das diferentes famílias de produtos, como ilustra o diagrama da Figura 60.

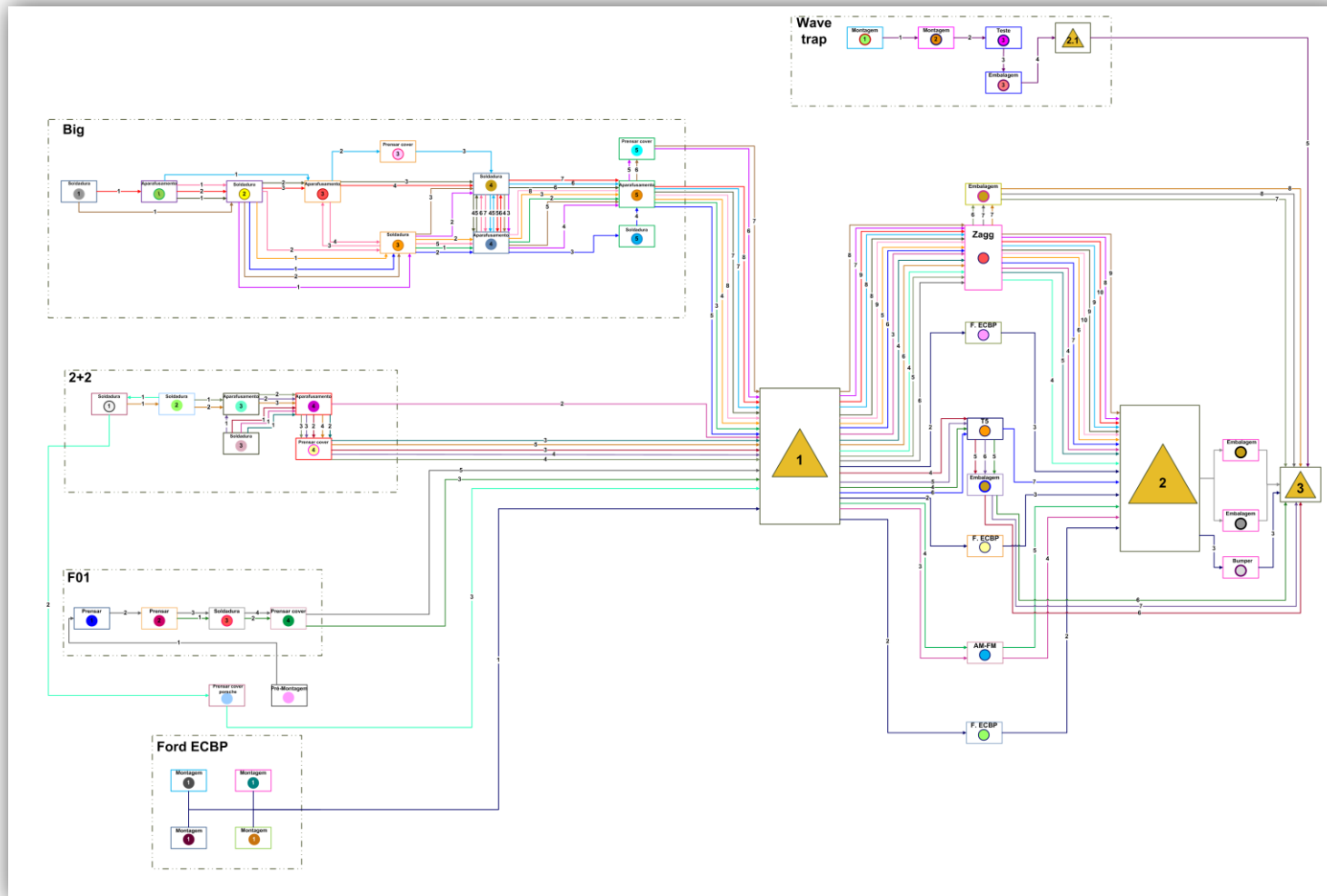


Figura 60 – Fluxo de materiais

Com a observação da Figura 60 pode-se constatar a zona da montagem (Big, 2+2, F01 e Ford ECBP) a zona de testes (Zagg, T5, AM-FM e Testes Ford ECBP), a zona de embalagem e a *Wave trap*. Para cada família de produtos foi associada uma cor de linha, para representar a rota do produto (ver Tabela 61 do Anexo B). Cada retângulo com um círculo no interior corresponde a um processo produtivo. Na zona de montagem existem círculos com números, esse número corresponde ao posto de trabalho na linha, por exemplo na linha das Big existe cinco postos mas cada posto pode executar mais do que uma operação, por exemplo o posto dois, pode aparafusar e soldar, logo estes dois processos terão o mesmo número de posto, ou seja, 2. Os retângulos com um triângulo no interior correspondem a inventário.

4.6. Planeamento e controlo da produção

O planeamento da produção é efetuado pelo PC&L, grupo interno responsável pelo planeamento e logística. Diariamente este grupo elabora um plano de produção e um plano de embalagem para a área de montagem final de antenas, sendo esta informação posteriormente enviada para o chefe de linha. O plano de produção contém os modelos e quantidades a produzir em cada dia num horizonte de 6 dias e outro é um plano de embalagens contém quais os modelos de antenas devem ser embalados por dia assim como qual o tipo de embalagem deve ser embalados as antenas para um horizonte de 6 dias. Através do plano de produção são impressos os manifestos que representam as ordens de produção, como ilustra a Figura 61. Este documento contém qual o produto e a quantidade do mesmo a produzir, todas as matérias-primas, assim como o posto de trabalho em que estes são requeridos.



Figura 61 – Manifesto

Com esta informação, cabe assim ao chefe de linha definir o que produzir, o que testar e o que embalar em cada instante baseando-se na informação recebida.

Assim sendo, na linha da BIG e na linha da 2+2 por cada mudança de produto é necessário a troca de dispositivos, sendo que é o chefe de linha que faz as mudanças de produto, logo nesse momento é deixado o manifesto para o produto seguinte. A linha FO1 como só trabalha no turno da manhã e uma vez que se mantêm sempre as mesmas operárias, estas já possuem experiência suficiente para fazerem as mudanças de produto quando necessário, visto que não existe a necessidade de troca de dispositivos. Por estas razões são elas que possuem os manifestos tendo a total autonomia de determinar a ordem a produzir. Já na linha Ford ECBP, os manifestos são entregues pelo chefe de linha ao responsável interno do PC&L da área de montagem final de antenas, desta forma este quando for abastecer com novos materiais entrega o manifesto as operárias.

Já no caso da zona dos testes e das embalagens são as próprias operárias que se têm que deslocar até ao chefe de linha para saber o que produzir a seguir, por isso a cada mudança de produtos estas têm que procurar o chefe de linha para saber o que produzir a seguir.

A Figura 62 representa o fluxo de informação existente na área de montagem final de antenas.

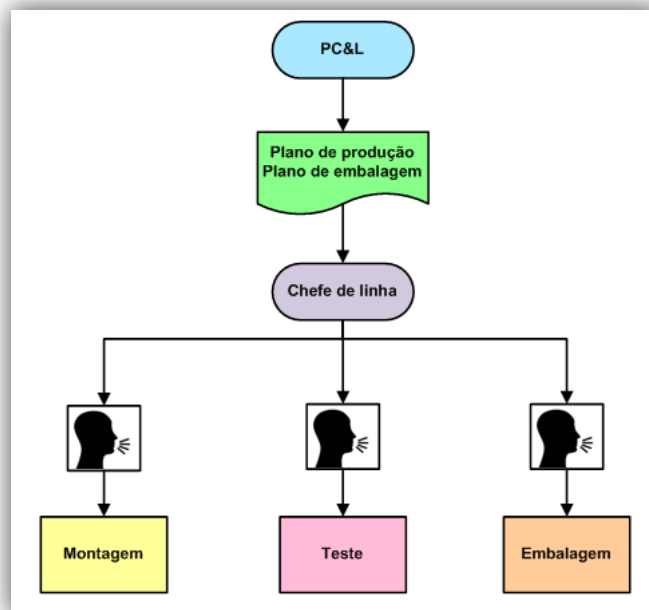


Figura 62 – Fluxo de informação

4.7. Volume das vendas

O gráfico da Figura 63 representa o custo unitário que a empresa vende uma antena ao seu cliente e o volume de produção do ano de 2012.

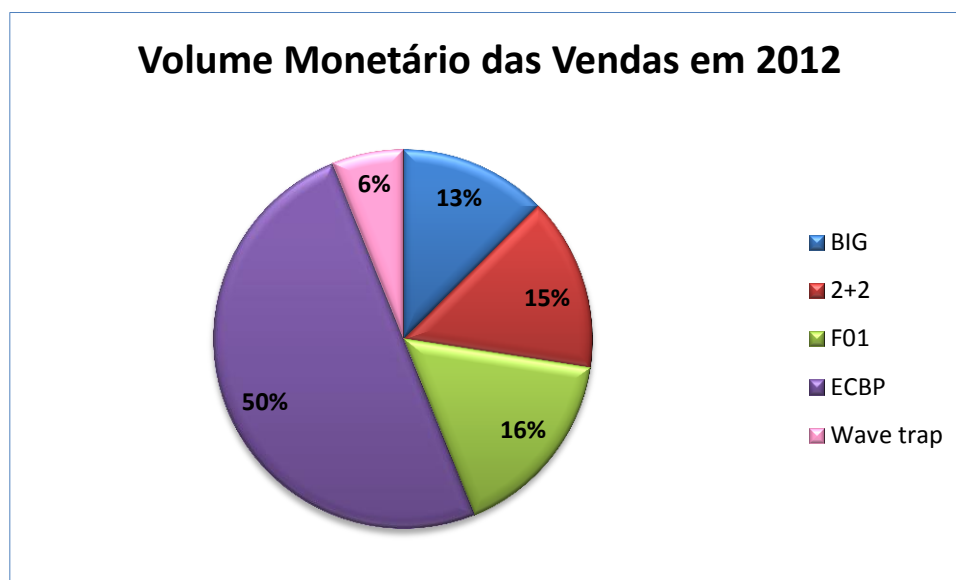


Figura 63 – Volume monetário das vendas em 2012

Com isto temos que, as antenas do tipo Ford ECBP correspondem a 50% do valor monetário que a empresa recebeu com a sua produção no ano de 2012. Seguindo-

se as antenas produzidas na F01 com 16% do valor monetário, depois tem-se as antenas produzidas na linha 2+2 com 15% do valor monetário, seguindo-se as antenas produzidas na linha da Big com 13% do valor monetário e por fim, tem-se com 6% a linha da *Wave trap*.

4.8. Métricas da área de montagem final

Uma forma de quantificar os objetivos definidos para determinada unidade produtiva é através de uma avaliação das métricas, pois é com esta avaliação que se obtém informação sobre o funcionamento atual.

A empresa *Delphi* avalia o seu estado atual através da utilização das seguintes métricas:

- **Operational Effectiveness (OE)** – corresponde à percentagem de peças produzidas em relação à capacidade instalada. Mede o nível de efetividade operacional de determinada área.
- **First Time Quality (FTQ)** – representa o número de peças rejeitadas em relação às produzidas. Mede a quantidade de peças que se desviam do processo normal de produção/teste.
- **Refugo / Scrap** – apresenta a taxa de produtos/peças danificadas sem recuperação. Percentagem entre o valor destas e o COGM (cost of goods manufactured).

A Tabela 20 representa a comparação entre os valores esperados e os valores registados pela empresa no ano de 2012.

Tabela 20 – Métricas

Métricas	Valores esperados	Valor registado em 2012
Operational Effectiveness (OE)	≥95%	95%
First Time Quality (FTQ)	≤6000 ppm (partes por milhão)	4457 pmm (partes por milhão)
Refugo / Scrap	≤ 0,056%	0,002%

Pela observação da Tabela 20 pode-se verificar que as três métricas mencionadas encontram-se dentro dos valores esperados definidos para o ano de 2012.

5. Diagnóstico e análise crítica da área de montagem final de antenas

Neste capítulo é realizado um diagnóstico à área de montagem final de antenas. Para isso recorreu-se a uma ferramenta de diagnósticos de unidades produtivas, nomeadamente o WID. Com base nos resultados do WID conseguiu-se realizar uma análise crítica, onde foi possível identificar os principais desperdícios, assim como identificar as causas para a sua ocorrência, utilizando para isso o diagrama de causa-efeito.

5.1. Construção do *Waste Identification Diagrams*

Para a construção do WID é necessário ter em consideração alguns fatores como: a observação por amostragem, a construção dos *block icons* e a construção dos *transportation arrow*.

5.1.1. Observação por amostragem

Para a aplicação da metodologia e elaboração do diagrama de forma correta é necessário definir parâmetros acerca da forma da recolha de dados, para isso foram considerados oito tipos de atividades, sendo elas, operações que acrescentam valor, movimentações, transporte, monitorização, esperas, retrabalho, mudanças e avarias. Na Tabela 21 encontram-se representados os oito tipos de atividades e os exemplos que foram considerados para definição das mesmas.

Tabela 21 – Definição de atividades

Tipo de atividade	Definição	Alguns Exemplos
Operações de valor acrescentado	Todo o tipo de operações que acrescentam valor ao produto.	Soldar; Aparafusar; Prensar; Montar.
Movimentações	Todo o tipo de movimentações de pessoas, informação e documentação.	Procurar pessoas, materiais, antenas no inventário intermédio.
Transporte	Transportes desnecessário de materiais.	Transporte de materiais dos postos de trabalho até ao inventário intermédio e final.
Monitorização	Engloba as atividades que implicam a monitorização de alguma coisa.	Ver o número de peças que falta produzir.

Mudanças	Operações que implique a mudança de produto.	Mudanças de produtos forçados; Mudanças de produtos planeados.
Esperas	Espera por material, equipamento, informação, ferramentas, ocorre quando há períodos de inatividade.	Espera por material; Espera pelo equipamento; Espera pelo sistema de internet; Espera por excesso de inventário entre postos.
Retrabalho	Consiste na repetição de operações já efetuadas anteriormente.	Refazer alguma operação; Na embalagem repetir o registo das antenas; Montar novamente as antenas.
Avárias	Avaria de algum equipamento.	Avaria das máquinas de teste, prensas, ferros de soldar, <i>scanner</i> .

A recolha de dados foi efetuada em 3 dias consecutivos, em cada dia foram recolhidas 10 amostragens, sendo que cada amostra tinha horas planeadas de recolha.

A rota também estava definida e foi executada sempre da mesma forma, como ilustra a Figura 64.



Figura 64 – Rota de recolha de dados para o WID

Para facilitar a recolha de dados durante a rota foi elaborada uma tabela, onde os resultados obtidos se encontram representados no Anexo C, fazendo-se um resumo na Figura 65.

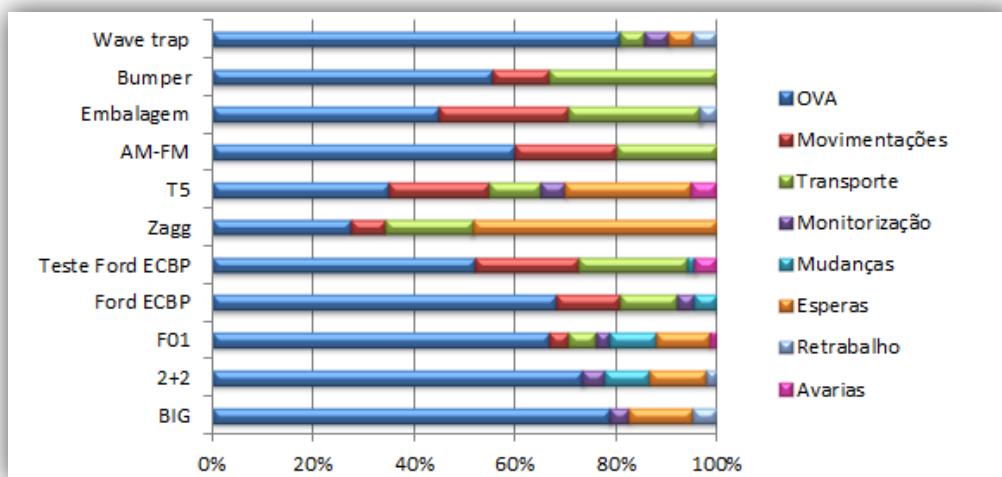


Figura 65 – Resultados das observações do WID

5.1.2. Construção dos *block icons*

Para a definição dos *block icons* (ver Figura 14), de acordo com o descrito por Sá (2011), precisa-se conhecer o *takt time*, o tempo de ciclo, o *overcapacity*, o tempo de mudança e o custo do WIP (*work-in-process*).

Para calcular o *takt time*, foi necessário fazer em primeiro o cálculo da procura diária para cada posto. A procura diária foi obtida através da Equação 2.

$$Procura\ diária\ do\ cliente = \frac{Quantidade\ anual}{Dias\ de\ trabalho\ no\ ano} \quad \text{Equação 2}$$

Determinada a procura diária do cliente pode-se calcular o *takt time*, através da Equação 1.

Para obter o tempo de ciclo para cada posto, inicialmente foram recolhidos os tempos de ciclo de cada produto através de cronometragem, e de seguida foi efetuada uma média ponderada para cada posto, de forma a dar mais importância aos tempos de ciclo dos produtos que mais são produzidos. Uma outra informação que se pode recolher dos *block icon* é o *Overcapacity*, que tem a ver com a comparação entre o tempo de ciclo da atividade e a real necessidade dos clientes – *takt time*. A Equação 3 representa como foi realizado o cálculo da *overcapacity*.

$$Overcapacity = \frac{Takt\ Time - Tempo\ de\ ciclo}{Takt\ Time} \times 100\% \quad \text{Equação 3}$$

Assim sendo, a Tabela 22 apresenta os resultados do cálculo do *takt time*, tempo de ciclo, *overcapacity* e do tempo de mudança para cada *block icon*.

Tabela 22 – Resultados *block icon*

<i>Block icon</i>	Tempo de trabalho (seg)	Produção anual 2012	Procura diária do cliente	Takt Time (seg)	Tempo Ciclo (seg)	Overcapacity	Tempo de mudança (seg)
Montagem							
BIG	54840	163 732	668,29	82,06	49,82	39%	458
2+2	54840	348 864	1423,94	38,51	33,76	12%	337
F01	27420	288 624	1178,06	23,28	13,17	43%	180
Ford ECBP	54840	1 827 807	7460,44	7,35	4,41	40%	180
Teste							
ZAGG	54840	497244	2029,58	27,02	26,37	2%	180
T5	27420	236820	966,61	28,37	10,45	63%	300
AM-FM	6855	67156	274,11	25,01	14,64	41%	60
Ford ECBP	41130	1827807	7460,44	5,51	4,37	21%	180
Embalagem							
Embalag.	54840	2417601	9867,76	5,56	3,78	32%	180
Bumper	6855	124374	507,65	13,50	7	48%	180
Wave trap							
Wave trap	27420	478 873	1954,58	14,03	12	14%	180

Só falta agora determinar o custo do *WIP* (*work-in-process*), para isso foi contabilizado o número de antenas em processo em três dias consecutivos, com uma contagem em cada turno. Sabendo o *WIP* médio existente no posto de trabalho e que multiplicando-se esse valor pelo custo do produto final, obtém-se o custo médio em inventário (Equação 4).

$$\text{Valor médio em inventário} = \text{WIP} \times \text{Valor unitário do produto final} \quad \text{Equação 4}$$

Depois de determinar o valor médio existente ao longo do ano, multiplica-se esse valor por 25% (dado esta ser a percentagem estimada de perda ao fim do ano) e obtém-se assim o custo que a empresa tem por ano devido ao *WIP* (Equação 5).

$$\text{Custo médio (u.m./ano)} = \text{Valor médio em inventário} \times 25\% \quad \text{Equação 5}$$

Assim sendo, a Tabela 23 representa o resultado das observações. O custo anual que a empresa tem com *WIP* é de 41076,04€.

Tabela 23 – Custo do *WIP*

<i>Block icon</i>	WIP Médio	Custo antena (€)	Valor médio em inventário (€)	Custo médio (€/ano)
Montagem				
BIG	7,130	23,360	166,56	41,64
2+2	2,033	17,028	34,62	8,66
F01	189,867	17,100	3246,73	811,68
Ford ECBP	3,030	8,160	24,72	6,18
Teste				
ZAGG	870,627	21,406	18636,64	4659,16
T5	898,502	15,635	14048,08	3512,02
AM-FM	95,332	14,26	1359,44	339,86
Teste - ECBP	9082,333	8,160	74111,84	18527,96
Embalagem				
Embalagem	2226,408	21,772	48473,36	12118,34
Bumper	513,666	8,160	4191,52	1047,88
Wave trap				
Wave trap	2,800	3,800	10,64	2,66
			Total	41076,04

5.1.3. Cálculo dos *transportation arrow*

O *transportation arrow* (ver Figura 15) tem como objetivo ilustrar qual o esforço que a empresa tem com os movimentos e transportes entre postos de trabalho, tratando-se de uma tarefa que não acrescenta qualquer valor ao produto final.

Para o cálculo das distâncias percorridas foram tidas as seguintes considerações:

- **Valor médio percorrido** – corresponde ao valor em metros de uma deslocação de um posto até a outro posto e seu posterior regresso ao posto inicial, encontram-se as distâncias entre postos de trabalho.
- **Nº de tabuleiros transportados** – corresponde ao número de tabuleiros que cada operário transporte numa deslocação, este valor representa o número de tabuleiros das rampas de saída.
- **Produção média diária** – média do número de antenas necessárias produzir num dia de trabalho de forma a satisfazer as necessidades dos clientes.
- **Média de antenas transportadas por tabuleiro** – é o valor médio da quantidade de antenas que cada tabuleiro pode transportar.
- **Nº de tabuleiros produzidos por dia** – é o quociente entre a produção média diária e a média de antenas transportadas por tabuleiro.
- **Nº de transportes necessários por dia** – corresponde ao quociente entre o número de tabuleiros produzidos por dia e o número de tabuleiros transportados.
- **Metros percorridos num dia em transporte** – obtém-se através do produto entre o número de transportes por dia e o valor médio percorrido.

A Tabela 24 representa o resumo da análise realizada no Anexo D para o cálculo do esforço em transportes e movimentações, mostrando os metros percorridos num ano entre postos de trabalho.

Tabela 24 – Metros percorrido num ano

Posto inicial	Posto final	Metros percorrido num ano
Big	Zagg	134952
	T5	69078
	AM-FM	18098
2+2	Zagg	30140
	T5	86435
	AM-FM	47054
F01	Zagg	147899
	T5	12291
Montagem Ford ECBP	Testes Ford ECBP	204994
Zagg	Embalagem	324866

T5	Embalagem	128164
AM-FM	Embalagem	57745
Testes Ford ECBP	Embalagem	407112
Testes Ford ECBP	<i>Bumper</i>	17510
	Total	1 686 338

5.1.4. *Total value card*

Por último, pode-se calcular o *total value card*, com uma perspetiva global do processo considerando todas as famílias, como se pode ver na Tabela 25.

Tabela 25 – Total value card

TOTAL VALUE CARD
Takt Time = 12,12 seg
Custo WIP = 41076,04 €/ano
Custo com atividades sem VA = 1010909,59 €/ano
Tempo de atravessamento = 46,77 horas (3,07 dias)
Produtividade = 117 antenas/hora.homem
Taxa de utilização de mão-de-obra = 62%
Rácio de valor acrescentado = 0,02%

5.1.5. Waste identification diagram

Com os dados das Tabela 22, Tabela 23, Tabela 24 e Tabela 25, pode-se então desenhar o *waste identification diagram*, que está apresentado na Figura 66.

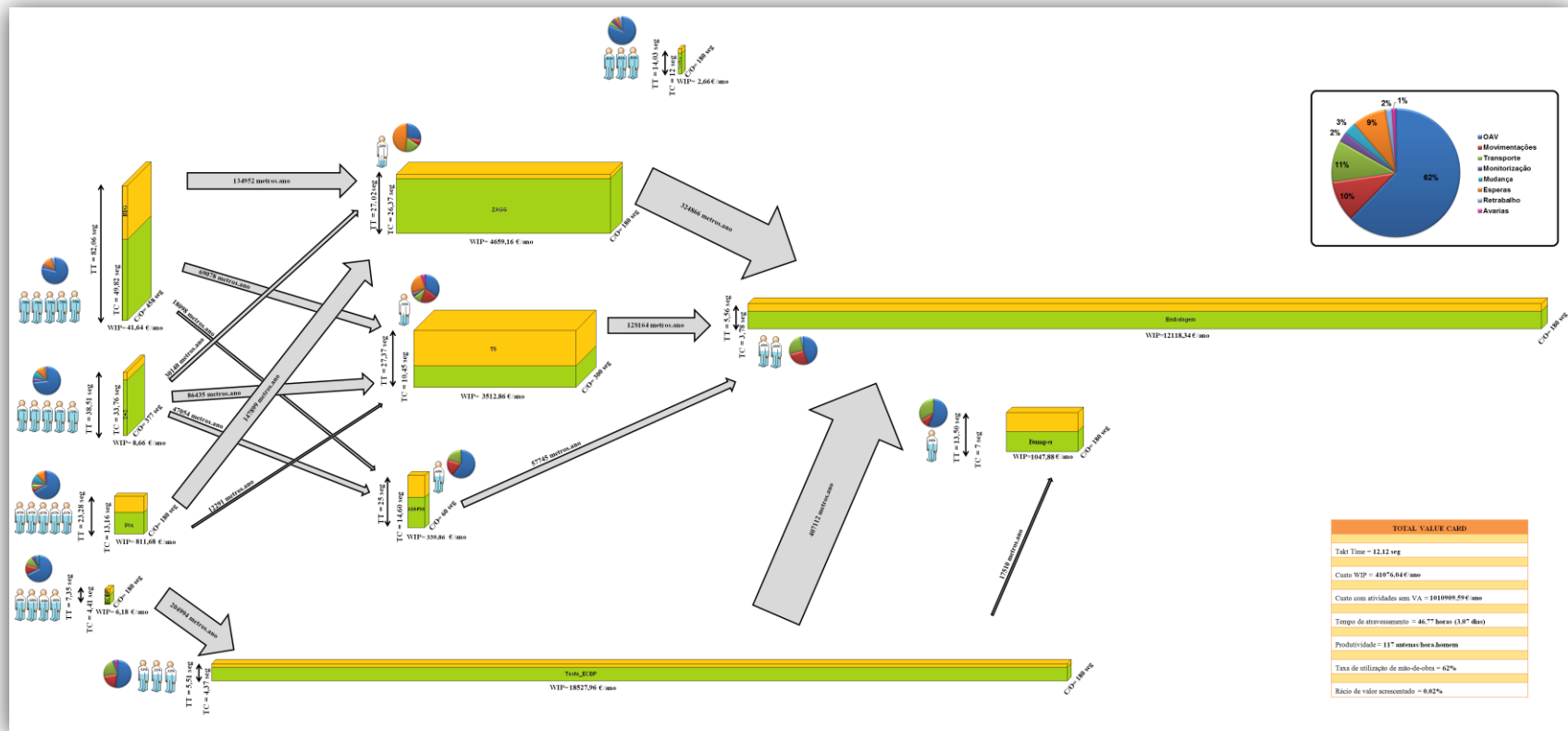


Figura 66 – Waste identification diagram

5.2. Identificação de desperdícios no WID

Analisando o *Waste Identification Diagram* (WID) – atual (ver Figura 66), consegue-se facilmente detetar que todas as fases do processo produtivo da montagem final de antenas têm elevados desperdícios devido as grandes dimensões dos *block icon* e do esforço dos transportes. Este facto confirma a informação que consta do *total value card* da situação atual, mas analisando com mais detalhe o *Waste Identification Diagram* (WID) consegue-se ver quais as fases do processo produtivo com mais desperdícios, assim sendo, detetou-se que as atividades que não acrescentam valor ao produto com maior incidência são transportes, movimentações e as esperas, representando 11%, 10% e 9 % respetivamente e também o elevado trabalho entre processos.

5.2.1. Transportes e movimentações

Segundo Ohno (1988) e Shingo (1989) a transferência de produtos entre postos de trabalho representa valores elevados de esforço e de custo sendo considerado um desperdício. Através disto e pela leitura do gráfico circular do WID (ver Figura 66), pode-se verificar que 21% do tempo total de utilização de mão-de-obra é desperdiçado em transportes (11%) e movimentações (10%).

Sabendo que trabalham 32 pessoas (ver Tabela 11) na área de montagem final de antenas então, pode-se afirmar que 7,56 operárias gastam o seu tempo disponível para realizar operações de transporte e movimentações e sabendo que os custos diretos e indiretos de uma operária são 0,66 €/minuto, então o custo com transportes e movimentação representam 2280,25€ por dia, representam 558660,56€ por ano (ver Tabela 26).

Tabela 26 – Gasto com transportes e movimentações

	Movimentação (10%)	Transporte (11%)	Total (21%)
Nº pessoas necessárias	3,60	3,96	7,56
Gasto com MDO⁴ (€/dia)	1085,83	1194,42	2280,25
Gasto com MDO (€/mês)	22169,07	24385,98	46555,05
Gasto com MDO (€/ano)	266028,84	292631,72	558660,56

⁴ Mão-de-obra (MDO)

Sabendo que o tempo disponível de trabalho dos dois turnos são 914 minutos por dia, então através da observação da Tabela 27, pode-se concluir que por ano são consumidos 47025,30 minutos em movimentações e transporte, sendo que estes representam 51,45 dias gastos num ano.

Tabela 27 – Tempo consumido em transportes e movimentações

	Movimentação (10%)	Transporte (11%)	Total (21%)
Tempo Consumido (min/dia)	91,40	100,54	191,94
Tempo Consumido (min/mês)	1866,08	2052,69	3918,78
Tempo Consumindo (min/ano)	22393,00	24632,30	47025,30
Dias consumidos por ano	24,50	26,95	51,45

Pela observação da Figura 66 percebe-se que os metros percorridos em transportes e movimentações por ano são de 1 686 338 metros e que, existem três rotas onde o esforço do transporte é maior, sendo elas do teste Zagg para a embalagem (324 866 metros/ano), da linha de montagem Ford ECBP para o teste Ford ECBP (204 994 metros/ano) e a dos testes da Ford ECBP para a embalagem (407 112 metros/ano). Estas três rotas representam aproximadamente 56% $((324866+204994+407112)/1686338)$ dos metros percorridos na área de montagem final de antenas. A elevada percentagem destas três rotas deve-se essencialmente ao facto de serem as rotas por onde passa o maior número de antenas produzidas, como ilustra Figura 59 e a Figura 60.

De forma a perceber quais as causas para a existência de elevados esforços em transportes e movimentações, utilizou-se uma ferramenta básica da qualidade – *Diagrama de Causa-Efeito ou de Diagrama de Ishikawa*. Após uma primeira construção do diagrama, achou que este deveria ser aprovado pelos responsáveis desta área de montagem final de antenas. Assim sendo, foi apresentado o diagrama inicial aos dois chefes de linha e aos dois engenheiros responsáveis por esta área, onde após uma conversação, foi aprovado que as causas para a ocorrência de transportes e movimentações encontram-se representadas no diagrama da Figura 67.

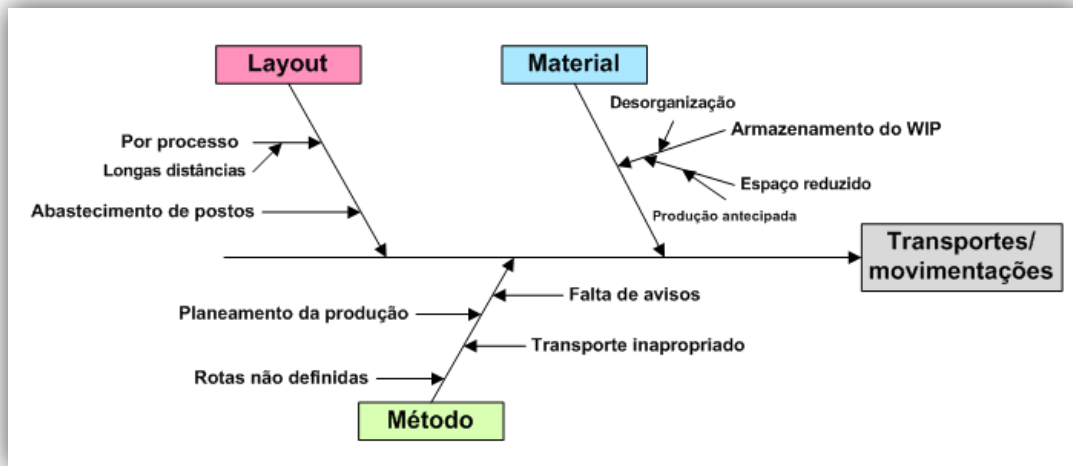


Figura 67 – Diagrama de causa-efeito relativo aos transportes e movimentações

O efeito do **layout** nos transportes e movimentações pode estar relacionado com:

- **A orientação ao processo:** isto significa que os equipamentos e processos estão organizados em áreas homogêneas (locais partilhados por equipamentos ou pessoas que desempenham funções semelhantes). Com isto, os produtos viajam de área para área até estarem concluídos, o que faz com que aumentem as distâncias percorridas.
- **O abastecimento de postos** – os abastecimentos nas linhas da Big, 2+2, F01 e Ford ECBP é efetuada pelo PC&L, isto é, estas linhas são abastecidas por uma pessoa externa a área, encarregue exclusivamente de abastecer sempre estas linhas. A linha de montagem das Big, 2+2 e F01 são as únicas que não transportam o seu produto final para os inventários intermédios, neste caso é a pessoa que se encontra na máquina de testes T5 que realiza este transporte. Todos os restantes postos (testes e embalagens) têm que transportar o seu produto processado para o inventário seguinte assim como têm que buscar aos inventários intermédios, os produtos para serem processados, fazendo com isto que existam muitas deslocações aos inventários e linhas de montagem.

Já o efeito do **método** pode estar relacionados com:

- **O transporte inapropriado** – o transporte realizado na linha da Big, 2+2, F01, teste Zagg, teste T5, teste AM-FM e testes Ford ECBP é realizado à mão, ou seja, cada operário pega nos tabuleiros à mão e

transporta-os das linhas para os inventários. Com isto, a quantidade de tabuleiros transportados de cada vez é reduzido, devido ao seu formato e ao seu peso. Já na linha de montagem da Ford ECBP e na embalagem é utilizado um carrinho para o transporte de tabuleiros, sendo que por vezes estes não sejam utilizados. Exclusivamente para os produtos que são embalados nos testes T5 e Zagg é utilizado um carrinho de transporte que nem sempre é carregado completamente pelos operários.

Isto faz com que cada operário tenha que se deslocar mais vezes ao inventário de forma a transportar todos os produtos, aumentando assim as distâncias percorridas.

- **As rotas não planeadas** – quando um operário se dirige ao inventário, quer para levar algum tabuleiro quer para buscar algum tabuleiro, não tem uma rota definida, por isso desloca-se como prefere, desta forma nem sempre é escolhida a melhor rota, ou seja, o caminho mais curto.
- **O planeamento da produção** – como referido anteriormente, é o chefe de produção que define o que produzir, o que testar e o que embalar em cada instante baseando-se no plano de produção e no plano de embalagem. Na área de montagem nenhum dos postos tem a necessidade de saber o que produzir a seguir, uma vez que o chefe de linha de forma direta ou indireta transmite essa informação. Sendo que no caso da zona dos testes e das embalagens isso já não se verifica, uma vez que são os próprios operários que se têm que deslocar até ao chefe de linha para saber o que produzir a seguir. Andar a procura do chefe de linha para saber o que produzir a seguir é um desperdício, pois sempre que o chefe de linha não se encontra no seu posto fixo de trabalho, faz com que os operários andem à sua procura, gastando tempo em movimentações.
- **A falta de avisos** – como mencionado anteriormente é o operário que se encontra no teste T5 que faz as deslocações dos tabuleiros das rampas de saída da linhas de montagem Big, 2+2 e F01 para o inventário, devido à disposição do *layout*, este operário não tem nenhuma visibilidade para a área da montagem, fazendo com que nunca saiba quando as rampas se encontram cheias, daí encontra-se sempre a deslocar até a área de montagem para esvaziar as rampas de saída, só que ocorre quando chega

às rampas de saída das linhas de montagem estas se encontrem com poucos ou nenhuns tabuleiros.

Por fim, o efeito do **material** nos transportes e movimentações pode estar relacionado com:

- **O armazenamento do WIP** – a Figura 68 representa um dos inventários intermédios da área de montagem final de antenas. Como se pode verificar pelas Figura 68 e Figura 69 que não existe nenhum sistema de gestão visual de forma a localizar onde está determinada antena. A empresa define que se deve armazenar as mesmas referências de antenas na mesma rampa, mas quando não existe espaço disponível (devido a produção antecipada ou devido à produção ser mais elevada na montagem que nos testes) para alocar uma nova referência, o critério passa a ser encontrar um espaço livre na rampa para colocar os tabuleiros independentemente da referência que se encontra na rampa, sendo isto, aplicado nos restantes inventários intermédios. Quando alguém necessita de determinada antena, para procurar o operário tem que levantar alguns tabuleiros ou se deparar nas estruturas das rampas para ver quais os produtos que se encontram lá (isto verifica-se para a rampa superior), podendo por isto causar uma queda quer do operário quer dos tabuleiros. Já nas rampas inferiores, a visualização das antenas por parte do operário é mais facilitada nos tabuleiros que se encontra na periferia, mas muito mais dificultada nos tabuleiros que se encontram no centro, pois aí a visibilidade é quase nula. Esta falta de um sistema de gestão visual para a colocação de tabuleiros nas rampas faz com que cada colaborador demore algum tempo na procura de determinada antena.



Figura 68 – Inventário intermédio



Figura 69 – Estado inventário intermédio

5.2.2. Esperas

As esperas são consideradas com um dos sete desperdícios pois refere-se ao tempo que um operador ou uma máquina ficam parados à espera de alguma coisa aconteça. Pela leitura do gráfico circular do WID, pode-se verificar que 9% do tempo total disponível é desperdiçado em esperas.

Sabendo que trabalham 32 pessoas (ver Tabela 11) na área de montagem final, então pode-se afirmar que 3,24 operários gastam do tempo total à espera que alguma coisa aconteça e, que os custos diretos e indiretos de um operário são 0,66 €/minuto, então o custo com esperas representam 977,25€ por dia, logo num ano representam 239425,96€ (ver Tabela 28).

Tabela 28 – Gastos com a mão-de-obra em esperas

	Esperas (9%)
Nº pessoas necessárias	3,24
Gasto com MDO (€/dia)	977,25
Gasto com MDO (€/mês)	19952,16
Gasto com MDO (€/ano)	239425,96

Considerando o tempo de trabalho disponível dos dois turnos, 914 minutos por dia, então através da observação da Tabela 29, pode-se concluir que por ano são consumidos 20153,70 minutos em esperas, sendo que estes representam 22,05 dias gastos num ano.

Tabela 29 – Tempo consumido em esperas

	Esperas (9%)
Tempo Consumido (min/dia)	82,26
Tempo Consumido (min/mês)	1679,48
Tempo Consumindo (min/ano)	20153,70
Dias consumidos por ano	22,05

De forma a perceber quais as causas para a existência de elevados tempos de espera, utilizou-se a mesma ferramenta descrita anteriormente (*Diagrama de Causa-Efeito ou de Diagrama de Ishikawa*), assim como para o diagrama da Figura 67, o diagrama da Figura 70 foi também aprovados pelos mesmos responsáveis da área de montagem final de antenas.

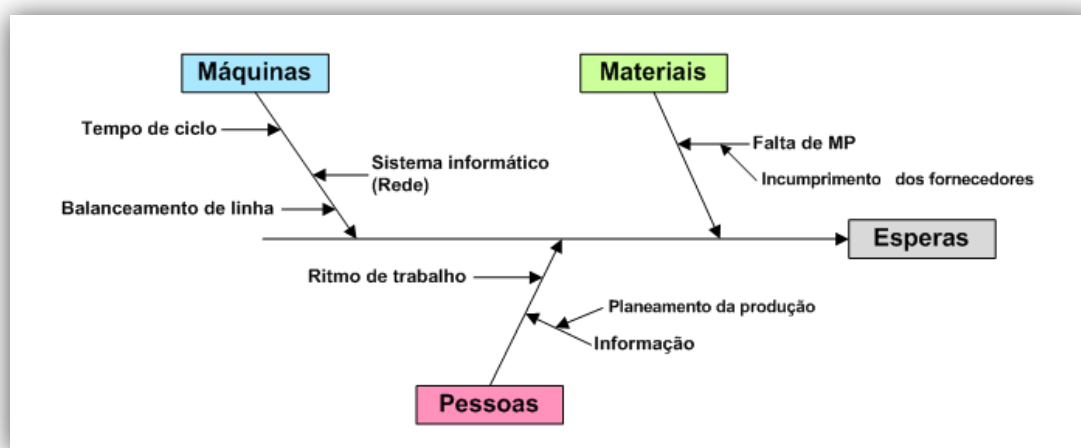


Figura 70 – Diagrama causa-efeito relativo às esperas

O efeito das **máquinas** nas esperas resulta:

- **Do tempo de ciclo** – pela observação da Figura 66 pode-se constatar que os postos de trabalho com maiores percentagens de espera por máquinas são os testes Zagg e o T5. Este tipo de espera é do tipo pessoas esperam pela máquina. A principal causa são os tempos de ciclo das antenas, uma vez que em determinadas antenas são elevados. As antenas da família F01 e volvo são testadas nestes postos e são embaladas logo de seguida, fazendo com isso que o tempo de espera seja menores quando são testadas estas antenas. Nas restantes de antenas foi cronometrado o tempo que o operário ficou à espera da máquina de forma a se poder

quantificar o tempo gasto em espera nestes postos, como ilustra a Tabela 30. Estes tempos foram obtidos através de duas amostras (uma por turno) com duração de 1 hora cada. Os espaços em branco correspondem às antenas que não foram possível de cronometrar o seu tempo, uma vez que não entraram em produção a tempo da recolha de dados.

Tabela 30 – Tempos de espera

Tipo de Teste	Referência da antena	Tempo de espera no teste (minutos)	Quantidade produzida numa hora no teste
ZAGG	28009458	11	224
	28009459	11	224
	28010867	-	-
	28010868	-	-
	28011166	-	-
	28044966	33	180
	28090279	30	83
	28090292	30	83
	28090410	30	83
	28092763	36	168
	28099971	-	-
	28211833	16	118
	28249738	30	100
	28249744	30	100
	28249746	30	100
	DED11879600	-	-
	DED11888200	-	-
	DED11896800	16	118
	28324363	16	118
T5	28249740	24	160
	28249742	24	160
AM-FM	28090396	20	136
	28257036	30	420

- **Do balanceamento de linha** – este tipo de espera acontece nas linhas Big, 2+2, F01 e *Wave trap*, isto porque são linhas de montagem de antenas, compostas por vários operários, o que implica que todos devem executar operações onde o seu tempo de processamento seja o mais semelhante entre postos de trabalho. Como é o caso, existem produtos onde há desbalanceamento nos tempos de processamento, o que provoca a que os operários esperem uns pelos outros.

- **Sistema informático (rede)** – este tipo de espera refere-se à leitura da etiqueta, pois nem sempre o sistema de rede/internet se encontra na sua capacidade desejável, ou seja, por vezes a rede encontra-se lenta o que provoca a espera do operador pelo sistema de leitura de etiqueta.

O efeito das **peessoas** nas esperas pode ocorrer devido:

- **Ao ritmo de trabalho** – este tipo de espera verifica-se nas linhas Big, 2+2, F01 e *Wave Trap*, pois estas linhas são compostas por mais do que um operário e nem sempre todas elas estão ao mesmo ritmo de trabalho, isto é, por vezes umas trabalham mais rápido, fazendo com que por vezes alguma tenha que esperar pelo produto do posto anterior. Também existe a possibilidade de esperar pelo posto a jusante pois este em determinado momento poderá encontra-se mais lento o que possibilita que o inventário intermédio exceda a capacidade limite (3 produtos), provocando uma paragem do posto a montante, ficando este à espera que exista um espaço livre no inventário intermédio para voltar a produzir.
- **À Informação** – a espera de informação ocorre quando existe a necessidade de fazer uma troca de produto e o operário não sabe onde se encontra o chefe de linha, sendo que é sempre o chefe de linha que vai decidir o que produzir de seguida.

O efeito das **materiais** nas esperas pode também estar relacionado com:

- **A falta de matéria-prima** – este tipo de espera acontece essencialmente pelo incumprimento dos fornecedores externos e internos. Isto é, quando o chefe de linha indica ao PC&L que vai necessitar de determinados materiais para iniciar a produção de um novo produto, por vezes acontece que depois de algum tempo o PC&L deteta que nem todos os materiais estão disponíveis, avisando o chefe de linha disso mesmo. Fazendo com que este opte por outras matérias, indicando isso mesmo ao PC&L, só que entretanto a linha de que ia fazer a mudança de produto terminou a produção do produto anterior, ficando assim à espera do abastecimento do PC&L.

5.2.3. Outros desperdícios

Pela leitura do gráfico circular do WID (ver Figura 66), pode-se verificar que existem ainda 8% de atividade de valor não acrescentado. Sendo elas monitorização, mudanças de produtos, retrabalho e avarias.

Considerando que trabalham 32 pessoas na área de montagem final então, pode-se afirmar que 2,88 operárias gastam o seu tempo disponível a não acrescentar valor ao produto e sabendo que os custos diretos de uma operária são 0,66 €/minuto, então o custo a não acrescentar valor representam 868,67€ por dia, logo num ano representam 212823,07€ (ver Tabela 31).

Tabela 31 – Gastos com mão-de-obra em atividades de valor não acrescentado

	Monitorização (2%)	Mudanças (3%)	Retrabalho (2%)	Avarias (1%)	Total (8%)
Nº pessoas necessárias	0,72	0,03	0,72	0,36	2,88
Gasto com MDO (€/dia)	217,17	10,13	217,17	108,58	868,67
Gasto com MDO (€/mês)	4433,81	206,91	4433,81	2216,91	17735,26
Gasto com MDO (€/ano)	53205,77	2482,94	53205,77	26602,88	212823,07

O tempo disponível de trabalho dos dois turnos são 914 minutos por dia, então através da observação da Tabela 32, pode-se concluir que por ano são consumidos 17914,40 minutos a não acrescentar valor nestas atividades, o que representam 19,60 dias gastos num ano.

Tabela 32 – Tempo consumido em atividades de valor não acrescentado

	Monitorização (2%)	Mudanças (3%)	Retrabalho (2%)	Avarias (1%)	Total (8%)
Tempo Consumido (min/dia)	18,28	27,42	18,28	9,14	73,12
Tempo Consumido (min/mês)	373,22	559,83	373,22	186,61	1492,87
Tempo Consumido (min/ano)	4478,60	6717,90	4478,60	2239,30	17914,40
Dias consumidos por ano	4,90	7,35	4,90	2,45	19,60

5.2.4. Atividades de valor acrescentado (AVA) vs. atividades de valor não acrescentado (AVNA)

Fazendo agora uma comparação entre as atividades de valor acrescentado e as atividades de valor não acrescentado pode-se concluir pela observação da Tabela 33 que

22,32 operários utilizam o seu tempo disponível à acrescentar valor ao produto e que 13,68 gastam o seu tempo disponível a não acrescentar valor ao produto. Assim sendo, o custo a acrescentar valor representa 6732,16€ por dia, logo num ano representam 1649378,81€, enquanto o custo a não acrescentar valor ao produto representa 4126,16€ por dia e num ano tem um custo de 1010909,59€.

Tabela 33 – Gastos com mão-de-obra

	AVA (62%)	AVNA (38%)
Nº pessoas necessárias	22,32	13,68
Gasto com MDO (€/dia)	6732,16	4126,16
Gasto com MDO (€/mês)	137448,23	84242,47
Gasto com MDO (€/ano)	1649378,81	1010909,59

Através da observação da Tabela 34, pode-se concluir que por ano são consumidos 138836,60 minutos a acrescentar valor, sendo que estes representam 151,90 dias. Enquanto que o tempo consumido em atividades de valor não acrescentado representam 85093,40 minutos por ano correspondendo a 93,10 dias.

Tabela 34 – Tempo consumido

	AVA (62%)	AVNA (38%)
Tempo Consumido (min/dia)	566,68	347,32
Tempo Consumido (min/mês)	11569,72	7091,12
Tempo Consumindo (min/ano)	138836,60	85093,40
Dias consumidos por ano	151,90	93,10

5.2.5. Trabalho em processo

O trabalho em processo ou WIP (*work-in-process*) diz respeito ao número de produtos que já deram entrada no sistema produtivo mas sobre os quais ainda não estão concluídas todas as operações. Esta informação é muito importante, pois indica de forma clara, qual o custo diário que a empresa paga devido ao seu excesso de inventário.

Com a observação da Tabela 25 sabe-se que o custo que a empresa tem com o trabalho em curso de fabrico por ano representa 41076,04 €.

Sabe-se também que os processos onde existe maior custo com o trabalho em curso são os teste da Ford ECBP (18527,96€/ano) e na embalagem (12118,34 €/ano),

sendo que estes representam aproximadamente 74,6% $((18527,96+12118,34)/41076,04)$ do custo total que a empresa tem com a existência de inventário entre processos.

De forma a perceber quais as causas para a existência de elevado inventário, utilizou-se a mesma ferramenta descrita anteriormente (*Diagrama de Causa-Efeito ou de Diagrama de Ishikawa*), assim como para o diagrama da Figura 67, o diagrama da Figura 71 foi também aprovado pelos mesmos responsáveis da área de montagem final de antenas.

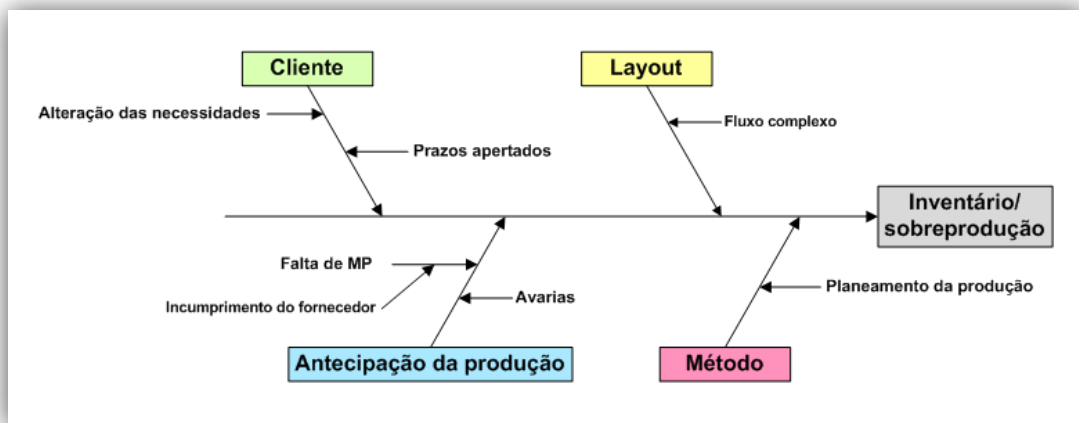


Figura 71 – Diagrama de causa-efeito relativo ao inventário e sobreprodução

O efeito do **cliente** no WIP pode ocorrer devido:

- **À alteração das necessidades** – o cliente envia as suas necessidades semanalmente (quantidades e tipo de embalagem), sendo que as pode atualizar diariamente. Sabendo que o plano de embalagens é mais instável do que o plano de produção, isto permite que o planeamento da produção esteja em constante alteração, obrigando a antecipações da produção e consequentemente aumento dos inventários intermédios de forma a combater as necessidades dos clientes.
- **Aos prazos apertados** – os clientes podem aumentar ou diminuir as suas necessidades diariamente, no caso de um aumento da quantidade, pode fazer com que se tenha de antecipar a produção por falta de capacidade, recursos entre outros, no caso de diminuir as necessidade e essa quantidade já tenha sido produzida ficará em inventário até que seja pedida novamente pelo cliente.

O efeito do **layout** no WIP pode estar relacionados com:

- **O fluxo complexo do sistema** – uma vez que em cada linha de montagem pode-se produzir vários produtos, assim como cada um destes produtos pode ser testado em máquinas de teste diferente. Isto faz com que a gestão entre a área de montagem e de teste seja muito complicada de gerir, quer a nível de tempos de processamento quer disponibilidade de equipamentos. Com inventários intermédios deixa de ser complicado essa gestão uma vez que pode-se produzir na montagem e depois estes produtos podem ficar em fila de espera até que a máquina de teste fique livre, só que os inventários ficam com um número elevado de produtos à espera que algo lhes aconteça tornando-se assim os custos de armazenamento maiores.

O efeito da **antecipação da produção** no WIP provém:

- **Da falta de matérias-primas** – os custos com inventários tendem a ser maiores devido ao incumprimento do fornecedor, uma vez que existe por vezes falta de matéria-prima para produção de determinada antena, o que obriga antecipar a produção de outras antenas que não são necessários para aquele instante, deixando depois estas em inventário para quando forem necessárias.
- **Das avarias** – uma outra causa para a produção antecipada é a ocorrência de alguma avaria, pois dependendo do tempo de avaria poderá provocar a alteração da produção.

Já o **método** pode estar relacionados com:

- **O planeamento da produção** – uma vez que é o chefe de linha que decide o que produzir em cada instante e com isso tem que gerir recursos, capacidades e materiais, faz com que a produção seja antecipada no caso de não existir recursos, capacidade ou materiais, o que implica mais inventário intermédio para que se consiga entregar atempadamente as encomendas aos clientes.

6. Propostas de melhoria

Neste capítulo serão propostas algumas soluções para as causas dos principais problemas identificados no capítulo anterior. O diagrama da Figura 72 identifica as propostas de melhoria com a sua dificuldade de resolução e o efeito que esta solução representa. Após uma primeira construção do diagrama, achou-se que este deveria ser aprovado pelos responsáveis desta área de montagem final de antenas. Assim sendo, foi apresentado este diagrama à empresa, onde após uma conversa este foi aprovado.



Símbolo	Propostas de melhoria
✘ P1	Alteração do Layout das antenas Ford ECBP – Hipótese célula 1
✘ P2	Alteração do Layout das antenas Ford ECBP – Hipótese célula 2
✘ P3	Embalagem na área de testes Zagg, T5 e AM-FM
✘ P4	Sistema de aviso de rampa cheia
✘ P5	Sequenciador nos postos de trabalho
✘ P6	Implementação de 5s no carrinho de apoio as mudanças de produto
✘ P7	Placar informativo da área de montagem final de antenas
✘ P8	Sistema de gestão visual nos inventários intermédios
✘ P9	Balanceamento das linhas de montagem Big, 2+2 e F01
✘ P10	Aproximação do posto de pré-montagem da linha F01

Figura 72 – Diagrama de propostas de melhoria

Devido ao tempo limitado para a realização desta dissertação, definiu-se que as propostas a realizar são aquelas que apresentam um maior efeito para área de montagem final de antenas, assim sendo as propostas de melhoria a realizar são: a alteração do *layout* das antenas Ford ECBP – Hipótese célula 1 e 2, embalagem na área de testes Zagg, T5 e AM-FM, sequenciador nos postos de trabalho e sistema de aviso de rampa cheia. Desta forma passa-se de seguida a apresentar cada uma destas mais detalhadamente.

6.1. Alteração de *Layout* das antenas Ford ECBP

Pela observação da Figura 59, sabe-se que 59% da produção total de antenas corresponde às antenas do tipo Ford ECBP e que são este tipo de antenas que representam 50% do volume total de vendas. Também se pode constatar pela análise do WID (ver Figura 66) que este tipo de antenas representa 60% (24704,96€/ano) do custo em inventário intermédio e 37,34% (104 291,56 €/ano) do custo com os transportes e movimentações. Assim sendo, pretende-se propor um *layout* mais orientado ao produto de forma a minimizar ou eliminar estes desperdícios.

Para a projeção de um novo *layout*, inicialmente será importante identificar quais são os produtos envolvidos. Como descrito anteriormente, existem dois tipos de formatos desta família de produtos, sendo elas a antena com cabo e sem cabo, como ilustra a Figura 73.



a) Antena Ford ECBP sem cabo



b) Antena Ford ECBP com cabo

Figura 73 – Tipos de antenas Ford ECBP

Torna-se importante também saber qual a sequência operatória envolvida na produção destas antenas, assim como os tempos de ciclo por postos de trabalho, a quantidade de postos e pessoas atualmente existentes e o tempo de mudança entre

produtos, como ilustra a Tabela 35. Note-se que todos os postos de trabalho são individuais.

Tabela 35 – Sequência operatória, tempos de ciclo e postos existentes da antena Ford ECBP

Sequência operatória	1. Montagem →		2. Teste →		3. Embalagem	
Tipos de produto	S/Cabo	C/Cabo	S/Cabo	C/Cabo	S/Cabo	C/Cabo
Tempos de ciclo (seg)	15	21	12	14,4	7	10
Nº de postos existentes	4		3		2	
Nº de pessoas	4		3		2	
Tempo de mudança (seg)	180		180		180	

6.1.1. Volume de produção

Para a projeção de um novo *layout*, será relevante saber qual o volume de produção. Assim sendo para o estudo de volume de produção foi considerado o volume diário para as dez semanas seguintes ao início do estudo, isto deve-se porque a produção para estas semanas encontra-se confirmada, uma vez que para as restantes semanas do ano, o volume de produção encontra-se baseado em previsões, sendo por isso valores mais incertos.

O gráfico da Figura 74 ilustra o volume de produção diário da semana 14 até à semana 24. Sendo que a produção média diária de antenas é de 9182 antenas, existindo porém um pico de produção na semana 23, onde a produção média diária é de 11 514 antenas.

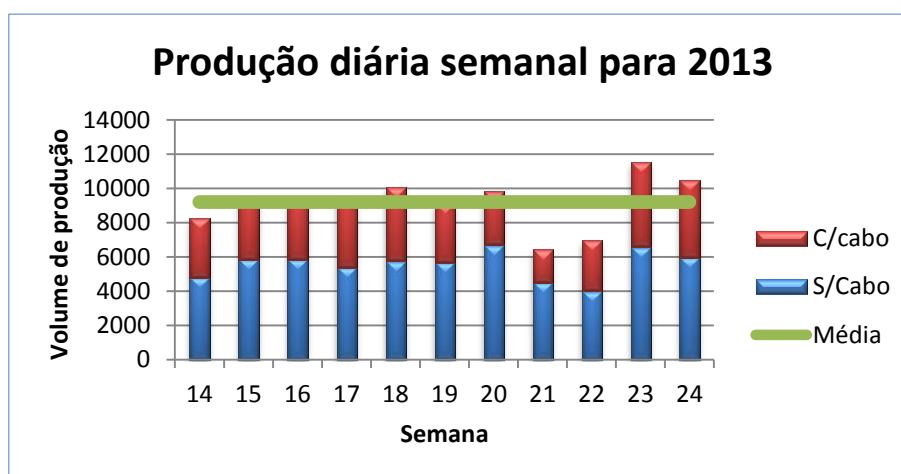


Figura 74 – Produção diária das semanas 14 à 24

Sabendo que a produção consiste na produção de antenas com e sem cabo, então torna-se necessário perceber qual a percentagem de produção entre elas.

Pela análise do gráfico da Figura 75 verifica-se que a percentagem de antenas sem cabo tem aumentado desde 2012, sendo que, para o ano em estudo (2013) a produção de antenas sem cabo representa 60% da produção e as antenas com cabo representam 40%. Já para o ano de 2014 a percentagem de antenas sem cabo aumentará para 65% e a produção das antenas com cabo diminuirá para 35%.

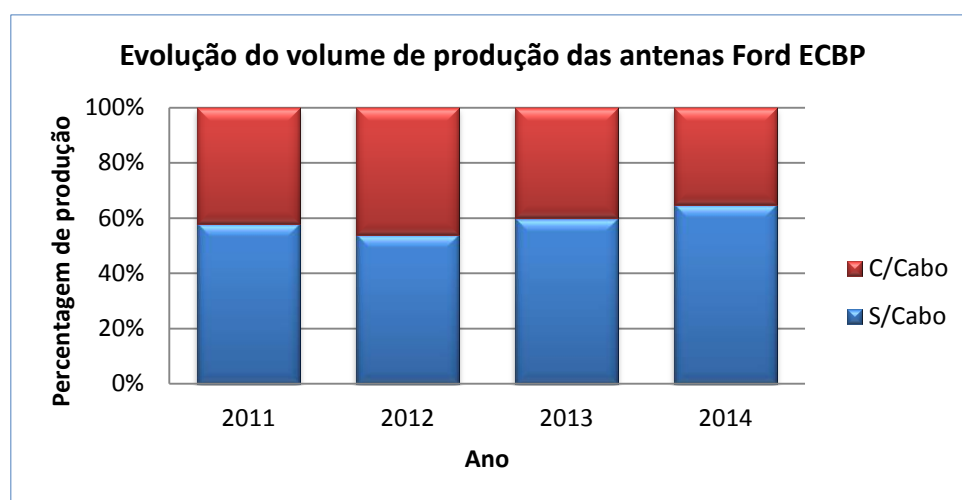


Figura 75 – Evolução do volume de produção das antenas Ford ECBP

Através deste resultado considerou-se que o tempo de ciclo global do sistema seria a média ponderada dos tempos de ciclo das antenas sem cabo e com cabo. O esquema da Figura 76 representa os tempos de ciclo global.

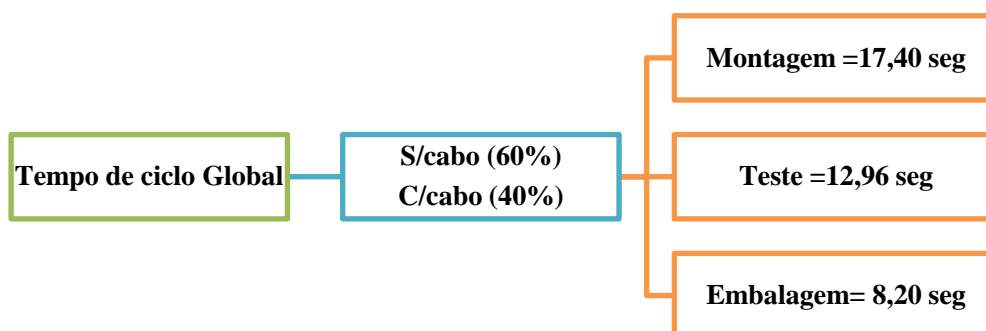


Figura 76 – Tempos de ciclo global

6.1.2. Definição do tempo disponível

O tempo disponível para cada tipo de operação foi retirado dos resultados do WID (ver Figura 66), ou seja, para cada posto de trabalho no WID encontra-se um gráfico circular que indica qual a taxa de utilização de mão-de-obra. Através dessas percentagens foi possível determinar qual o tempo que os recursos se encontram a acrescentar valor.

A Tabela 36 representa a taxa de utilização de mão-de-obra por posto de trabalho das antenas Ford ECBP.

Tabela 36 – Percentagem de utilização de mão-de-obra por posto de trabalho

	Montagem	Teste	Embalagem
Atividade de valor acrescentado	68%	52%	46%
Atividades de transporte e movimentação	24%	42%	51%
Outras atividades de valor não acrescentado	8%	6%	3%

Com isto pode-se mencionar que do tempo disponível de utilização de mão-de-obra que determinado recurso tem para efetuar qualquer atividade pode-se encontrar representado na Tabela 37. Note-se que o tempo disponível dos dois turnos é de 914 minutos.

Tabela 37 – Tempo de utilização de mão-de-obra por posto de trabalho

	Montagem	Teste	Embalagem
Tempo de utilização de mão-de-obra em atividades de valor acrescentado (min)	621,52	475,28	420,44
Tempo de utilização de mão-de-obra em atividades de transporte e movimentação (min)	219,36	383,88	466,14
Tempo de utilização de mão-de-obra em outras atividades de valor não acrescentado (min)	73,12	54,84	27,42

6.1.3. Estado inicial

Atualmente todas as antenas produzidas nos postos de montagem são transportadas pelos próprios operadores para um inventário intermédio, onde, em média, contém 9082 antenas. Posteriormente quando necessárias os operadores dos testes deslocam-se até esse mesmo inventário intermédio e transportam para as suas rampas de abastecimento as antenas que irão iniciar os testes. De seguida, as antenas são testadas e

transportadas até ao inventário intermédio dos postos de embalagem. Este inventário em média possui 1479 antenas. Por fim, os operários das embalagens deslocam-se até ao inventário intermédio e transportam para o seu posto as antenas que se encontravam em fila de espera, sendo por fim embaladas. Este processo encontra-se esquematizado na Tabela 38.

Tabela 38 – Estado inicial

	Montagem
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=17,40 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado=68%×914=621,52 min • $Output = \frac{621,52 \times 60}{17,40} \times 4 = 8\ 572$ antenas
	Teste
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=12,96 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado=52%×914=475,28 min • $Output = \frac{475,28 \times 60}{12,96} \times 3 = 6\ 601$ antenas
	Embalagem
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=8,40 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado=46%×914=420,44 min • $Output = \frac{420,44 \times 60}{8,20} \times 2 = 6\ 152$ antenas
Quantidade Produto Acabado = 6 152 antenas/dia	

Pela observação da Tabela 38 pode-se verificar que atualmente a capacidade efetiva do sistema corresponde a 6 152 antenas por dia, contabilizando os desperdícios existentes.

Considerando que a procura média diária é de 9182 antenas e o tempo disponível para produzir são 914 minutos então atualmente o *takt time* é de 5,97

segundos. O gráfico da Figura 77 representa os tempos de ciclo para uma antena considerando o número de postos de trabalho iniciais.

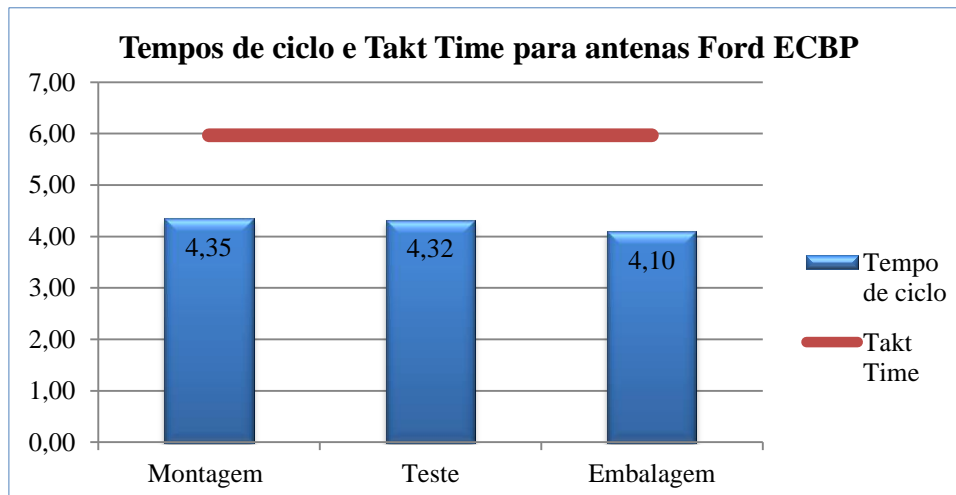


Figura 77 – Tempos de ciclo e *takt time* para as antenas Ford ECBP

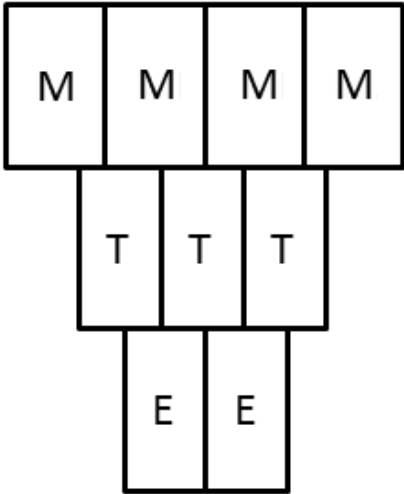
Como se pode verifica pelo gráfico da Figura 77, uma antena é produzida em 4,35 segundos, sendo que a frequência com que o cliente pede uma antena é de 5,97 segundos. Com isto, pode-se afirmar que a capacidade teórica do sistema seria de 12606 antenas por dia ($914 \times 60 / 4,35$).

6.1.4. Proposta de *layout* em célula – hipótese 1

Com a proposta de um novo *layout* pretende-se eliminar todas as movimentações e transportes existentes no estado inicial, bem como os inventários intermédios, como ilustra a Tabela 39.

Para isso, definiu-se que os postos de trabalho do estado inicial seriam os mesmos bem como os tempos de ciclo. Desta forma considerou-se que o tempo de utilização de mão-de-obra despendido nos transportes e movimentações será com este novo *layout*, tempo a acrescentar valor ao produto. Com isto ter-se-á um aumento de capacidade de 5 446 (11598-6152) antenas por dia em relação ao estado inicial, como representa a Tabela 39.

Tabela 39 – Estado futuro

	Montagem
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=17,40 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado= (68%+24%)×914 =840,88 min • $Output = \frac{840,88 \times 60}{17,40} \times 4 = 11\ 598$ antenas
	Teste
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=12,96 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado= (52%+42%)×914= 859,16 min • $Output = \frac{859,16 \times 60}{12,96} \times 3 = 11\ 932$ antenas
	Embalagem
	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo disponível por dia=914 min • Tempo Ciclo=8,40 seg • Tempo utilização mão-de-obra em atividades de valor acrescentado= (46%+51%)×914= 886,58 min • $Output = \frac{886,58 \times 60}{8,20} \times 2 = 12\ 974$ antenas
Quantidade Produto Acabado = 11 598 antenas/dia	

a) Implantação

Para definir a implantação é necessário dispor as máquinas de acordo com a sua sequência operatória, alocar as tarefas aos colaboradores, formar os postos de trabalho de modo a eliminar os transportes de materiais e as movimentações, bem como definir o modo de deslocação das antenas entre postos de trabalho.

A sequência operatória, as tarefas alocadas a cada posto de trabalho e a forma como as antenas se vão deslocando ao longo do processo produtivo será a mesma do estado inicial (ver Tabela 35), ou seja, as antenas serão colocadas em tabuleiros e o seu modo de deslocação efetuar-se-á através de rampas inclinadas. Optou-se por manter este sistema, uma vez que, após uma conversação com o responsável da qualidade do produto e do processo, onde se verificou que o risco das antenas serem enviadas uma a uma (*one-piece-flow*) para o posto seguinte através de rampas deslizantes seria um risco

muito elevado, uma vez que existiria a possibilidade de se juntar nas rampas algum número de antenas em espera, o que potenciava que ao introduzir uma antena na rampa esta chocasse com outra que já se encontrava na rampa, o que poderia originar antenas e cabos danificadas.

Assim sendo, um possível *layout* que possui estas características encontra-se representado na Figura 78.

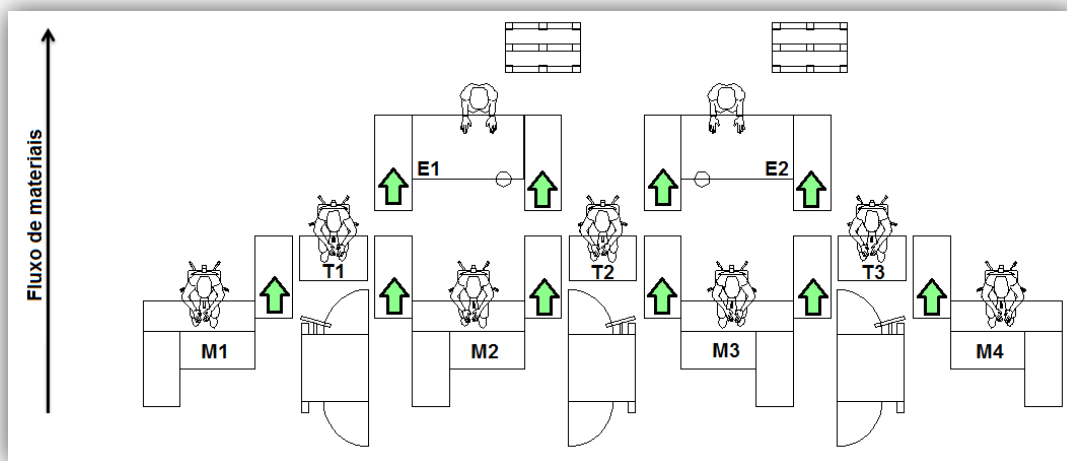


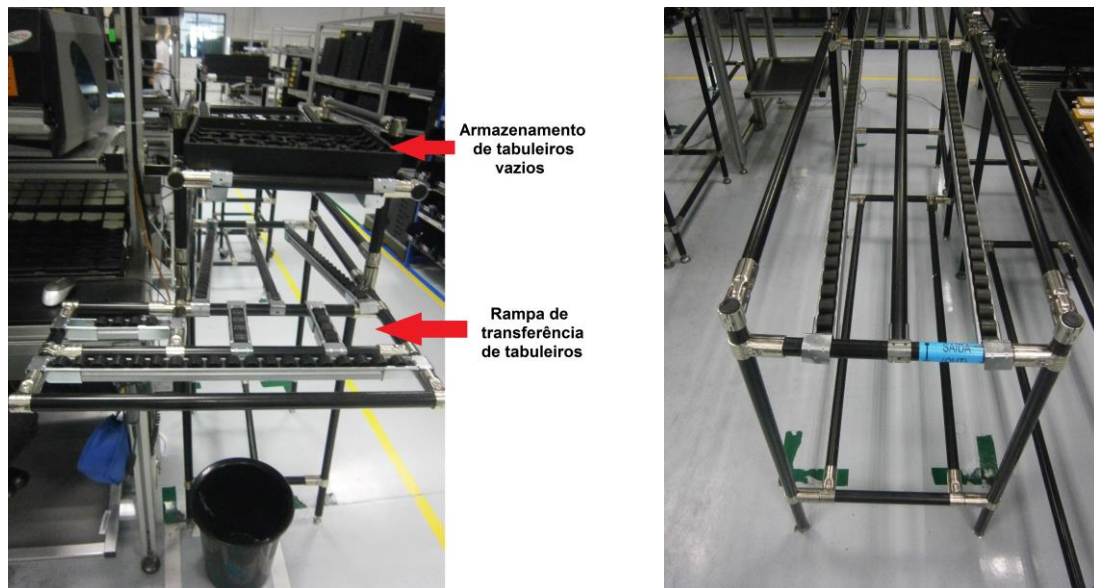
Figura 78 – *Layout em célula – hipótese 1*

Como o sistema de abastecimento entre postos de trabalho é efetuado através de rampas inclinadas e dado que os postos de trabalho possuem alturas diferentes, então torna-se necessário saber qual a inclinação das rampas de abastecimento assim como verificar se existe a necessidade de alterar a altura dos postos de trabalho. A Tabela 40 apresenta as alturas iniciais dos postos de trabalho.

Tabela 40 – *Altura inicial dos postos de trabalho*

Posto de trabalho	Altura (cm)
Montagem	96
Teste	88
Embalagem	89

Visto que já existem rampas de saída em cada um dos postos e que a sua inclinação é de 6 centímetros, então definiu que seriam reutilizadas essas mesmas rampas para o *layout* proposto de forma a reduzir custos e reutilizar material. A Figura 79 representa as rampas existentes e que serão utilizadas.



a) Rampa de abastecimento da montagem para os testes

b) Rampa de abastecimento dos testes para embalagem

Figura 79 – Rampas de abastecimento entre processos

Assim sendo, a Figura 80 representa a vista de lado do *layout* proposto, onde indica as alturas que com esta proposta passará a ter os postos de trabalho.

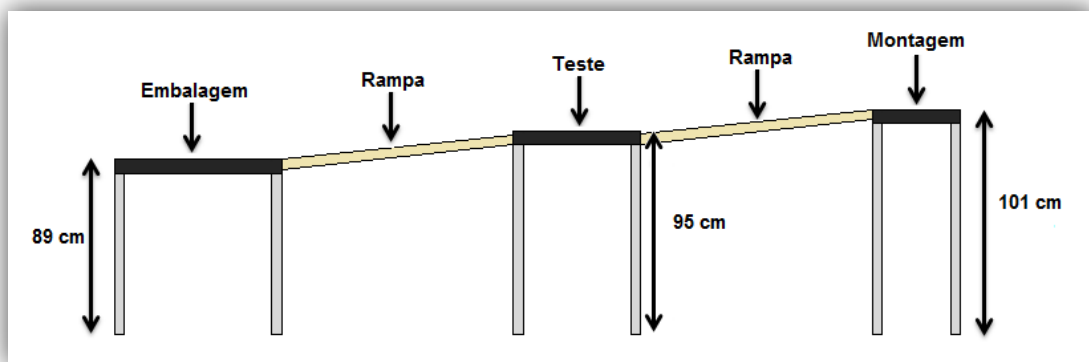


Figura 80 – Dimensionamento da altura dos postos de trabalho

Para o *layout* representado na Figura 78 não existe a necessidade de adquirir novos equipamentos uma vez que serão aproveitados os equipamentos existentes na empresa, contudo existe a necessidade de reajustar alguns postos de trabalho, nomeadamente aumentar as bancadas da montagem (M) para que as placas PCB possam ser abastecida por uma rampa de abastecimento como atualmente acontece para as cover.

Terão também que ser alteradas as bancadas de embalagem, sendo esta reduzida o seu comprimento de forma a ficar com as mesmas dimensões das bancadas de montagem.

b) Funcionamento da célula

Relativamente ao modo de funcionamento, este *layout* deve iniciar a produção sempre com nove operários, obrigatoriamente e deve ser desligado quando atingir a produção prevista para determinado dia, mesmo que este trabalhe menos tempo que o disponível (dois turnos).

Devido a disposição do *layout* e ao número de postos entre processos serem diferentes, definiu-se que o posto de montagem M1 e M4 abastecem na sua totalidade o teste T1 e T3, sabendo que a capacidade de um teste é superior à capacidade de um posto de montagem, então definiu-se que os postos de montagem M2 e M3 irão abastecer 33,3% da sua produção ao teste T1 e T3, sendo que a restante produção será fornecida para o posto de teste T2, por exemplo, por cada tabuleiro produzido na montagem M2 e enviado para o testes T1, de seguida este posto de montagem tem que produzir o dobro dos tabuleiros para enviar para o teste T2. Já o Teste T1 e T3 abastecem na sua totalidade a embalagem E1 e E2, sendo que o teste T2 abastece metade da sua produção para a embalagem E1 e E2, como ilustra a Figura 81.

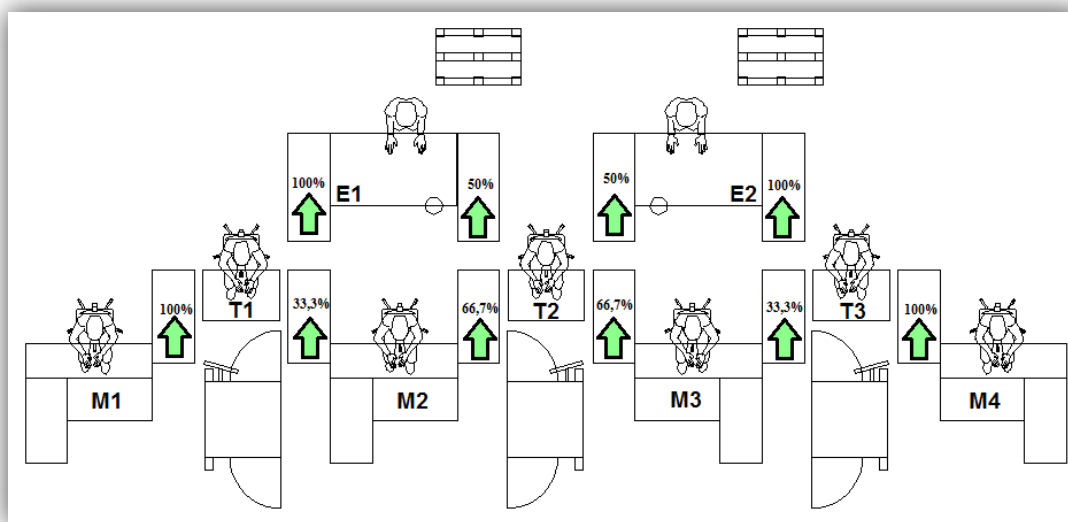


Figura 81 – Distribuição da produção pelos postos de trabalho

Neste *layout* também só se produz uma única referência de cada vez alternando a produção de antenas com e sem cabo, com isto, para a realização dos testes, é

necessário sempre a existência de três bases iguais. Atualmente existem 3 bases que testam qualquer antena sem cabo, sendo esta designada por *nest 1*. Para o teste das antenas com cabo existem 3 bases designadas *nest 3* e 2 bases *nest 10*, logo será necessário a compra de uma base deste tipo, pois as antenas que necessitam desta base correspondem a 82% da produção total de antenas com cabo. Também existem mais duas bases para o teste de antenas com cabo designada de *nest 12* e outra *nest 15*, estas bases são destinadas a três antenas, sendo que a sua produção corresponde a 0,55% e a 1,19%, respetivamente, da produção de antenas com cabo, dado este valor baixo de produção, optou-se por não adquirir mais duas bases de cada tipo, devido à sua baixa produção.

Considerando a produção média diária de 537 tabuleiros, a percentagem de produção de antenas com cabo (40%) e sem cabo (60%) e a capacidade dos tabuleiros, temos que (ver Tabela 41):

Tabela 41 – Funcionamento do layout

	Antenas Sem cabo (60%)			Antenas Com cabo (40%)		
Qtd. a produzir	60%×9182=5509			40%×9182=3673		
Nº de antenas em cada tabuleiro	24			12		
Qtd. de tabuleiros a produzir	230			307		
	Montagem	Teste	Embalagem	Montagem	Teste	Embalagem
Tempo disponível (min)	840,88	859,16	886,58	840,88	859,16	886,58
Nº Postos	4	3	2	4	3	
Tempo ciclo (seg)	15	12	7	21	14,4	10
Tempo de produção (min)	$\frac{230 \times (24 \times 15)}{4} = 345$	$\frac{230 \times (24 \times 12)}{3} = 368$	$\frac{230 \times (24 \times 7)}{2} = 322$	$\frac{307 \times (12 \times 21)}{4} = 322,35$	$\frac{307 \times (12 \times 14,4)}{3} = 294,72$	$\frac{307 \times (12 \times 10)}{2} = 307$
Tempo de espera (min)		O teste não espera pela montagem, tem que trabalhar a mais 23 minutos	A embalagem espera 46 minutos pelos testes		O teste espera pela montagem 27,63 minutos	A embalagem não espera pelos testes, tem que trabalhar a mais 12,28 minutos

Como referido anteriormente, o *layout* proposto produz alternadamente antenas sem e com cabo, fazendo com que os tempos de espera sejam reduzidos, através da existência de algum trabalho em curso e dos tempos de ciclo das antenas entre postos. O gráfico da Figura 82 ilustra isso mesmo.

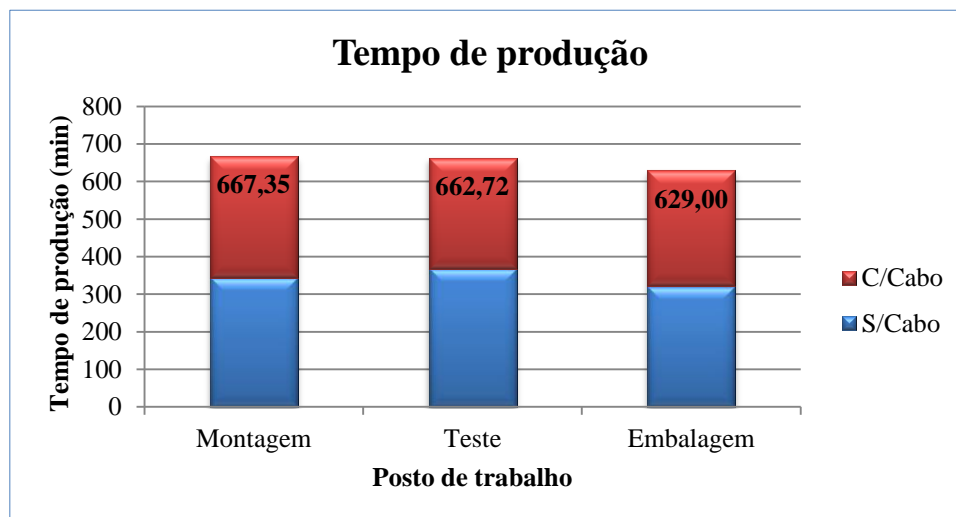


Figura 82 – Tempo de produção do *layout* proposto

Pela observação do gráfico da Figura 82, pode-se verificar que no final dos 667,35 minutos de produção, e considerando a produção alternada de antenas sem e com cabo, o tempo que os testes esperam pela montagem no total representa 4,63 minutos ($667,35 - 662,72$), já a embalagem espera 33,72 ($662,72 - 629,00$) minutos pelos testes.

Com este *layout* as perdas são mínimas para os postos de montagem e teste. Os postos de embalagem têm uma perda de 33,72 comparativamente com os restantes postos. De forma a minimizar este tempo de espera, este posto pode ficar, ainda, com tarefas de substituir alguma colaboradora que se ausente, transportar as paletes até a zona de paletização, ajudar na troca de bases dos sistemas de testes, entre outras tarefas.

Para se poder verificar mais facilmente o impacto provocado pela proposta deste novo *layout*, foi desenvolvido um modelo, no software *ARENA* (software de simulação) correspondente ao funcionamento do *layout* proposto, como mostra o Anexo E.

Pela observação da Tabela 64 do Anexo E pode-se prever que o tempo gasto para a produção de 537 tabuleiros é de 693 minutos, sendo que no fim deste tempo

todos os recursos ficam livres, porém os três sistemas de testes ficam livres aos 690 minutos para a produção de outros tipos de antenas.

c) Criação do programa de rotatividade

A falta de flexibilidade, inerente à falta de polivalência e consequente inexistência de rotatividade, faz com que o trabalho se torne mais monótono e desinteressante. Desta forma sugeriu-se a criação de um programa de rotatividade.

Com o programa de rotatividade pretende-se:

- Quebrar a monotonia de trabalho, uma vez que a avaliação referente ao conteúdo de trabalho considera que o trabalhador executa apenas uma parte da entidade de trabalho;
- Tornar os operários polivalentes;
- Evitar a paragem da produção, para que um trabalhador possa ser substituído por outro.

A Tabela 42 representa o programa de rotatividade de postos de trabalho.

Tabela 42 – Programa de rotatividade

	Início	1ª Rotação	2ª Rotação	3ª Rotação
Turno 1	6h – 8h10	8h23 – 11h	11h30 – 12h45	12h45 – 14h30
Turno 2	14h30 – 17h	17h10 – 19h25	19h55 – 21h20	21h28 – 23h
Operador 1	M1	T1	E1	M1
Operador 2	M2	T2	E2	M2
Operador 3	M3	T3	M3	E1
Operador 4	M4	E1	T1	M4
Operador 5	T1	E2	M2	T1
Operador 6	T2	M1	M1	E2
Operador 7	T3	M2	M2	T3
Operador 8	E1	M3	T2	M3
Operador 9	E2	M4	T3	T2

Na elaboração deste programa de rotatividade considerou-se que se deve intercalar sempre todos os operadores de postos ao qual já estão habituados para um posto que desconhecem. Deste modo a aprendizagem de novas competências é simplificada e progressiva. Porém existe sempre um operário que durante um turno só

executará dois tipos de operação, de forma a evitar que seja sempre a mesma pessoa, é definido que para o primeiro dia da implementação da rotatividade de postos, se inicie como ilustra a Tabela 42, no dia 2 o operário 1, passa a fazer o programa de rotatividade do operário 2, o operário 2 passa a fazer o programa de rotatividade do operário 3 e assim sucessivamente.

Este programa de rotatividade não é estático, o que significa que à medida que os operadores vão aprendendo novas competências se poderá alterar os postos por onde têm de rodar. Como para aprender a trabalhar num novo posto é necessário um período de adaptação e aprendizagem até se poder considerar que o operador já está num nível elevado de competências, esta alteração do programa não seria algo imediato.

d) Planeamento e controlo de produção

Com esta proposta de *layout* o planeamento da produção continuará a ser realizado pelo PC&L e enviado para o chefe de linha com um horizonte de 6 dias, sendo que para este caso específico as ordens de produção serão dadas através do plano de embalagem, uma vez que as antenas produzidas são imediatamente embaladas e que com a variação das encomendas as embalagens variam.

Em termos de abastecimento da linha, continuará a realizar-se de forma igual ao estado inicial, ou seja, é o chefe de linha que indica ao PC&L o que vai produzir e as respetivas quantidades, por sua vez o PC&L abastece a célula.

e) Cálculo de Capacidade dos testes T5 e AM-FM

Como mencionado no capítulo b) existem cinco equipamentos de testes, sendo alimentados estes por três sistemas de teste, isto é, em simultâneo só podem estar a funcionar três equipamentos de testes. Tendo em consideração o *layout* proposto, existe a necessidade de averiguar se existe a capacidade de com o restante tempo disponível 169,16 minutos (859,16-690) se consegue testar as antenas do teste T5 e AM-FM. Para isso é necessário saber quanto tempo por dia em média é preciso os alimentadores de teste para estes dois testes. A Tabela 43 mostra isso mesmo.

Tabela 43 – Tempo necessário para teste

	T5	AM-FM
Tempo médio de funcionamento (min)	443,36	71,16
Tempo disponível (min)	169,16	169,16
Tempo em falta (min)	274,20	0

Pela observação da Tabela 43 pode-se verificar que o tempo necessário para testar as antenas do teste AM-FM é o suficiente, já para o teste T5 isso não se verifica, pois é consumido o tempo disponível (169,16 minutos) e falta ainda um tempo de 274,20 minutos. Com isto, uma proposta para colmatar esta falta de tempo, seria a contratação de uma pessoa para o turno da noite, onde podia testar o restante do tempo (274,20 minutos), o que corresponderia a um custo de 44338,14€/ano ($0,66 \times 274,20 \times 245$).

Este custo no estado inicial já se verifica quando não existe capacidade nos sistemas de testes, além do mais com esta proposta de *layout* os sistemas de testes não são utilizados na sua capacidade máxima uma vez que no final da produção das antenas Ford ECBP, uma máquina de teste ficará parada até ao final do turno (169,16 min), a máquina que testará as antenas da T5 ficará sempre utilizada até ao final do turno e a máquina que testará as antenas da AM-FM só estará utilizada uma parte do tempo disponível (98 min), daí a necessidade de se trabalhar durante o turno da noite.

f) Análise Custo – Benefício

A metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB) constitui uma ferramenta importante de apoio aos processos de tomada de decisão, em especial em projetos de grande volume e complexidade. A Análise custo-benefício consiste na comparação entre todos os *custos* e todos os benefícios, de cada investimento. Um investimento pode ser considerado recomendado quando: *benefícios* > *custos*.

Assim sendo, e com o intuito de verificar a viabilidade desta proposta de melhoria sugerida, passa-se em seguida à realização de uma análise de custo-benefício.

A Tabela 44 ilustra os custos e os benefícios advindos com a solução proposta.

Tabela 44 – Análise custo-benefício

	Custo	Benefício
Descrição	Orçamento	
Alteração das bancadas de montagem	96€ (4 bancadas×2 horas×12€)	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação do WIP: 24274,52€/ano (24704,96-430,44) (ver Anexo E) • Aumento do <i>Output</i> diário em 5 445 antenas • Redução do espaço ocupado em 31% (25,8m²) o que representa uma poupança de 2577€/ano em espaço • Eliminação dos transportes e movimentações em 104 291,56 €/ano • Redução do tempo de atravessamento de 765,67 minutos para 15,30 minutos (ver Anexo E) • Aumento do rácio de valor acrescentado de 0,028% para 1,39% (ver Anexo E) • Eficiência =98,49% (ver Anexo E) • Melhor organização • Maior polivalência
Alteração das bancadas de embalagem	48€ (2 bancadas×2 horas×12€)	
Alteração do <i>Layout</i>	7 680€	
Aquisição de uma base de teste nest 10	8 641€	
Total	16465€	

Viabilidade da Proposta Apresentada

Uma vez que os operadores não irão efetuar nenhuma deslocação durante todo o processo de produção e devido à disposição do *layout* proposto os custos associados ao trabalho entre processos serão também eliminados, bem como a redução de espaço ocupado. Com isto verifica-se um aumento do *output* com a utilização dos mesmos recursos comparativamente ao estado inicial.

Com os lucros gerados por essa diminuição de custos, a empresa andará a amortizar o investimento (16 465 €) durante 2 meses, aproximadamente. Mas após a conclusão da amortização desse investimento, tudo o que é produzido a mais é considerado lucro para a empresa.

O mercado do ramo automóvel é um mercado onde existem atualmente bastantes flutuações na procura, devido essencialmente a uma crise a nível mundial. Desta forma os seus fornecedores como é o caso da *Delphi* também são contagiados de forma idêntica com essas variações na procura. Como era esperado, a procura deste tipo de antenas, como ilustra a Figura 74, também varia constantemente de semana para

semana. Com isto, e uma vez que este *layout* só terá o seu máximo rendimento trabalhando sempre com todos os postos de trabalho ocupados (9 pessoas), faz com que ele se torne pouco flexível a essas mesmas variações. Tornando-se desvantajoso uma vez que a empresa terá que possuir sempre nove operários para cada um dos turnos, quer produza muitas antenas, quer produza poucas antenas, tornando-se um custo adicional, pois no final da produção ficarão nove pessoas que poderão ser ou não alocadas a outras tarefas na empresa.

Com isto, desenvolveu um novo *layout* em célula, de forma a colmatar esta desvantagem encontrada, e mantendo como princípios a eliminação de transportes, movimentações e trabalho em curso. Esta nova proposta encontra-se descrita no próximo capítulo.

6.1.5. Proposta de *layout* em célula – hipótese 2

Devido há existência de flutuações no mercado, foi proposto um outro *layout* alternativo, nomeadamente um *layout* constituído por célula de produção individuais como representa a Figura 83.

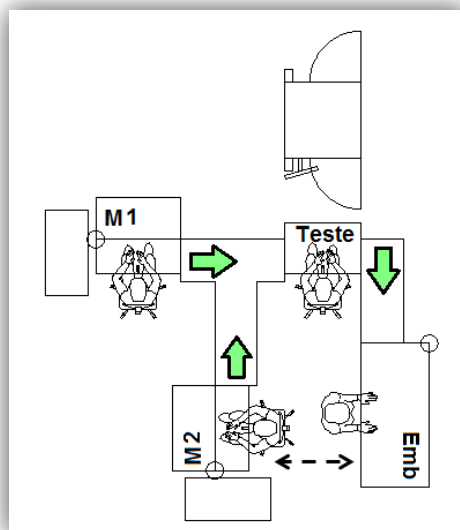


Figura 83 – *Layout* de uma célula

Este *layout* é composto por três pessoas, uma pessoa na montagem 1, uma no teste e uma outra a fazer a montagem 2 alternado com a embalagem.

Sendo que a produção máxima desta célula é igual à capacidade máxima da máquina de teste, como ilustra a Figura 122 do Anexo F. Com isto sabe-se que o tempo disponível de utilização de mão-de-obra no teste a acrescentar valor ao produto corresponde a 859,16 minutos (ver Tabela 39) e que o tempo de ciclo no teste é de 12,96 seg (ver a Figura 76) então a capacidade máxima de um teste é de aproximadamente 3977 antenas por dia. Logo, serão necessárias 3 células iguais às da Figura 83 de forma a conseguir, pelo menos, produzir 9182 antenas por dia.

a) Implantação

Assim como no primeiro *layout*, também este foi dimensionado tendo em conta a forma de eliminar os transportes de materiais, as movimentações e o trabalho entre processos. Também foi tido em conta a forma como as antenas se deslocam ao longo do processo produtivo. Pelos mesmos motivos referenciado anteriormente, o risco de danificação das antenas são elevados com o fluxo peça-a-peça (*one-piece-flow*), assim optou-se por manter o sistema que atualmente a empresa adota, isto é, o envio de antenas em tabuleiros apropriados através de rampas inclinadas. Visto que já existem rampas de saída em cada um dos postos e que a sua inclinação é de 6 centímetros. Então definiu-se que seriam reutilizadas essas mesmas rampas para o *layout* proposto de forma a reduzir custos e reutilizar material. Com isto a Figura 80 representa a vista de lado do *layout* proposto – hipótese 1 assim como do *layout* proposto – hipótese 2, onde indica as alturas que com esta proposta passará a ter os postos de trabalho.

Neste *layout* proposto não é necessário o reajusto de nenhum posto de trabalho, mas existe a necessidade de adquirir mais duas bancadas de montagem e uma bancada de embalagem, não sendo necessário a compra de bases para os testes, uma vez que a produção nos testes será sempre diferente entre células.

b) Funcionamento da célula

Para o início da produção e consoante o valor de produção ativa-se uma ou duas ou as três células em simultâneo, sendo que cada uma é constituída obrigatoriamente por três pessoas. Note-se que uma célula só pode produzir uma referência de cada vez, mas no caso de estar mais do que uma célula ligada estas podem estar a produzir diferentes referências entre si.

Como referido anteriormente, a capacidade máxima de uma célula é limitada pela capacidade do teste, e tendo em consideração o sistema de abastecimento e a percentagem de produção de antenas com e sem cabo, então o sistema de teste tem capacidade de produzir 231 tabuleiros por dia (dois turnos), ao que corresponde a 3960 antenas, como ilustra a Tabela 45. Esta redução de 17 antenas na capacidade da célula deve-se ao facto de que para cumprir o tempo disponível da máquina de teste e para a produção de tabuleiros completos, esta não permite a produção de mais 17 antenas, pois isso faria com que o posto de teste trabalhasse mais do que está disponível. Com isto, esta proposta de *layout* representa um aumento de capacidade de 5728 antenas em relação ao estado inicial e um aumento de capacidade de 282 antenas em relação ao *layout* 1.

Tabela 45 – Funcionamento do *layout* em célula

	Antenas Sem cabo (60%)			Antenas Com cabo (40%)		
Qtd. a produzir	60%×3960=2386			40%×3960=1591		
Nº de antenas em cada tabuleiro	24			12		
Qtd. de tabuleiros possíveis a produzir	99			132		
	Montagem	Teste	Embalagem	Montagem	Teste	Embalagem
Tempo disponível (min)	840,88	859,16	886,58	840,88	859,16	886,58
Nº Postos	1,3666	1	0,6334	1,3666	1	0,6334
Tempo ciclo (seg)	15	12	7	21	14,4	10
Tempo de produção (min)	$\frac{99 \times (24 \times 15)}{60} = \frac{3597}{60} = 59,95$ = 434,66	$\frac{99 \times (24 \times 12)}{60} = \frac{2872}{60} = 47,87$ = 475,20	$\frac{99 \times (24 \times 7)}{60} = \frac{1616}{60} = 26,93$ = 437,64	$\frac{132 \times (12 \times 21)}{60} = \frac{3326}{60} = 55,43$ = 405,68	$\frac{132 \times (12 \times 14,4)}{60} = \frac{2872}{60} = 47,87$ = 380,16	$\frac{132 \times (12 \times 10)}{60} = \frac{1980}{60} = 33$ = 416,80
Tempo de espera (min)		O teste não espera pela montagem, tem que trabalhar mais 40,54 minutos	A embalagem espera 37,56 minutos pelos testes		O teste espera pela montagem 25,52 minutos	A embalagem não espera pelos testes, tem que trabalhar mais 36,64 minutos

Assim como na hipótese 1, este igualmente produz alternadamente antenas sem e com cabo, fazendo com que os tempos de espera sejam reduzidos, através da existência de algum trabalho em curso e dos tempos de ciclo das antenas entre postos. O gráfico da Figura 84 ilustra isso mesmo.

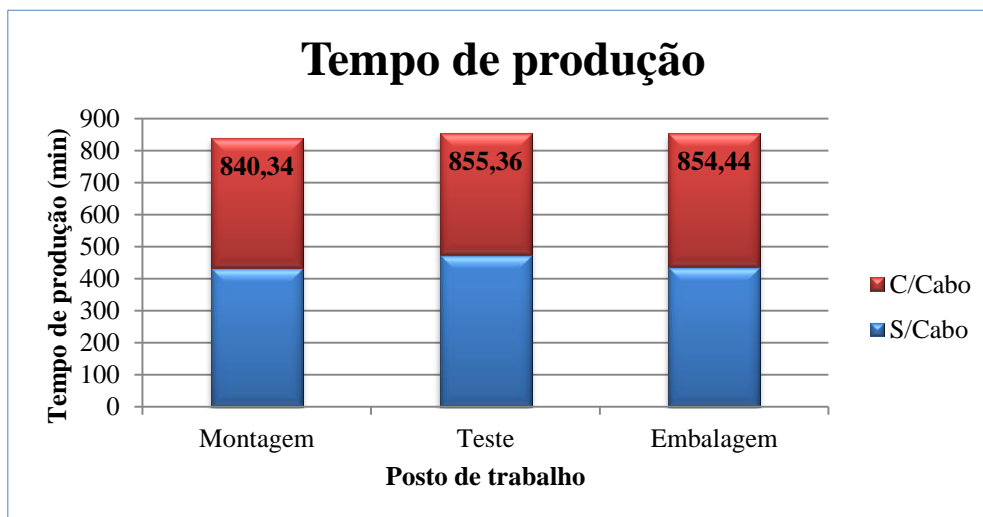


Figura 84 – Tempo de produção do *layout* em célula

Pela observação do gráfico da Figura 84, pode-se verificar que no final da produção o teste tem que trabalhar mais 15,02 minutos aproximadamente do que na montagem e a embalagem tem que esperar 0,92 minutos aproximadamente pelo teste.

Para se poder verificar mais facilmente o impacto provocado pela proposta deste novo *layout*, assim como no primeiro caso, foi desenvolvido um modelo, no *software ARENA* (software de simulação) correspondente ao funcionamento do *layout* proposto (ver Anexo F). Pela observação da Tabela 68 do Anexo F pode-se prever que o tempo gasto para a produção de 231 tabuleiros é de 866 minutos, sendo que o posto de embalagem fica com 20,58 minutos de sobra que podem ser utilizados para a paletização.

Sabendo que é necessário produzir 537 tabuleiros por dia para satisfazer a procura média, então para além das duas células estarem sempre ligadas aos dois turnos, fica a faltar produzir 75 tabuleiros na terceira célula. Sendo que, destes 75 tabuleiros, 43 ($307 - 132 \times 2$) representam tabuleiros de antenas com cabo e 32 ($230 - 99 \times 2$) tabuleiros representam antenas sem cabo, como ilustra a Tabela 46.

Tabela 46 – Funcionamento da restante produção

	Antenas Sem cabo (60%)			Antenas Com cabo (40%)		
Qtd. de tabuleiros a produzir	32			43		
Nº de antenas em cada tabuleiro	24			12		
	Montagem	Teste	Embalagem	Montagem	Teste	Embalagem
Tempo disponível (min)	840,88	859,16	886,58	840,88	859,16	886,58
Nº Postos	1,3666	1	0,6334	1,3666	1	0,6334
Tempo ciclo (seg)	15	12	7	21	14,4	10
Tempo de produção (min)	$\frac{32 \times (24 \times 15)}{1,3666} = 140,49$	$\frac{32 \times (24 \times 12)}{1} = 153,60$	$\frac{32 \times (24 \times 7)}{0,6334} = 141,46$	$\frac{43 \times (12 \times 21)}{1,3666} = 132,15$	$\frac{43 \times (12 \times 14,4)}{1} = 123,84$	$\frac{43 \times (12 \times 10)}{0,6334} = 135,78$
Tempo de espera (min)		O teste não espera pela montagem, tem que trabalhar mais 13,11 minutos	A embalagem espera 12,14 minutos pelos testes		O teste espera pela montagem 8,31 minutos	A embalagem não espera pelos testes, tem que trabalhar mais 11,94 minutos

Como referido anteriormente, este *layout* produz alternadamente antenas sem e com cabo, fazendo com que os tempos de espera sejam reduzidos, através da existência de algum trabalho em curso e dos tempos de ciclo das antenas entre postos. O gráfico da Figura 85 ilustra isso mesmo.

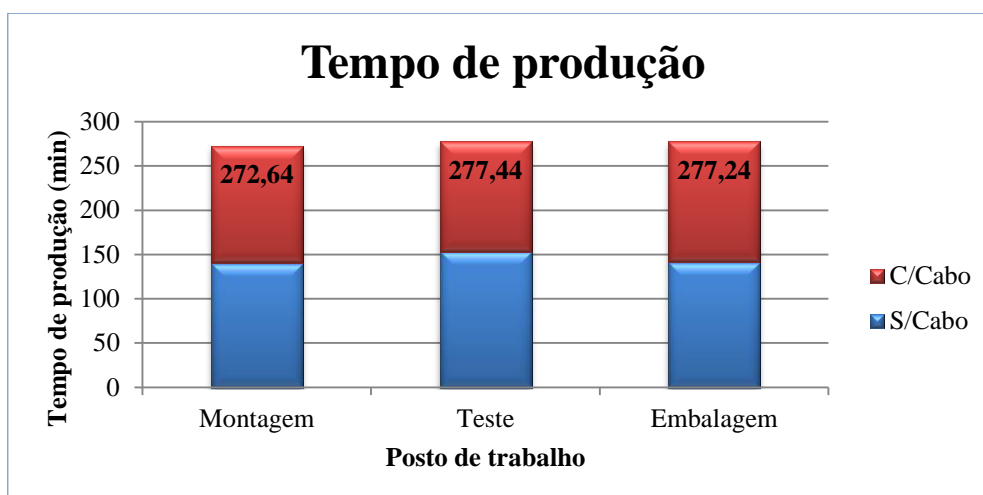


Figura 85 – Tempo de produção da restante produção

Pela observação do gráfico da Figura 85, pode-se verificar que no final da produção o posto de teste não espera pela montagem, já na embalagem não se verifica a mesma situação, pois a embalagens tem que esperar 0,2 minutos pelo teste.

Para se poder verificar o impacto provocado pela produção destes 75 tabuleiros, assim como no primeiro caso, foi utilizado o *software ARENA* (*software* de simulação) correspondente ao funcionamento desta produção (ver Anexo G). Pela observação da Tabela 70 do Anexo G pode-se prever que o tempo gasto para a produção de 75 tabuleiros é de 291 minutos. E que o teste fica com o sistema livre aos 286 minutos para a produção de outros tipos de antenas.

c) Criação do programa de rotatividade

Como referido anteriormente, a rotatividade nos postos de trabalho permite quebrar a monotonia dos trabalhos repetitivos, torna as pessoas polivalentes e reduz a fadiga e problemas musco-esqueléticos devido a diversificação das operações.

Desta forma, a Tabela 47 representa o programa de rotatividade de postos para uma célula de trabalho, sendo que às restantes duas células aplica-se o mesmo programa.

Tabela 47 – Programa de rotatividade para célula de produção

	Início	1ª Rotação	2ª Rotação	3ª Rotação
Turno 1	6h – 8h10	8h23 – 11h	11h30 – 12h45	12h45 – 14h30
Turno 2	14h30 – 17h	17h10 – 19h25	19h55 – 21h20	21h28 – 23h
Operador 1	M1	T1	M2 e Embalagem	M1
Operador 2	T1	M2 e Embalagem	M1	T1
Operador 3	M2 e Embalagem	M1	T1	M2 e Embalagem

Na elaboração deste programa de rotatividade considerou-se os mesmos pressupostos referidos no ponto c).

d) Planeamento e controlo de produção

Com esta proposta de *layout* o planeamento da produção será executado de forma igual ao descrito para o *layout* hipótese 1, ou seja, as ordens de produção serão dadas através do plano de embalagem e o abastecimento da linha, continuará a realizar-se de forma igual ao estado inicial, ou seja, é o chefe de linha que indica ao PC&L o que vai produzir e as respetivas quantidades, por sua vez o PC&L abastece as células.

e) Cálculo de capacidade dos testes T5 e AM-FM

Como mencionado anteriormente existem cinco equipamentos de testes, sendo alimentados estes por três sistemas de teste, isto é, em simultâneo só podem estar a funcionar três testes. Tendo em consideração o *layout* proposto, existe a necessidade de averiguar se existe a capacidade de com o restante tempo disponível 573,16 minutos (859,16-286) do dispositivo da célula 3 consegue testar as antenas do teste T5 e AM-FM.

Para isso é necessário saber quanto tempo por dia em média é preciso os alimentadores de teste para estes dois testes. A Tabela 48 mostra isso mesmo.

Tabela 48 – Tempo necessário para teste

	T5	AM-FM
Tempo médio de funcionamento (min)	443,36	71,16
Tempo disponível (min)	573,16	573,16
Tempo em falta (min)	0	0

Pela observação da Tabela 48 pode-se verificar que o tempo necessário para testar as antenas do teste AM-FM e T5 é o suficiente, sendo que ainda sobram 58,64 minutos (573,16-443,36-71,16).

f) Análise Custo – Benefício

Assim sendo, e com o intuito de verificar a viabilidade desta proposta de melhoria sugerida, passa-se em seguida à realização de uma análise de custo-benefício.

A Tabela 49 ilustra os custos e os benefícios advindos com a solução proposta.

Tabela 49 – Análise custo-benefício

	Custo	Benefício
Descrição	Orçamento	
Alteração do <i>Layout</i>	7 680 €	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação do WIP: 23995,04€/ano (24704,96-709,92) (ver Anexo F) • Aumento do <i>Output</i> diário: 5 780 antenas • Eliminação dos transportes e movimentações: 104 291,56 €/ano • Redução do espaço ocupado em 14% (11,06m²) o que representa uma poupança de 1106€/ano em espaço • Redução do tempo de atravessamento de 765,67 minutos para 8,352 minutos (ver Anexo F) • Aumento do rácio de valor acrescentado de 0,028% para 2,57% (ver Anexo F) • Eficiência =99,16% (ver Anexo F) • Melhor organização • Maior polivalência
Aquisição de 2 bancadas de montagem	24 313,96 €	
Aquisição de 1 bancada de embalagem	3 296 €	
Total	35 289,96 €	Redução de 129392,6 €

Viabilidade da Proposta Apresentada

Devido à disposição do *layout* proposto os operadores não efetuam deslocações durante o processo de produção, os custos com o trabalho entre processos serão eliminados, assim como uma redução de espaço ocupado. Com isto verifica-se um aumento de capacidade. Com os lucros gerados com esta diminuição de custos, a empresa andará a amortizar o investimento (35 289,96€) durante aproximadamente 4

meses mas, após a conclusão da amortização desse investimento, tudo o que é produzido a mais é considerado lucro para a empresa.

Esta solução é mais vantajosa que a proposta 1, uma vez que para além da eliminação dos transportes, movimentações e do trabalho entre processo, consegue responder às flutuações do mercado, uma vez que, se pode ligar ou desligar células de produção, aproveitando melhor os recursos disponíveis.

6.2. Embalagem dos postos de teste T5, AM-FM e Zagg

Como referido no ponto 5.2.2 as esperas representam também um grande desperdício. Pela observação da Figura 66 verifica-se que os postos onde é maior a taxa de utilização de mão-de-obra gasta em esperas são o teste Zagg e o teste T5.

Sabendo que as antenas da família F01 e volvo são embaladas nestes dois postos, e que pela observação da Tabela 30 existem tempos elevados de espera para determinadas antenas, então tornou-se importante verificar se existe mais algum tipo de antenas que possam ser embaladas nestes postos. Este estudo também será aplicado ao teste AM-FM.

Com isto, a Tabela 50 representa os tempos gastos em esperas nas máquinas de teste por antena, assim como indica quais as antenas que podem ser embaladas na zona de testes.

Tabela 50 – Tempo gasto em esperas por antena

Tipo de Teste	Referência	Tempo de ciclo da embalagem por antena (seg)	Tempo de espera no teste por antena (seg)
ZAGG	28009458	7	2,9
	28009459	7	2,9
	28010867	-	-
	28010868	-	-
	28011166	7	-
	28044966	6	11
	28090279	8	21,7
	28090292	8	21,7
	28090410	8	21,7
	28092763	6	12,9
28099971	-	-	

	28211833	7	8,1
	28249738	8	18
	28249744	8	18
	28249746	8	18
	DED11879600	-	-
	DED11888200	-	-
	DED11896800	7	8,1
	28324363	7	8,1
T5	28249740	8	9
	28249742	8	7,1
AM-FM	28090396	8	8,8
	28257036	6	4,3

Pela observação da Tabela 50 pode-se verificar que se o tempo de embalagem for superior ao tempo que o operário se encontra em espera pela máquina, então esse tipo de antena não se poderá embalar na zona de teste, este tipo de acontecimento encontra-se representado na Tabela 50 com uma cor vermelha. Caso contrário, ou seja, quando o tempo de embalagem for inferior ao tempo que o operário se encontra em espera pela máquina, serão essas antenas que se poderão embalar nesse mesmo posto de teste. Estas antenas encontram-se representadas pela cor verde na Tabela 50.

As antenas 28009458 e 28009459 o tempo de espera é muito baixo em relação ao tempo de embalagem, assim sendo estas antenas continuaram a ser embaladas no posto de embalagem. Já a antena 28249742, o tempo de espera é menor do que o tempo necessário para se proceder à embalagem, contudo existiu a necessidade de se verificar se a perda de 1 segundo por antena para se proceder à embalagem é compensatória ou não, uma vez que este posto faz, no estado inicial, o transporte das antenas testadas para o inventário da embalagem. Pelo Anexo H verifica-se que compensa embalar a antena no posto de teste uma vez que o tempo que se perde em transporte de antenas para o inventário é superior à perda do tempo com a máquina parada.

Por fim, tem-se a antena 28257036 em que o tempo entre a espera pela máquina e o embalamento é de aproximadamente 2 segundos, então assim como para a antena anterior, existe a necessidade de se verificar se é compensatório a perda deste tempo. No Anexo I verifica-se que não é viável o embalamento desta antena no posto de teste, assim sendo esta antena continuará a ser embalada no posto de embalagem.

Durante o tempo disponível para a recolha destes dados aconteceu que nem todas as antenas em estudo foram produzidas atempadamente, com isto, não foi possível verificar se estas poderiam ou não ser embaladas nos postos de teste.

De forma a determinar qual a redução de quantidade de antenas que, no estado inicial, eram embaladas no posto de embalagem, e que no estado proposto serão embaladas no posto do teste, recorreu-se ao volume de produção para as dez semanas que se seguiram ao início do estudo, com isto obteve-se o gráfico da Figura 86.

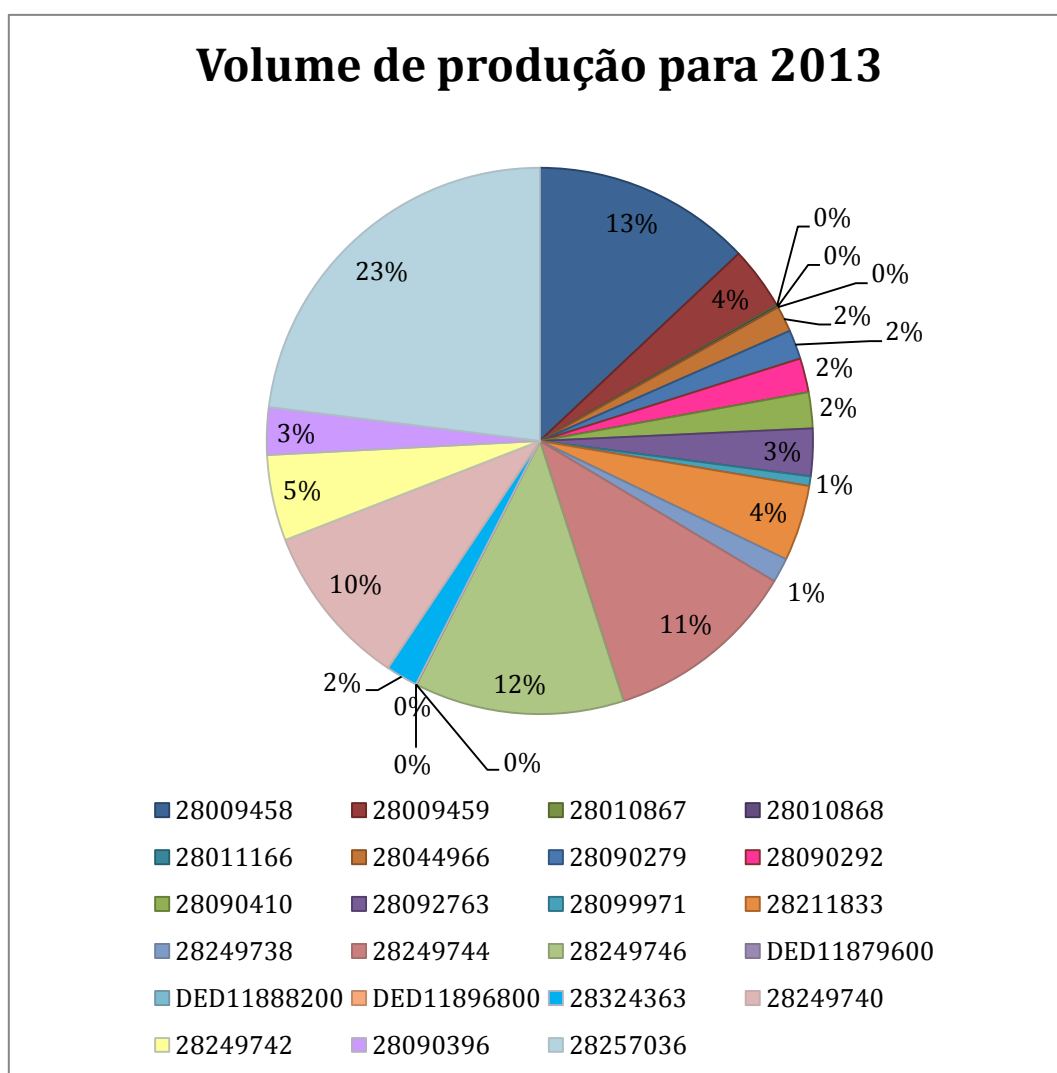


Figura 86 – Volume de produção de 2013

Pela observação do gráfico da Figura 86 e sabendo quais as antenas que irão ser embaladas no posto do teste, pode-se concluir que com esta proposta se conseguirá uma redução de aproximadamente 60% do volume total de produção que no estado inicial

seguiria para o posto de embalagem, o que representa também uma redução de 60% do custo do WIP, entre os postos de teste Zagg, T5, AM-FM e a embalagem.

6.2.1. Dimensionamento dos postos de teste

De forma a ser possível realizar o embalamento nos postos de teste, inicialmente será necessário verificar se os postos possuem estruturas para suportar mais esta função. Para isso foi necessário perceber quais as dimensões das embalagens. Na Tabela 51 encontra-se as dimensões das embalagens de cada tipo de antena.

Tabela 51 – Dimensões das embalagens

Tipo de Teste	Referência	Dimensões das Embalagem (cm) Comprimento x largura x altura
ZAGG	28009458	60x40x13
	28009459	60x40x13
	28010867	60x40x10
	28010868	60x40x10
	28011166	60x40x13
	28044966	40x30x15
	28090279	60x40x10
	28090292	60x40x10
	28090410	60x40x10
	28092763	40x30x15
	28099971	40x30x15
	28211833	60x40x13
	28249738	80x58x12
	28249744	80x58x12
	28249746	80x58x12
	DED11879600	60x40x10
	DED11888200	60x40x10
	DED11896800	60x40x13
	28324363	60x40x13
	T5	28249740
28249742		80x58x12
AM-FM	28090396	60x40x10
	28257036	80x58x8

Pela análise da Tabela 51 e tendo em conta as antenas que poderão ser embaladas no posto de teste pode-se concluir que as maiores dimensões de embalagem para o teste Zagg são de 80 cm de comprimento, 58 cm de largura e 15 cm de altura, já para o teste T5 as maiores dimensões das embalagens são 80 cm de comprimento, 58 cm de largura e 12 cm de altura, por fim, o teste AM-FM tem como maiores dimensões de embalagem 60 cm de comprimento, 40 cm de largura e 10 cm de altura. Com isto serão estas dimensões que serão consideradas no dimensionamento dos postos de teste.

a) Posto de teste Zagg

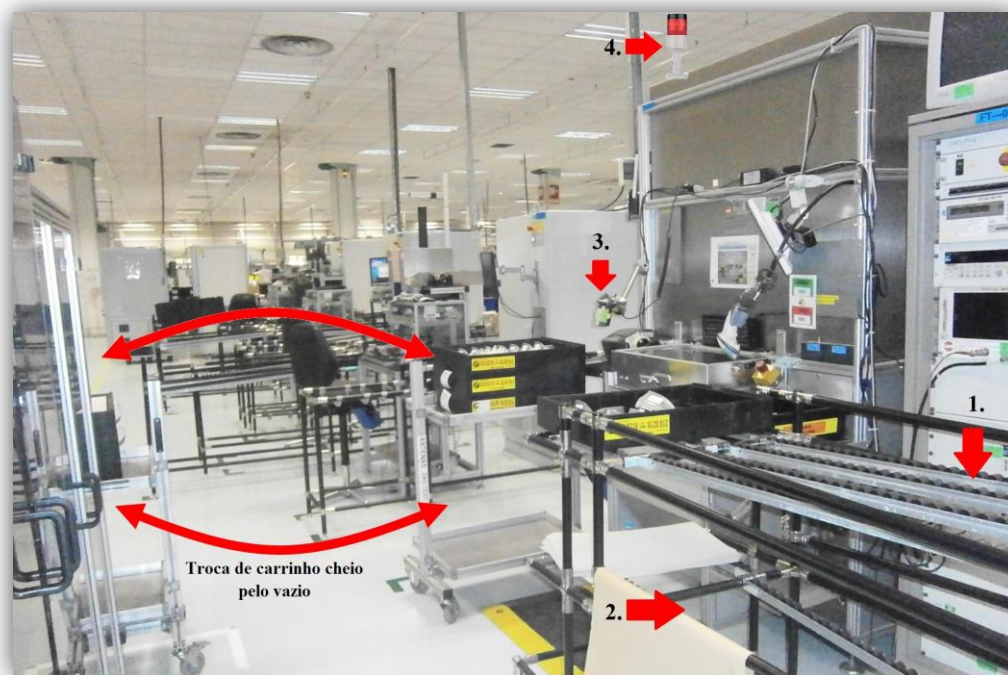
Para efetuar a embalagem no teste Zagg é necessário a existência de dois carrinhos transportadores, uma vez que quando o operário do teste estiver a embalar vai enchendo um deles e quando este se encontrar cheio, passará imediatamente para o carrinho vazio de forma a continuar a fazer os testes e a embalagem.

O carrinho que se encontra cheio será movido até a zona de paletização pelo operário que se encontra na zona de embalagem, uma vez que com a diminuição de antenas para embalar este posto ficará com mais tempo disponível, podendo assim ser alocada esta tarefa. O posto de embalagem será avisado que o carrinho se encontra cheio através de um sinal luminoso emitido pelo operário de teste.

Depois de descarregar o carrinho cheio, o operário da embalagem, carrega este com embalagens vazias e material necessário à embalagem (arranhas⁵ e separadores) transportando-os de regresso até ao posto de teste, onde depositará o carrinho junto do posto de teste de forma a evitar as deslocações por parte do operário de teste.

Sabendo que os tabuleiros que transportam as antenas para a zona de teste não são os mesmos onde posteriormente as antenas serão embaladas, então existe a necessidade do tratamento dos tabuleiros vazios, com isto, definiu que estes tabuleiros iriam ser colocados numa rampa de saída existente no posto de teste, sendo que quando esta rampa ficasse cheia será esvaziada pelo operário do posto de embalagem. A Figura 87 ilustra de uma forma exemplificativa o estado proposto.

⁵ Arranhas – Representa uma estrutura divisória para cada antena ser colocada.



Número	Legenda
1.	Rampa de abastecimento do teste
2.	Rampa de saída de tabuleiros vazios
3.	Scanner e impressora da embalagem
4.	Andon indicativo de carrinho cheio

Figura 87 – Exemplo do funcionamento do posto de teste Zagg

Todo este procedimento aplica-se às embalagens originais dos produtos que são embalados neste posto, no caso de ser necessário embalar as antenas em embalagens alternativas (caixas de cartão), estas não serão embaladas na zona de testes, uma vez que é regra da empresa a não existência de cartão nas zonas de produção, por isso estas no final do teste serão enviadas para a zona de embalagem para serem embaladas.

Relativamente aos equipamentos necessários para este posto, sabe-se que este já possui um *scanner* e uma impressora de embalagem, uma vez que neste posto já se realizava o processo de embalagem para dois modelos de antenas, desta forma, verificou-se que para as novas antenas que serão embaladas neste posto estes equipamento são compatíveis, sendo que será necessário uma atualização de *software* de embalagem.

Devidas às dimensões das embalagens das novas antenas será necessário alterar o carrinho de auxílio ao transporte (ver Figura 48).

Assim sendo o novo carrinho de apoio à embalagem encontra-se representado na Figura 88, e as suas dimensões e cálculo de capacidade encontram-se no Anexo J. Para este posto será necessário a compra de dois carrinhos.



Figura 88 – Proposta de carrinho transportador

Um ponto importante é a formação do operário deste teste, sabendo que este não tem formação de embalagem das novas antenas, inicialmente ter-se-á de dar formação, para que este adquira esta nova competência.

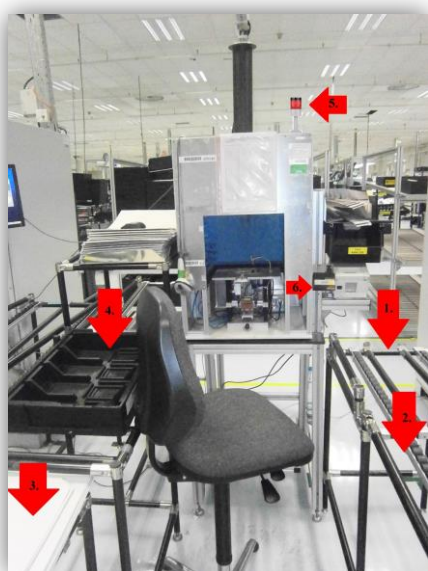
b) Posto de teste T5

O processo de embalagem neste posto será realizado através de rampas de abastecimento e de saída, ou seja, os tabuleiros de antenas por testar entram pela rampa de abastecimento, sendo que esta terá que ser aumentada para que depois de esvaziar um tabuleiro este saia pela rampa de saída (ver número 3 da Figura 89). Já na rampa de saída de antenas testadas, esta será também aumentada para que possam ser colocadas embalagens vazias de forma a abastecer o posto de teste (ver número 1 da Figura 89).

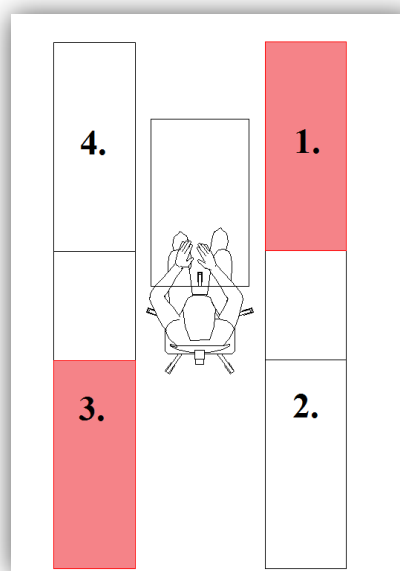
Com isto, quando a rampa de saída se encontrar cheia um sinal luminoso será ativo e assim o operário do posto de embalagem saberá que se pode deslocar até a zona do teste e esvaziar a rampa, pondo as embalagens todas num carrinho igual ao da Figura

88 que se encontra localizado junto deste posto, permitindo uma maior facilidade no transporte até à zona de paletização. Depois de descarregar o carrinho cheio, o operário da embalagem, carrega este com embalagens vazias e transporta-os de regresso até ao posto de teste, onde depositará na rampa imediatamente antes da rampa de saída do teste de forma a evitar as deslocações por parte do operário de teste.

Sabendo que os tabuleiros que transportam as antenas para a zona de teste não são os mesmos onde posteriormente as antenas serão embaladas, então existe a necessidade do tratamento dos tabuleiros vazios, com isto, definiu que estes tabuleiros iriam ser colocados depois de vazios numa rampa de saída existente no posto de teste, sendo que quando esta rampa ficasse cheia será esvaziada pelo operário do posto de embalagem. A Figura 89 ilustra de uma forma exemplificativa o estado proposto.



a) Estado inicial



b) Estado proposto

Número	Legenda
1.	Rampa de abastecimento de embalagens vazias
2.	Rampa de saída
3.	Rampa de saída de tabuleiros vazios
4.	Rampa de abastecimento do equipamento
5.	Andon indicativo de rampa cheia
6.	Scanner e impressora da embalagem

Figura 89 – Representação esquemática do funcionamento do posto de teste T5

Todo este procedimento aplica-se às embalagens originais dos produtos que são embalados neste posto, no caso de ser necessário embalar as antenas em embalagens alternativas (caixas de cartão), estas não serão embaladas na zona de testes, uma vez que é regra da empresa a não existência de cartão nas zonas de produção, por isso estas no final do teste serão enviadas para a zona de embalagem para serem embaladas.

Relativamente aos equipamentos necessários para este posto, sabe-se que este já possui um *scanner* e uma impressora de embalagem, uma vez que neste posto já se realizava o processo de embalagem para dois modelos de antenas, desta forma, verificou-se que para as novas antenas que serão embaladas neste posto estes equipamento são compatíveis, sendo que será necessário uma atualização de *software* de embalagem.

Assim como no posto do teste Zagg, o posto T5 terá que sofrer alterações, devido às dimensões das embalagens. Esta alteração consiste no alargamento da rampa de saída, em 20 centímetros (ver número 1 e 2 da Figura 89).

Quanto à formação do operário deste teste, deve ser efetuada para que este adquira esta nova competência.

c) Posto AM-FM

No estado inicial, das duas antenas que são testadas neste posto de trabalho, nenhuma delas é embalada, ou seja, estas depois de testadas seguem para o inventário intermédio que posteriormente serão embaladas no posto de embalagem.

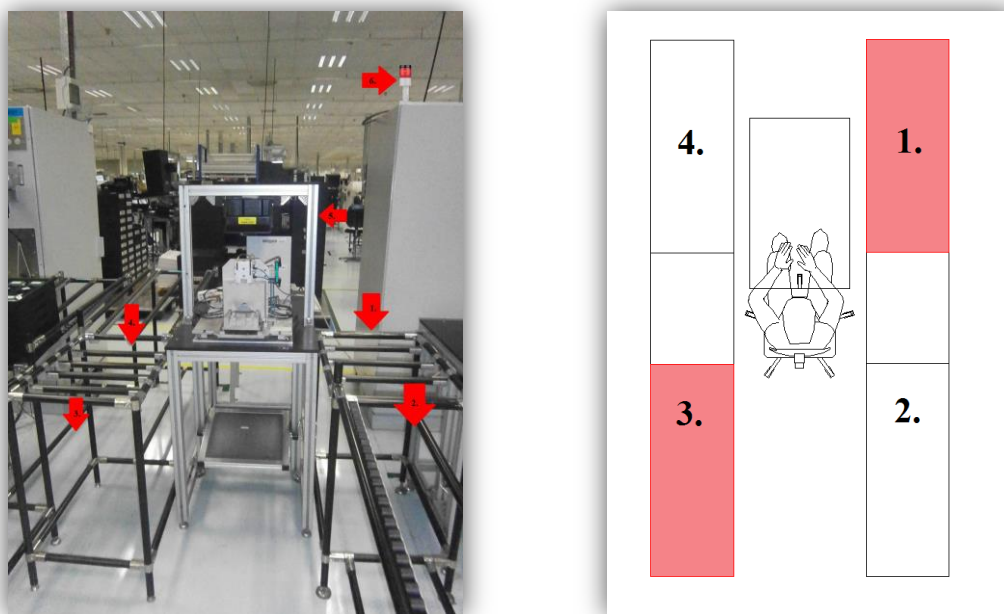
Após a análise dos tempos de espera, como ilustra a Tabela 50, conclui-se que é possível a embalagem de uma das antenas, a 28090396.

Em termos de funcionamento do processo de embalagem, este realiza-se de forma igual ao realizado no teste T5. Assim sendo será necessário a introdução de mais duas rampas, a rampa de abastecimento de embalagens vazias (ver o número 1 da Figura 90) e a rampa de saída de tabuleiros vazios (ver o número 3 da Figura 90).

O sinal de aviso de rampa cheia também será igual ao descrito para os postos de teste Zagg e T5, bem como o transporte das embalagens será recorrendo ao mesmo carrinho utilizado para o posto T5.

Depois de descarregar o carrinho cheio, o operário da embalagem, carrega este com embalagens vazias e transporta-os de regresso até ao posto de teste, onde depositará na rampa imediatamente antes da rampa de saída do teste de forma a evitar as deslocações por parte do operário de teste.

A Figura 90 ilustra de uma forma exemplificativa o estado proposto.



a) Estado inicial

b) Estado proposto

Número	Legenda
1.	Rampa de abastecimento de embalagens vazias
2.	Rampa de saída
3.	Rampa de saída de tabuleiros vazios
4.	Rampa de abastecimento do equipamento
5.	Scanner e impressora da embalagem
6.	Andon indicativo de rampa cheia

Figura 90 – Representação esquemática do funcionamento do posto de teste AM-FM

A única necessidade deste posto seria uma impressora que tem um custo de 600€ e um scanner que tem um custo de 400€, uma vez que este não embalava nenhuma antena antes. Estes equipamentos seriam colocados de forma igual ao do posto de teste T5.

No caso da proposta do *layout 2* ser implementada, estes custos com a impressora e *scanner* deixam de ser necessários uma vez que os postos de teste T5 e AM-FM ficaram um ao lado do outro e como só funcionam um de cada vez, permite que no final do funcionamento do teste T5 a impressora e *scanner* ficaram livres para o embalamento no teste AM-FM.

Assim como nos postos de teste T5 e Zagg, a formação do operário deste teste AM-FM, deve ser efetuada para que este adquira esta nova competência.

6.2.2. Capacidade dos postos de embalagem

Como referido anteriormente, esta proposta visa reaproveitar o tempo que atualmente existe na zona dos testes para efetuar mais o processo de embalagem. Com isto, torna-se importante determinar qual a capacidade dos postos de embalagem com a redução do volume de antenas embaladas.

Para isso ter-se-á em consideração a configuração da proposta em célula – hipótese 2, a proposta de embalagem nos postos de teste, assim como serão também considerados o volume de quatro tipos de módulos que atualmente também passaram a ser embalados nestes postos. Desta forma pode-se afirmar que a percentagem de volume total de antenas e módulos embalados nos postos de embalagem encontra-se representada no gráfico da Figura 91.

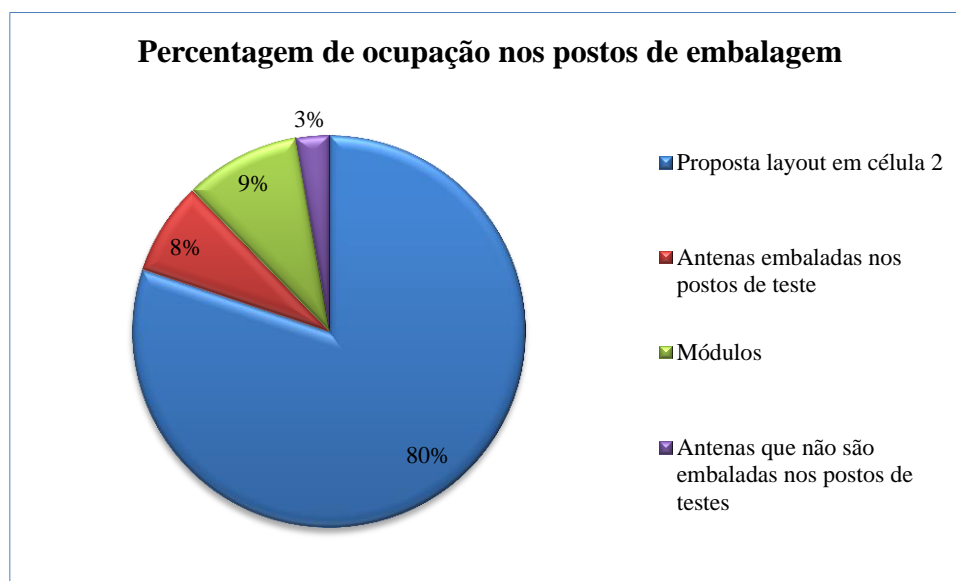


Figura 91 – Percentagem de ocupação nos postos de embalagem

Pela observação da Figura 91 pode-se verificar que com a proposta de *layout* em célula 2 existe uma redução de 80% do volume total que inicialmente de embalava nos postos de embalagem e uma redução de 8% com a proposta de embalagem de antenas nos postos de teste, assim sendo com estas duas propostas existe uma redução de 88% do volume total de embalagem nos postos de embalagem.

Desta forma, e tendo em consideração o tempo de ciclo e volume de produção diária dos módulos e das antenas que não são embaladas nos postos de teste, temos que é necessário apenas 1 posto de embalagem que trabalhará dois turno (914 minutos), o gráfico da Figura 92 ilustra de quanto em quanto tempo um cliente pede um produto e o tempo em se embala esse produto.

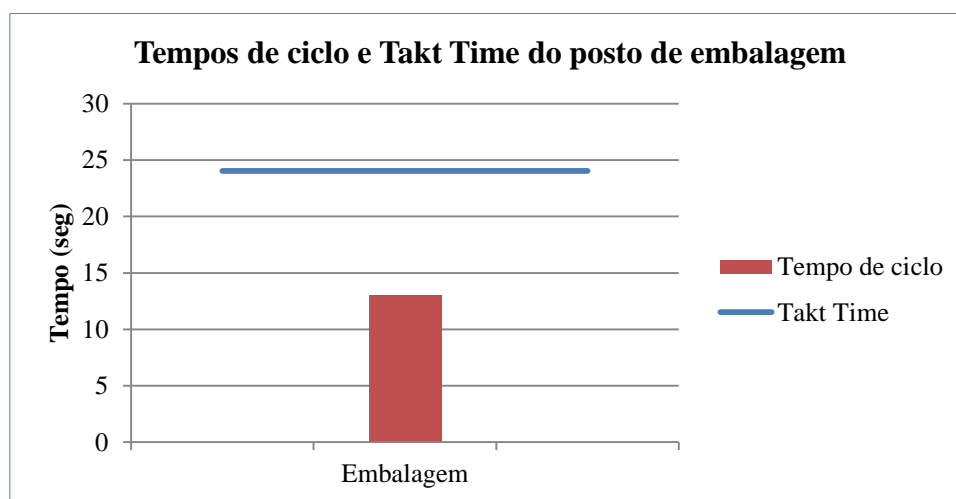


Figura 92 – Tempos de ciclo e *takt time* para o posto de embalagem

Pela observação da Figura 92 pode-se verificar que o posto de embalagem possui mais capacidade do que necessária, mas atendendo que este posto para além do processo de embalagem, ainda tem mais a função de transporte das antenas embaladas dos testes para a zona de paletização, assim este excesso de capacidade é reduzido com estas operações.

Como referido anteriormente, existe por vezes a falta de embalagens originais para as antenas, sendo assim estas antenas têm que ser embaladas em embalagens alternativas (caixas de cartão) e como é definido pela empresa que o cartão não se pode encontrar nas zonas de produção. Faz com que, quando ocorre esta situação, as antenas são testadas e transportadas para a zona de embalagem para se proceder ao seu embalamento. Com isto torna-se importante verificar se num caso extremo de todas as

antenas que seriam embaladas na zona de testes passarem a ser embaladas no posto de embalagem, se este possui capacidade suficiente para esse acréscimo de operações. O gráfico da Figura 93 ilustra isso mesmo.

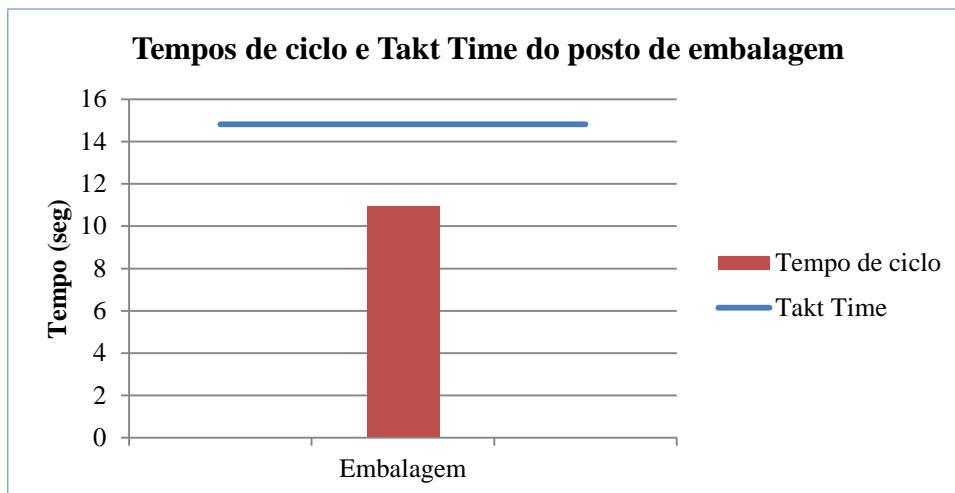


Figura 93 – Tempos de ciclo e *takt time* para o posto de embalagem

Pela observação do gráfico da Figura 93 pode-se concluir que este posto possui capacidade suficiente para a ocorrência deste caso.

6.2.3. Análise Custo – Benefício

Assim sendo, e com o intuito de verificar a viabilidade desta proposta de melhoria sugerida, passa-se em seguida à realização de uma análise de custo-benefício.

A Tabela 52 ilustra os custos e os benefícios advindos com a solução proposta.

Tabela 52 – Análise custo-benefício

Posto	Descrição	Custo	Benefício
Zagg	2 Carrinhos transportadores	383,5€	Redução de 22% dos metros percorridos entre a Zagg e a embalagem. Redução de 12% dos metros percorridos entre o T5 e a embalagem.
	+ <i>Andon</i>	+ 0€*	
T5	2 Rampas	389€	Redução de 9,85% dos metros percorridos entre a AM-FM e a embalagem. Redução de 60% do WIP entre os testes Zagg, T5 e AM-FM e o posto de embalagem, o que representa a redução de 4197,24€ por ano em armazenamento intermédio. Redução de 2 841€ em tempo de espera durante o ano presente. Este valor foi calculado através de uma folha de Excel desenvolvida pela empresa. Aumento da capacidade no posto de embalagem.
	+ 1 Carrinho transportador	+ 194,5€	
	+ <i>Andon</i>	+ 0€*	
AM-FM	2 Rampas	389€	Redução de 2 841€ em tempo de espera durante o ano presente. Este valor foi calculado através de uma folha de Excel desenvolvida pela empresa. Aumento da capacidade no posto de embalagem.
	+ <i>Scanner</i> e impressora	+ 1000€	
	+ <i>Andon</i>	+ 0€*	
		2356€	7038,24€

* estes equipamentos já se encontram disponíveis na *Delphi* tendo por isso, um custo residual.

Viabilidade da Proposta Apresentada

Com esta proposta os postos de teste esperam menos tempo pela máquina de teste, uma vez que realizaram o processo de embalagem. No caso de ser implementada a proposta do *layout* em célula, não será necessário uma rampa pois o posto de teste T5 e AM-FM ficaram juntos, logo partilharam a mesma rampa de saída.

Com os lucros gerados por essa diminuição do tempo de espera nos postos de teste, a empresa obterá em 5 meses o retorno do investimento, para além que ganhará capacidade nos postos de embalagem, rentabilizará o tempo dos operários das máquinas de teste e reduzirá movimentações e transportes.

6.3. Sequenciador nos postos de trabalho

Sabendo que nos testes e na embalagem são os próprios operários que se têm que deslocar até ao chefe de linha para saber o que produzir a seguir e que andar à procura do chefe de linha para saber o que produzir a seguir é considerado um

desperdício, então torna-se necessário quantificar quanto significa este desperdício para a empresa. Assim sendo a Tabela 53 indica a quantidade de mudanças de produtos em média por turno na zona de teste e na zona de embalagem e, as distâncias entre esses mesmos postos e o posto do chefe de linha, assim como o tempo que despende em cada ida e regresso ao seu posto de trabalho, no estado inicial. Note-se que se o chefe de linha não se encontrar no seu posto de trabalho, ou não se encontrar na área de montagem final de antenas devido a uma reunião ou por outro motivo, estes metros percorridos podem aumentar assim como o risco de os operários testarem outras antenas que não as mais prioritárias.

Tabela 53 – Tempos gastos à procura do chefe de linha

Postos	Número de mudanças	Metros percorridos até ao posto do chefe de linha (ida+regresso)	Metros percorridos num ano*	Tempo despendido Ida + regresso (seg)	Tempo despendido num ano (min)
Zagg	5 por turno	$2 \times 9 = 18$	44 100	$14 \times 10 = 140$	571,67
Teste Ford ECBP	12 por turno	$2 \times 20 = 40$	235 200	$29 \times 24 = 696$	2842
T5	3 por turno	$2 \times 16 = 32$	47 040	$24 \times 6 = 144$	588
AM-FM	2 por semana	$2 \times 20 = 40$	3 920	$30 \times 2 = 60$	49
Embalagem	20 por turno	$2 \times 25 = 50$	490 000	$37 \times 40 = 1480$	6 043,33
Bumper	1 por semana	$2 \times 22 = 44$	2 156	$33 \times 1 = 33$	26,95

* Note-se que um ano tem 245 dias de trabalho o que corresponde a 49 semanas com 5 dias de trabalho.

O valor no posto Ford ECBP já inclui os três sistemas de teste, assim como o posto de embalagem já englobam os dois postos de trabalho.

Através da observação da Tabela 53, pode-se afirmar que no estado inicial o tempo despendido em movimentações corresponde a 10120,95 minutos, representando 11 dias de trabalho desperdiçados.

Uma proposta para eliminar estas deslocações passa por colocar em cada um destes posto um sequenciador. Este sequenciador tem como funcionalidade informar quais os produtos que se vão produzir a seguir e qual a ordem a produzir, como ilustra a Figura 94.



Figura 94 – Representação esquemática do sequenciador do posto Zagg

Para a construção deste sequenciador é necessário três porta cartões antistáticos para a colocação de cartões, como ilustra a Figura 95.



Figura 95 – Posta cartões

Para preencher cada um dos espaços serão criados cartões igual ao da Figura 96, onde estes possuem a identificação do produto e o posto onde será produzido.

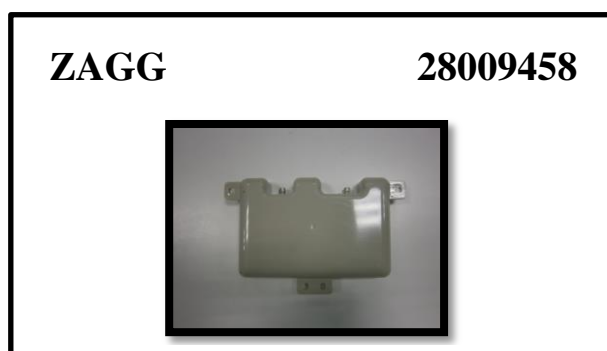


Figura 96 – Cartões de produção

De forma a facilitar a identificação dos cartões de cada posto de trabalho pelo chefe de linha será associada a cada posto uma cor aos cartões, a Tabela 54 ilustra essa identificação, bem como a quantidade de cartões necessários.

Tabela 54 – Cor e quantidade dos cartões

Cor	Posto	Quantidade de cartões
	Teste Zagg	27
	Teste T5	6
	Teste AM-FM	2
	Teste Ford ECBP	53
	Embalagem	70
	<i>Bumper</i>	2

Fica da responsabilidade do chefe de linha, no início de cada turno preencher cada um dos porta cartões, sendo que quando acontecer alguma modificação ou ocorrer um novo preenchimento dos porta cartões, o chefe de linha terá que as preencher novamente, fazendo com que o operário nunca se tenha que deslocar.

O operário de cada posto de trabalho, no final de produzir o cartão designado como "produção atual" retira-o e armazena-o numa caixa para esse efeito, colocando de seguida dentro do porta cartão de "produção atual" o cartão que anteriormente era designado por "1º a produzir", fazendo o mesmo para o cartão designado como "2º a produzir". Definiu que o sequenciador teria dois cartões dos dois produtos que seriam produzidos de seguida, de forma a evitar que no caso do chefe de linha se ausentar por algum tempo, o posto nunca tenha que ficar a espera ou decidir o que produzir a seguir.

No caso da implementação da proposta das células de produção – hipótese 2, não existirá a necessidade destes sequenciadores nos postos de teste da Ford ECBP e da *Bumper*, uma vez que o PC&L é quem entregará a ordem de produção e abastecerá cada célula.

- **Análise custo-benefício**

Assim sendo, e com o intuito de verificar a viabilidade desta proposta de melhoria sugerida, passa-se em seguida à realização de uma análise de custo-benefício.

A Tabela 55 ilustra os custos e os benefícios advindos com a solução proposta.

Tabela 55 – Análise Custo-benefício

	Custo	Benefício
Descrição	Orçamento	
24 Bolsas	33,60€ (ver Anexo K)	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminação dos tempos de movimentação à procura do chefe de linha. • Aumentar a capacidade produzida. • Melhor organização. • Mais autonomia.
160 Cartões	0€* * estes cartões podem ser impressos na <i>Delphi</i> tendo por isso, um custo residual.	
Total	33,60€	Redução de 168,68 horas (11 dias) que podem ser utilizadas em operações de valor acrescentado o que representam uma poupança de 6679,82€ (0,66×10120,95 min).

Viabilidade da Proposta Apresentada

Uma vez que os operadores deixaram de perder tempo à procura do chefe de linha para saber o que produzir a seguir, este tempo disponível poderá ser utilizado para acrescentar valor ao produto.

Com os lucros gerados por essa diminuição do tempo à procura do chefe de linha, a empresa terá lucros imediatos uma vez que a solução tem um custo insignificativo de 33,60€.

6.4. Sistema de aviso de rampa cheia

No estado inicial, como referido anteriormente, sabe-se que as linhas da Big, 2+2 e F01 não fazem o transporte dos seus produtos finais para o inventário intermédio. O responsável por este transporte é o operário que se encontra na máquina de teste T5.

Devido a configuração do *layout*, este operário nunca sabe quando é que as rampas de saídas dos postos de montagem se encontram cheias e com necessidade de as esvaziar, isto faz com que este operário se encontre sempre a deslocar até aos postos de montagem para esvaziar as rampas de saída, mesmo que por vezes só exista um tabuleiro.

De forma a minimizar os transportes efetuados do operário do teste T5, propõe-se que se coloque um *andon* indicativo de rampa cheia para cada uma das três linhas de montagem. A Figura 97 representa um *andon*.



Figura 97 – Andon

O seu funcionamento consiste no acionamento de um botão pelo operário do último posto de cada linha, quando este verifica que a rampa de saída se encontra cheia, com isto, uma luz vermelha se acenderá indicando assim ao operário dos testes que deve esvaziar as rampas.

Quando o operário se dirigir à rampa de saída do posto que acionou a luz deve para além de esvaziar essa rampa, deve também esvaziar as restantes rampas. De forma a minimizar as suas movimentações, uma vez que a distância percorrida entre estes postos ainda é significativa.

- **Análise custo-benefício**

Assim sendo, e com o intuito de verificar a viabilidade desta proposta de melhoria sugerida, passa-se em seguida à realização de uma análise de custo-benefício.

A Tabela 56 ilustra os custos e os benefícios advindos com a solução proposta.

Tabela 56 – Análise custo-benefício

	Custo	Benefício
Descrição	Orçamento	
3 Andon	0€ * estes equipamentos já se encontram disponíveis na <i>Delphi</i> tendo por isso, um custo residual.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das movimentações e transportes. • Melhor organização. • Mais autonomia. • Aumento da capacidade produtiva.
Mão-de-obra para colocação	72€ (12€×2h×3)	
Total	72€	

Viabilidade da Proposta Apresentada

Uma vez que o operador deixou de perder tempo nas deslocações desnecessárias, este tempo é convertido em tempo disponível para acrescentar valor ao produto.

Com os lucros gerados por essa diminuição do tempo de deslocações desnecessárias, a empresa terá lucros imediatos após a implementação desta solução, uma vez que os equipamentos já se encontram disponíveis na empresa, o único custo que terá com esta proposta será o custo de instalação dos equipamentos.

7. Implicações das propostas no *layout*

Após uma análise e diagnóstico da área de montagem final de antenas, foi possível identificar quais os desperdícios onde o custo para a empresa são maiores e desta forma tornou-se possível idealizar propostas que visassem melhorar o sistema atual. Com isto, tornou-se importante definir como seria o *layout* da área de montagem final de antenas, tendo em consideração a redução de movimentações, transportes, a delimitação do espaço, uma vez que é importante definir a área de trabalho e a passagem de pessoas, fator este que permite diminuir os riscos de acidentes de trabalho e melhorar a circulação dentro e fora da área de trabalho.

A Figura 98 ilustra a representação final do *layout* da área de montagem final de antenas com as propostas de melhorias sugeridas no capítulo anterior.



Legenda de cores		Legenda de números	
	Zona de montagem	1	Linha da Big
	Linha <i>Wave trap</i>	2	Linha da 2+2
	Zona de embalagem	2.1.	Posto adicional da linha 2+2
	Inventário intermédio	3	Linha da F01
	Zona de testes	3.1.	Posto de pré-montagem da linha F01
	Zona de paletização	4	Posto de montagem da Ford ECBP
	Células de produção da Ford ECBP	5	Teste Zagg
		6, 8 e 10	Teste Ford ECBP
		7	Teste T5
		9	Teste AM-FM
		11	Posto <i>Bumper</i>
		12	Postos de embalagem

Figura 98 – *Layout* final da área de montagem final de antenas

Como se pode verificar pela Figura 98, aconteceram algumas modificações em relação ao *layout* inicial da área de montagem final de antenas. A maior modificação deste *layout* deve-se principalmente à proposta de células para as antenas Ford ECBP, que fizeram com que se tivesse que dispor de forma diferente a zona dos testes. Note-se que pela observação da Figura 98, existem quatro alimentadores de testes, sendo que na realidade só existem três, uma vez que o alimentador do teste AM-FM e T5, que se encontra a tracejado é o mesmo alimentador (ver número 8 da Figura 98) de uma das células, esta deslocação do dispositivo deve ser efetuada com o auxílio de uma base com rodas, como ilustra a Figura 99.

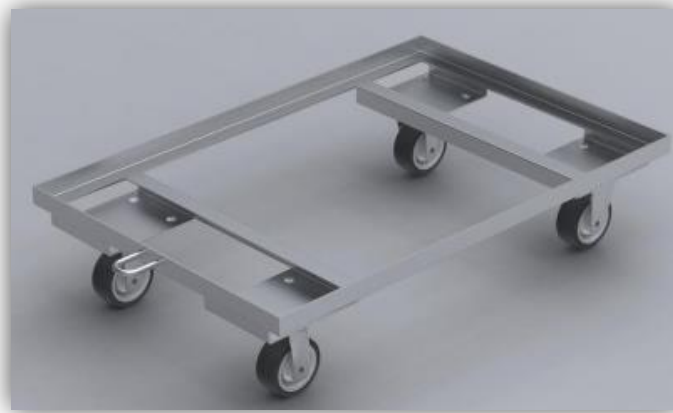


Figura 99 – Exemplo de base de transporte rápido do sistema de teste

Com este sistema rapidamente se pode efetuar o transporte de um sistema de teste para um outro local sem grande esforço.

Uma outra modificação foi o posto de teste AM-FM, que ficou mais próximo e com melhores acessos aos inventários intermédios, o que reduzirá os transportes e movimentações.

8. Análise de resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados de todas as propostas sugeridas anteriormente, utilizando para isso um WID do estado futuro, de forma a ser possível fazer uma comparação entre o estado inicial e o estado futuro.

A proposta de alteração do *layout* em célula 2 das antenas Ford ECBP, não foi possível implementar, uma vez que a empresa referiu que era uma proposta que envolvia a aquisição de novos equipamentos e postos de trabalho, o que implicaria custos, que não estariam atualmente dispostos a despende, porém salientou que poderia ser uma proposta a concretizar futuramente. As restantes propostas, nomeadamente, a embalagem de antenas nos postos de testes, o sequenciador e o sistema de aviso de rampa cheia, também não foram implementadas atempadamente da conclusão deste projeto, sendo que a empresa demonstrou interesse com a implementação destas propostas dentro de um curto período de tempo. Com isto passa-se em seguida à representação do WID do estado futuro, englobando todas as propostas sugeridas anteriormente.

8.1. WID do estado futuro

O WID elaborado encontra-se na Figura 100, onde é possível verificar que, relativamente à taxa de utilização da mão-de-obra existe uma subida, assim como existe uma redução nos desperdícios com maior incidência. Também foi calculado o novo *total value card*, com uma perspetiva global do processo, como ilustra a Tabela 57.

Tabela 57 – Total value card futuro

TOTAL VALUE CARD
Takt Time = 12,12 seg
Custo WIP = 12883,76 €/ano
Custo com atividades sem VA = 638469,22 €/ano
Tempo de atravessamento = 7,57 horas
Produtividade = 139,4 antenas/hora.homem
Taxa de utilização de mão-de-obra = 76%
Rácio de valor acrescentado = 0,65%

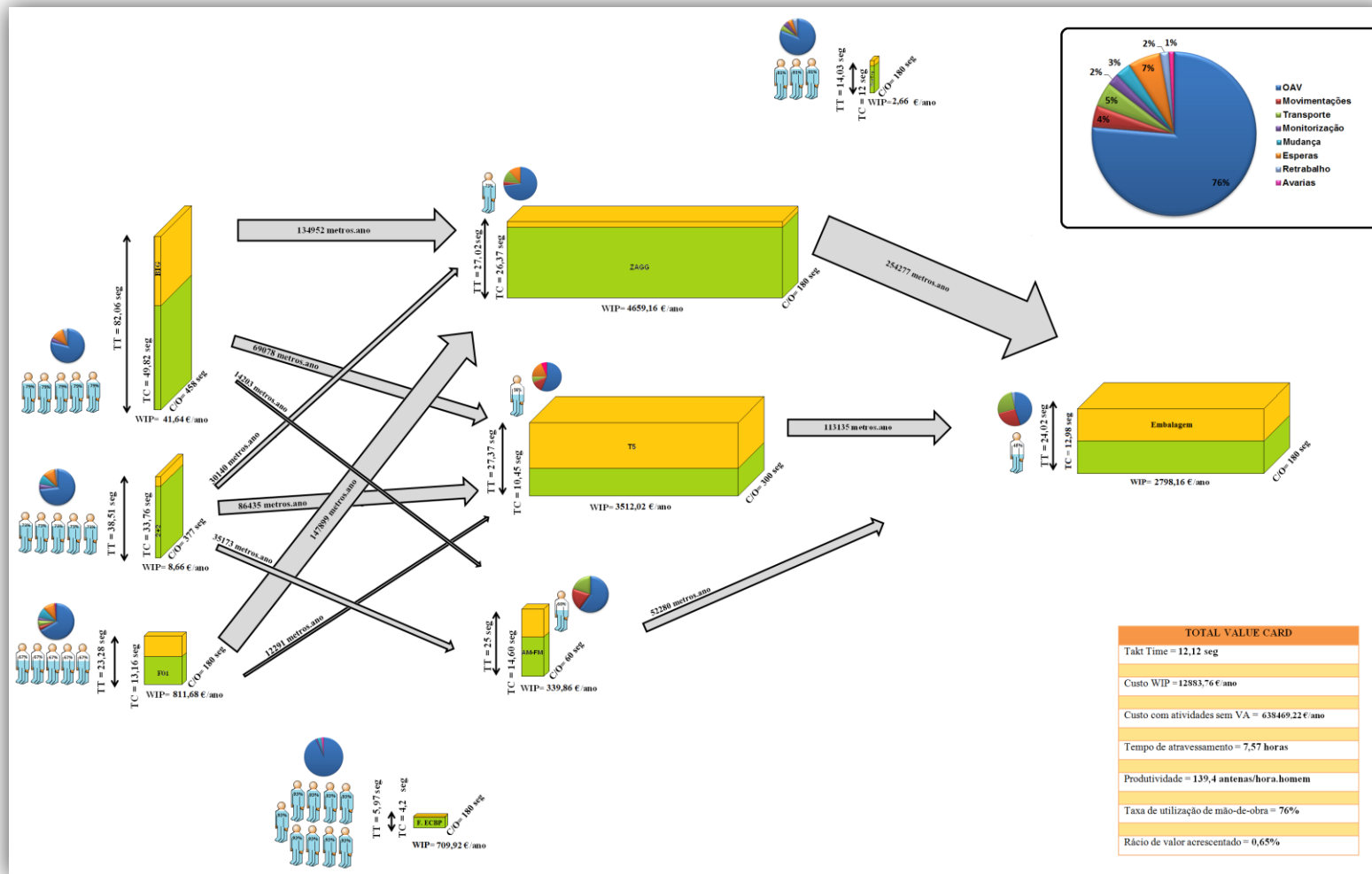


Figura 100 – WID do estado futuro

8.2. Resultados obtidos

Logo à primeira vista, pode-se notar bastantes diferenças no WID estado futuro em relação ao WID do estado inicial, ou seja, os *block icons* são mais estreitos, o *layout* da área está alterado conforme a proposta da Figura 98 e existe um menor número de setas de transporte, assim como estas se encontram mais estreitas.

No caso destas propostas serem implementadas, a empresa passaria a ter uma taxa de utilização de mão-de-obra de 76% do tempo disponível, uma redução de 12% em movimentações e transporte, uma redução de 2% nas esperas, uma redução de 744 575 metros percorridos num ano e uma redução de 28192,28€ por ano em redução do trabalho entre processos, como ilustra a Tabela 58.

Tabela 58 – Comparação entre o WID inicial e futuro

Tarefas	WID Estado Inicial	WID Estado Proposto	Ganhos
Operações de valor acrescentado	62%	76%	+14%
Movimentações	10%	4%	-6%
Transportes	11%	5%	-6%
Monitorização	2%	2%	0%
Mudanças	3%	3%	0%
Esperas	9%	7%	-2%
Retrabalho	2%	2%	0%
Avarias	1%	1%	0%
Metros percorridos num ano	1 686 338	941 763	-744 575
Custo do WIP (€/ano)	41076,04	12883,76	-28192,28

Para além destes ganhos mencionados, a Tabela 59 mostra a comparação entre os indicadores de desempenho no estado inicial e no estado futuro.

Tabela 59 – Ganhos nos indicadores de desempenho

Indicadores	WID Estado Inicial	WID Estado Proposto	Ganhos
Tempo de atravessamento	46,77 horas	9 horas	-37,77horas
Produtividade	117 antenas/hora.homem	139,4 antenas/hora.homem	+22,4 antenas/hora.homem
Rácio de valor acrescentado	0,02%	0,54%	+0,52%

Assim sendo, através da análise da Tabela 59 pode-se verificar que existe uma redução no tempo de atravessamento em 37,77 horas, um aumento da produtividade em 22,4 antenas/hora.homem e um aumento no rácio de valor acrescentado em 0,52%.

Com isto pode-se concluir que a empresa com a implementação destas quatro propostas de melhoria teria uma redução de 143107,66€/ano, sendo que teria um custo inicial de 37 751,56€.

9. Conclusões

No final da realização deste projeto foi possível verificar que embora a *Delphi Automotive Systems Portugal S.A.* seja uma empresa de renome no mercado de sistemas de áudio e receção, possua boas instalações fabris e, prima pela inovação e condições de trabalho, tem alguns aspetos que poderão ser melhorados.

Durante o estágio foi possível adquirir conhecimentos sobre a empresa, nomeadamente, no que toca à sua constituição, grupo empresarial, políticas, crescimento, tipo de produtos, entre outros. Também adquiriu-se conhecimento sobre o funcionamento da unidade produtiva em que este estudo se incidiu – área de montagem final de antenas. Do funcionamento da unidade produtiva, identificou-se o tipo de implantação, as matérias-primas, os equipamentos, os produtos finais e todos os processos envolvidos no fabrico de antenas.

Para além de conhecimentos sobre a empresa e os processos envolvidos na produção de antenas, durante o estágio conseguiu-se identificar os desperdícios que existem na unidade produtiva, recorrendo para isso a uma nova ferramenta de análise e diagnóstico de unidades produtivas, nomeadamente o *Waste Identification Diagram* (WID).

Através de uma análise aos resultados obtidos com a utilização desta ferramenta, identificou-se que os desperdícios que mais custos representavam para a empresa são: movimentações, transportes, esperas e trabalho entre processos (WIP). Com isto, tornou-se importante identificar e analisar as potenciais causas para a ocorrência de tais problemas. Após essa análise foi possível propor soluções com base na aplicação de alguns princípios, técnicas e ferramentas do *Lean*, de forma a ser possível atingir os objetivos propostos inicialmente.

Devido às elevadas distâncias percorridas e ao elevado trabalho em curso entre áreas, foi proposta a criação de células de produção para a família de produtos, onde os desperdícios fossem mais elevados – as antenas Ford ECBP. Com esta alteração, possibilitou uma redução substancial do trabalho entre processos, a eliminação de todas as movimentações e transportes destas antenas, o que permitiu uma redução da área ocupada, uma redução do tempo de atravessamento e um aumento do rácio de valor acrescentado. Tornando assim possível com os mesmos recursos, um aumento do *output* diário de 5728 antenas deste tipo.

Uma outra forma de reduzir as movimentações e transportes de outras antenas passou pela criação de sistemas de gestão visual (*andon* e sequenciador), que permitiu que através de uma simples observação fosse possível saber o que fazer a seguir. Tornando assim estes postos de trabalhos mais autónomos, eficientes e produtivos.

Já a alocação da tarefa de embalamento nos postos de teste, onde o tempo de espera pelo equipamento é elevado, possibilitou a redução de deslocações, trabalho em curso, bem como permitiu a redução de um posto de trabalho na zona de embalagem.

Estando apresentadas todas as propostas para a resolução dos problemas abordados neste projeto, foi possível realizar para cada uma delas, uma análise custo-benefício. Dessa análise pode-se concluir que, todas as propostas apresentadas são viáveis, ou seja, os benefícios são maiores que os seus custos.

De forma a se perceber o impacto destes benefícios das propostas sugeridas na área de montagem final de antenas foi elaborado um novo WID onde tornou-se possível fazer a comparação entre o estado inicial e o estado futuro. Com isto verificou-se uma redução do tempo de atravessamento em 37,77 horas, um aumento da produtividade em 22,4 antenas/hora.homem, um aumento do rácio de valor acrescentado de 0,52%, uma redução de 744575 metros por ano em deslocações, uma redução do custo com inventário de trabalho em curso de 28192,28€ por ano, um aumento de 14% na taxa de utilização de mão-de-obra e uma redução de 2% nos tempos de espera.

Muitas vezes soluções que parecem simples podem trazer grandes melhorias a baixos custos se aplicadas corretamente, indo assim ao encontro do pensamento *Lean Production* "fazer mais com menos". Com isto, pode-se afirmar que as propostas apresentadas seguiram este pensamento, pelo que a maioria não requer um investimento elevado para a empresa.

Embora nenhuma das propostas tenha sido alvo de implementação, o pensamento inerente à melhoria contínua não deve ser descuidado, devendo-se perseguir a melhoria a cada dia, no sentido de melhorar e garantir a sua vantagem competitiva no mercado atual.

Em termos de conhecimentos e experiência adquirida ao longo destes meses, o autor sente-se muito satisfeito com a oportunidade oferecida, ou seja, por ter estagiado numa das empresas do Grupo *Delphi*, onde existe um ambiente agradável de trabalho, sendo que todos os colaboradores foram muito prestáveis e tudo isto contribuiu para que

desenvolvesse os seus conhecimentos quer a níveis sociais quer a níveis profissionais, os quais se acredita que serão fundamentais para uma futura carreira com sucesso.

Em suma, foi possível no final desta dissertação atingir todos os objetivos propostos inicialmente.

Trabalhos Futuros

O autor sugere que se implementem as propostas que não puderam ser postas em prática, assim como seja efetuado um estudo e análise a todos os problemas que embora tenham sido identificados e sugeridas propostas de melhoria não foram tratados ao longo deste projeto.

10.Referência Bibliográfica

- Baranger, P., & Huguel, G. (1994). *Produção* (Sílabo Ed. 1ª ed.).
- Bell, S. (2006). *Lean enterprise systems : using IT for continuous improvement*: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Black, J. T., & Hunter, S. L. (2003). *Lean manufacturing systems and cell design* (S. o. M. Engineers Ed.).
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 53-64. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Burbidge, J. L. (1989). *Production flow analysis for planning group technology*: Clarendon Press.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática* (L. Lidel - Edições técnicas Ed. 6ª ed.).
- Cardoso, A. T., Quadros, I. L. O., Moura, J. M., Paulo, M. R., & Silva, N. P. O. (2012). O ciclo PDCA para a melhoria da qualidade dos serviços de consulta em uma unidade de saúde de Belém do Pará. from http://www.aedb.br/seget/artigos10/216_O%20ciclo%20PDCA%20para%20a%20melhoria%20da%20qualidade%20dos%20servicos%20de%20consulta%20em%20uma%20unidade%20de%20Belem%20do%20Para.pdf
- Carvalho, D. (2000). Just In Time. from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/JustInTime.pdf>
- Carvalho, J. L. A. (2010). Reengenharia de Processos na Indústria Farmacêutica from http://run.unl.pt/bitstream/10362/4029/1/Carvalho_2010.pdf
- Castiglioni, J. A. d. M. (2007). *Logística Operacional: Guia prático* (Érica Ed.). São Paulo.
- Chitturi, R. M., Glew, D. J., & Paulls, A. (2007). Value Stream Mapping in a Jobshop. *Agile Manufacturing, 2007. ICAM 2007. IET International Conference on*, 142-147.
- Clarke, C. (2005). *Automotive production systems and standardization: From Ford to the Case of Mercedes-Benz* (P.-V. Heidelberg Ed.).
- Costa, E. S. M. (2012). *Melhoria da Secção de Transformação Mecânica de uma Empresa de Elevadores* Universidade do Minho.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção* (L. Lidel - Edições técnicas Ed. 7.ª Edição ed.). Rua D. Estefânia, 183 r/c Dto. - 1049-057 Lisboa.
- Cuatrecasas Arbós, L. s. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *International Journal of Production Economics*, 80(2), 169-183. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00316-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00316-X)
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook* (D. Wieckhorst & B. Welch Eds.): DW Publishing.

- Delphi, A. S.-P. S. A. (2011). Manual de acolhimento. Braga.
- Delphi, A. S.-P. S. A. (2012). Manual Integrado da Qualidade, Ambiente e Segurança da Delphi Braga.
- Europe, T. (2009). 5S workplace organisation and standardisation. from <http://www.tpfeurope.com/cms/view/44>
- Excellence, A. f. M. (2011). *Sustaining Lean: Case Studies in Transforming Culture*: Taylor & Francis.
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them* (Illustrated ed.): Saint Lucie Press.
- Gabriell. (2005). Heijunka: Nivelamento da Produção. from http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/183_semana2_esp.pdf
- Gahagan, S. M. (2010). Adding value to value stream mapping: a simulation model template for VSM. from <http://www.iinet2.org/PrinterFriendly.aspx?id=7584>
- Imai, M. (2012). *Gamba Kaizen: A common sense approach to a continuous improvement strategy* (2 ed.). USA: McGraw-Hill.
- Jiménez, E., Tejedab, A., Pérezb, M., Blancob, J., & Martínezb, E. (2011). Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1890-1904. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.561370>
- Lean, V. (2008). Eliminação dos mudas. from <http://www.vision-lean.pt/lean-manufacturing/eliminacao-dos-mudas/>
- Lian, Y. h., & Van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, 45(13), 3037-3058. doi: 10.1080/00207540600791590
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (M. -Hill Ed.).
- Little, J. D. C. (1961). A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$. *Operations Research*, 9(3), 383-387. doi: 10.1287/opre.9.3.383
- Lopes, M. (1998). O Formato das Células de Manufatura. from <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/lopes/figuras/Image1047.gif>
- Macinnes, R. L. (2002). *The Lean Enterprise Memory Jogger: Create value and eliminate waste throughout your company* (1ª ed.): GOAL/QPC.
- Material, S. S. (2007). Spaghetti Diagram. from <http://www.six-sigma-material.com/Spaghetti-Diagram.html>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi: <http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Miltenburg, J. One- piece flow manufacturing on U- shaped production lines: a tutorial. *IIE Transactions*, 33(4), 303-321. doi: 10.1080/07408170108936831
- Miltenburg, J. (2001). One- piece flow manufacturing on U- shaped production lines: a tutorial. *IIE Transactions*, 33(4), 303-321. doi: 10.1080/07408170108936831

- Monden, Y. (1998). *Toyota production system : an integrated approach to just-in-time* (I. o. I. Engineers Ed. 3rd ed.).
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). Development of Kaizen case- base for effective technology transfer—a case of visual management technology. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4901-4917. doi: 10.1080/00207540802687471
- Murugan, M., & Selladurai, V. (2007). Manufacturing Cell Design With Reduction In Setup Time Through Genetic Algorithm. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 3(1), 76.
- Nazareno, R. R., Silva, A. L., & Rentes, A. F. (2003). Mapeamento do fluxo de valor para produtos com ampla gama de peças. *XXIII ENEGEP – Ouro Preto*.
- Neumann, W. P., & Medbo, L. (2010). Ergonomic and technical aspects in the redesign of material supply systems: Big boxes vs. narrow bins. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(5), 541-548. doi: 10.1016/j.ergon.2010.06.004
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (P. Press Ed.).
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*: Taylor & Francis.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2010). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075-3090. doi: 10.1080/0020754021000049817
- Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações na indústria e nos serviços* (I. Lidel - edições técnicas Ed. 3.ª ed.).
- Poppendieck, M. (2006). Lean Software Development (pp. 165-166).
- Ramesh, V., & Kodali, R. (2011). A decision framework for maximising lean manufacturing performance. *International Journal of Production Research*, 50(8), 2234-2251. doi: 10.1080/00207543.2011.564665
- Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*. doi: 10.1108/01443570510608619
- ReVelle, J. B. (2001). *Manufacturing Handbook of Best Practices: An Innovation, Productivity, and Quality Focus*: Taylor & Francis.
- Roldão, V. S., & Ribeiro, J. S. (2004). *Organização da Produção e das Operações - Da concepção do trabalho à organização do trabalho* (L. Monitor - Projectos e Edições Ed. 1.ª ed.).
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning To See - Value Stream Mapping to Create Value and Eliminating Muda*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Rubrich, L., & Watson, M. (1998). *Implementing World Class Manufacturing: A Bridge to Your Manufacturing Survival : Shop Floor Manual*: Wcm Associates.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shannon, P. (1997). The value-added ratio. *Quality Progress*, 30(3), 94.

- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing : the SMED systems* (P. Press Ed.).
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint* (P. Press Ed.).
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A., & Johnston, R. (1997). *Administração da produção* (A. S.A. Ed.).
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2010). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, 29(5), 376-390. doi: 10.1016/j.jom.2010.11.005
- Strategos. (2012). Lean Manufacturing Historic Timeline. from http://www.strategosinc.com/lean_manufacturing_history.htm
- Sá, J. C., Carvalho, J. D., & Sousa, R. M. (2011). *Waste Identification Diagrams*.
- Tapping, D. (2003). *The Lean Pocket Guide - Tools for the Elimination of Waste: The Lean Store*.
- Training, A. C. (1999). Poka Yoke. from <http://www.advanced-eng.com.br/glossario.htm>
- Warnecke, H. J., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*, 41(1-3), 37-43. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00080-1](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5273(95)00080-1)
- White, R. E., Ojha, D., & Kuo, C.-C. (2009). A competitive progression perspective of JIT systems: evidence from early US implementations. *International Journal of Production Research*, 48(20), 6103-6124. doi: 10.1080/00207540903226914
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation* (S. Schuster Ed.).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). *Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together* (S. Schuster Ed.). London.
- Zheng, N., & Xiaochun, L. (2009). Comparative study on push and pull production system based on Anylogic. *Electronic Commerce and Business Intelligence, 2009 ECBI 2009. International Conference on*, 455-458. doi: 10.1109/ecbi.2009.26

Anexos

Anexo A – Produtos acabados

Anexo B – Família de produtos

Anexo C – Recolha de dados para a construção do WID

Anexo D – Cálculo das distâncias percorridas

Anexo E – Simulação do funcionamento do *layout* proposto 1

Anexo F – Simulação do funcionamento do *layout* proposto 2

Anexo G – Célula da produção (restante da produção)

Anexo H – Verificação do tempo de embalagem da antena 28249742

Anexo I – Verificação do tempo de embalagem da antena 28257036

Anexo J – Dimensionamento do carrinho transportador

Anexo K – Pedido de orçamento para porta cartões

Anexo A – Produtos acabados

Neste anexo pode-se encontrar representados na Tabela 60 todos os produtos acabados da área de montagem final de antenas, bem com quais as linhas de montagem em que passam assim como quais os postos de teste em que passa cada uma das antenas.

Tabela 60 – Produtos finais

Cliente	Nº produto	Nome do produto	Montagem	Teste
			Linhas	Linhas
BMW	28009458	ANT-ASM,BM-E63E64,GP-TM,	BIG	Zagg
	28009459	ANT-ASM,BM-E63E64,TM,	BIG	Zagg
	28010867	ANT-ASM,BM-E60E61,GP2TM-SD,	BIG	Zagg
	28010868	ANT-ASM,BM-E65,GP2TM-SD,	BIG	Zagg
	28011166	ANT-ASM,BM-E63E64,TM-SD,	BIG	Zagg
	28044966	ANT-ASM,BM-E88,DL	2+2	Zagg
	28074224	ANT-ASM,BM-F01,GP2TM,	F01	Zagg
	28074448	ANT-ASM,BM-F01,GP-TM,	F01	Zagg
	28074581	ANT-ASM,BM-F01,GP2TM-DL,	F01	Zagg
	28074583	ANT-ASM,BM-F01,GP2TM-SD,	F01	Zagg
	28074584	ANT-ASM,BM-F01,TM,	F01	T5
	28090279	ANT-ASM,BM-R57,AM-FM-TM-SD,DH	BIG	Zagg
	28090292	ANT-ASM,BM-R57,AM-FM-TM-DL,DH	BIG	Zagg
	28090396	ANT-ASM,BM-R57,AM-FM,DH	BIG	AM-FM
	28090410	ANT-ASM,BM-R57,AM-FM-TM,DH	BIG	Zagg
	28092763	ANT-ASM,BM-E93,SD,	2+2	Zagg
	28099971	ANT-ASM,BM-E93,DL	2+2	Zagg
	28211833	ANT-ASM,BM-F12,TM-SD	BIG	Zagg
	28249738	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM-GP-TM-SD	BIG	Zagg
	28249740	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM-GP-TM	BIG	T5
	28249742	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM-TM	BIG	T5
	28249744	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM-GP-TM-DL	BIG	Zagg
	28249746	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM-TM-SD	BIG	Zagg
	28257036	ANT-ASM,BM-R56,AM-FM	2+2	AM-FM
	DED11879600	ANT-ASM,BM-E60E61,GP2TM-SD,	BIG	Zagg
	DED11888200	ANT-ASM,BM-E60,GP2TM-DL,	BIG	Zagg
	DED11896800	ANT-ASM,BM-E63/64,TM-DL,	BIG	Zagg
	28324363	ANT-ASM,BM-E63/64,TM-DL	BIG	Zagg
	28108764	ANT-ASM,BM-E83E9X,SP,	Wave trap	Ware trap
	28053458	ANT-ASM,BM-E93,SP,	Wave trap	Ware trap
Ford	28131350	ANT-ASM,FO-ECBP,FM, (bb0a)	ECBP	ECBP
	28131566	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (rr0d)	ECBP	ECBP
	28144720	ANT-ASM,FO-ECBP,TV, (ww0j)	ECBP	ECBP
	28144734	ANT-ASM,FO-ECBP,FM, (bb7a)	ECBP	ECBP

	28144741	ANT-ASM,FO-ECBP,FM-DA, (pp7m)	ECBP	ECBP
	28144759	ANT-ASM,FO-ECBP,FM, (gg2b)	ECBP	ECBP
	28144910	ANT-ASM,FO-ECBP,FM-DA, (pp1n)	ECBP	ECBP
	28144933	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (rr6d)	ECBP	ECBP
	28144938	ANT-ASM,FO-ECBP,FM-DA, (pp2n)	ECBP	ECBP
	28144942	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (mmse)	ECBP	ECBP
	28144949	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (rr3d)	ECBP	ECBP
	28145234	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (mm5e)	ECBP	ECBP
	28145238	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA,REAR (mm0f)	ECBP	ECBP
	28145242	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM, (mm4e)	ECBP	ECBP
	28145246	ANT-ASM,FO-ECBP,FM, (gg0b)	ECBP	ECBP
	28145253	ANT-ASM,FO-ECBP,FM, (gg7b)	ECBP	ECBP
	28145287	ANT-ASM,FO-ECBP,TV, (cc0i)	ECBP	ECBP
	28207214	ANT-ASM,FO-ECBP,FM-DA,REAR (pp0m)	ECBP	ECBP
	28207227	ANT-ASM,FO-ECBP,2TV, (kksp)	ECBP	ECBP
	28207229	ANT-ASM,FO-ECBP,2TV, (ll0o)	ECBP	ECBP
	28207231	ANT-ASM,FO-ECBP,TV,1-3 (cc1i)	ECBP	ECBP
	28207234	ANT-ASM,FO-ECBP,TV,2-4 (ww1j)	ECBP	ECBP
	28246131	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM,REAR (rr8d)	ECBP	ECBP
	28247828	ANT-ASM,FO-ECBP,TV-TS (kk1u)	ECBP	ECBP
	28285236	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA, (ml5r)	ECBP	ECBP
	28316925	ANT-ASM,FO-CD533, AM-FM (rr0d)	ECBP	ECBP
	28241448	ANT-ASM, FO-ECBP, TV-DAB (kk0q)	ECBP	ECBP
	28310294	AMP ASM-BUMPER,B299 (gg0b)	ECBP	ECBP
	28246130	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA,SIDE	ECBP	ECBP
	28246132	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA,Rear	ECBP	ECBP
	28314361	ANT-ASM,FO-ECBP,FM,	ECBP	ECBP
	28314362	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM,	ECBP	ECBP
	28314363	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA,	ECBP	ECBP
	28314365	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM,	ECBP	ECBP
	28314364	ANT-ASM,FO-ECBP,FM,	ECBP	ECBP
	28314359	ANT-ASM,FO-ECBP,AM-FM-DA	ECBP	ECBP
	28320772	FM2/VICS antenna amplifier - ECBP	ECBP	ECBP
	28320773	TV antenna amplifier - ECBP	ECBP	ECBP
Jaguar	28279273	ANT-ASM,JA-X250,AM-FM (rr3d)	ECBP	ECBP
	28279276	ANT-ASM,JA-X250,FM (bb7a)	ECBP	ECBP
	28279286	ANT-ASM,JA-X250,FM-DAB (pp7m)	ECBP	ECBP
	28279287	ANT-ASM,JA-X250,2TV (kk3p)	ECBP	ECBP
	28279288	ANT-ASM,JA-X250,2TV (ll3o)	ECBP	ECBP
	28293334	ANT-ASM,JA-X250,FM-VICS (gg7s)	ECBP	ECBP
	28374254	ANT-ASM,JA-X152, TV/DAB	ECBP	ECBP
	28320770	ANT-ASM,JA-X152, FM2	ECBP	ECBP
	28320767	ANT-ASM,JA-X152, AM-FM	ECBP	ECBP

	28333437	ANT-ASM, JA-X152, TV II	ECBP	ECBP
	28320771	ANT-ASM, JA-X152, FM2/DAB	ECBP	ECBP
Land Rover	28282656	ANT-ASM,LR-L319,FM (gg1b)	ECBP	ECBP
	28293335	ANT-ASM,LR-T5,FM-VICS (bb1t)	ECBP	ECBP
Porsche	28202363	ANT-ASM,PO-9X7,SD,PRIMED	2+2	Zagg
Volvo	28073736	ANT-ASM,VO-P1X,TM,	2+2	T5
	28074082	ANT-ASM,VO-P1X,GP-TM,	2+2	T5
	28074083	ANT-ASM,VO-P1X,GP-TM-SD,	2+2	Zagg
	28111268	ANT-ASM,VO-P1X,SD,	2+2	Zagg
	28119230	ANT-ASM,VO-Y28X,GP-TM-DL,	2+2	Zagg
	28275111	ANT-ASM,VO-Y413,TV (ww9j)	ECBP	ECBP
	28275112	ANT-ASM,VO-Y413,TV (cc9i)	ECBP	ECBP
	28352594	ANT-ASM,VO-CROSS CAR LINE, GP-SD	2+2	Zagg
28352598	ANT-ASM,VO-CROSS CAR LINE, GP	2+2	T5	

Anexo B – Família de produtos

Na Tabela 61 poder-se-á encontrar o agrupamento por famílias de processos de todos os produtos finais em análise.

Tabela 61 – Família de produtos

Cor da família	Produtos por famílias
A	28010867 – 28010868 – DED11879600
B	DED11888200
C	28011166
D	28211833
E	28009458 – 28009459
F	DED11896800 – 28324363
G	28090279 – 28090292 – 28090410
H	28090396
I	28249740 – 28249742 – 28249744 – 28249746 – 28249738
J	28044966 – 28092763 – 28257036
H	28099971
L	28074083 – 28119230
M	28073736 – 28074082
N	28352598
O	28352594 – 28111268
P	28202363
Q	28074224 – 28074448 – 28074581 – 28074583
R	28074584
S	28131350 – 28131566 – 28144720 – 28144942 – 28145238 – 28145246– 28145287 – 28207214 – 28207227 – 28207229– 28316925 – 28241448– 28310294 – 28314363 – 28314365 – 28314364 – 28320772 – 28320773– 28374254 – 28320770 – 28320767 – 28333437 – 28320771 – 28144734– 28144741 – 28144759 – 28144910 – 28144933 – 28144938 – 28144949– 28145234 – 28145242 – 28145253 – 28207231 – 28207234 – 28246131– 28247828 – 28285236 – 28246130 – 28246132 – 28314361 – 28314362– 28314359 – 28279273 – 28279276 – 28279286 – 28279287 – 28279288– 28293334 – 28282656 – 28293335 – 28275111 – 28275112
T	28108764 – 28053458

Anexo C – Recolha de dados para a construção do WID

Para a recolha das 30 amostras foi necessário definir quais os dias a realizar a recolha e as horas que seriam recolhidos os dados. Assim sendo a recolha de dados deu-se nos dias 4, 5 e 6 de Fevereiro de 2013. As horas em que se deu a recolha de dados foram, 8h30min, 9h20min, 10h05min, 10h50min, 11h50min, 14h10min, 14h50min, 15h35min, 16h25min e 17h15min. A tabela da Figura 101 representa a tabela utilizada para a recolha de dados para cada uma das amostras.

Nº observação	Data	Hora	Linha	OAV	Movimentações	Transporte	Monitorização	Mudanças	Esperas	Retrabalho	Avarias
1	04-02-2013	8:30	BIG	3							
			2+2	3							
			F01	3				1		1	
			Ford ECBP	0	1	1					
			Zagg							1	
			T5								
			Teste Ford ECBP	2							
			AM-FM	1							
			Embalagem		1	1					
			Bumper	1							
			Wave trap								

Figura 101 – Tabela de auxílio à recolha de dados

Depois da recolha das 30 amostras fez-se um resumo de todas as observações efetuadas, que se pode ver na Tabela 62.

Tabela 62 – Resultado das 30 amostras

	OVA	Movim.	Transp.	Monito.	Mudança	Espera	Retrabalho	Avaria
BIG	81	0	0	4	0	13	5	0
2+2	33	0	0	2	4	5	1	0
F01	50	3	4	2	7	8	0	1
Ford ECBP	60	11	10	3	4	0	0	0
Teste Ford ECBP	36	14	15	0	1	0	0	3
Zagg	8	2	5	0	0	14	0	0
T5	7	4	2	1	0	5	0	1
AM-FM	3	1	1	0	0	0	0	0
Embalagem	26	15	15	0	0	0	2	0
Bumper	5	1	3	0	0	0	0	0
Wave trap	17	0	1	1	0	1	1	0
Total	326	51	56	13	16	46	9	5
% Utilização MDO	62%	10%	11%	2%	3%	9%	2%	1%

Anexo D – Cálculo das distâncias percorridas

A Tabela 63 ilustra o cálculo de todas as distâncias percorridas entre postos de trabalho na área de montagem final de antenas.

Tabela 63 – Distâncias percorridas entre postos de trabalho

Distância Big – Zagg (metros)	27,13	Distância Big – T5 (metros)	39,8
Nº caixas transportadas de cada vez	2	Nº caixas transportadas de cada vez	2
Produção média diária (antenas/dia)	527,95	Produção média diária (antenas/dia)	113,35
Média de antenas por tabuleiro	13	Média de antenas por tabuleiro	8
Nº de tabuleiros produzidos por dia	40,61	Nº de tabuleiros produzidos por dia	14,17
Nº transportes necessários num dia	20,31	Nº transportes necessários num dia	7,08
Metros gastos em transportes num ano	134952	Metros gastos em transportes num ano	69078
Distância Big – AM-FM (metros)	43,77	Distância 2+2 – Zagg (metros)	24,91
Nº caixas transportadas de cada vez	2	Nº caixas transportadas de cada vez	4
Produção média diária (antenas/dia)	27	Produção média diária (antenas/dia)	414,79
Média de antenas por tabuleiro	8	Média de antenas por tabuleiro	21
Nº de tabuleiros produzidos por dia	3,38	Nº de tabuleiros produzidos por dia	19,75
Nº transportes necessários num dia	1,69	Nº transportes necessários num dia	4,94
Metros gastos em transportes num ano	18098	Metros gastos em transportes num ano	30140
Distância 2+2 – T5 (metros)	33,33333	Distância 2+2 – AM-FM (metros)	37,31
Nº caixas transportadas de cada vez	4	Nº caixas transportadas de cada vez	2
Produção média diária (antenas/dia)	762,0408	Produção média diária (antenas/dia)	247,11
Média de antenas por tabuleiro	18	Média de antenas por tabuleiro	24
Nº de tabuleiros produzidos por dia	42,3356	Nº de tabuleiros produzidos por dia	10,30
Nº transportes necessários num dia	10,5839	Nº transportes necessários num dia	5,15
Metros gastos em transportes num ano	86435	Metros gastos em transportes num ano	47054
Distância F01 – Zagg (metros)	31,66	Distância F01 – T5 (metros)	31,35
Nº caixas transportadas de cada vez	3	Nº caixas transportadas de cada vez	3
Produção média diária (antenas/dia)	1086,83	Produção média diária (antenas/dia)	91,22
Média de antenas por tabuleiro	19	Média de antenas por tabuleiro	19
Nº de tabuleiros produzidos por dia	57,20	Nº de tabuleiros produzidos por dia	4,80
Nº transportes necessários num dia	19,07	Nº transportes necessários num dia	1,60
Metros gastos em transportes num ano	147899	Metros gastos em transportes num ano	12291

Distância ECBP – Teste ECBP (metros)	40,36	Distância Zagg – Embalagem (metros)	29,4
Nº caixas transportadas de cada vez	20	Nº caixas transportadas de cada vez	3
Produção média diária (antenas/dia)	7460,44	Produção média diária (antenas/dia)	2029,57
Média de antenas por tabuleiro	18	Média de antenas por tabuleiro	15
Nº de tabuleiros produzidos por dia	414,47	Nº de tabuleiros produzidos por dia	135,30
Nº transportes necessários num dia	20,72	Nº transportes necessários num dia	45,10
Metros gastos em transportes num ano	204994	Metros gastos em transportes num ano	324866
Distância T5 – Embalagem (metros)	34,91	Distância AM-FM – Embalagem (metros)	41,27
Nº caixas transportadas de cada vez	3	Nº caixas transportadas de cada vez	3
Produção média diária (antenas/dia)	966,61	Produção média diária (antenas/dia)	274,11
Média de antenas por tabuleiro	21,5	Média de antenas por tabuleiro	16
Nº de tabuleiros produzidos por dia	44,96	Nº de tabuleiros produzidos por dia	17,13
Nº transportes necessários num dia	14,99	Nº transportes necessários num dia	5,71
Metros gastos em transportes num ano	128164	Metros gastos em transportes num ano	57745
Distância Teste ECBP - Embalagem (metros)	30,11	Distância Teste ECBP – <i>Bumper</i> (metros)	20,27
Nº caixas transportadas de cada vez	7	Nº caixas transportadas de cada vez	6
Produção média diária (antenas/dia)	6952,79	Produção média diária (antenas/dia)	507,64
Média de antenas por tabuleiro	18	Média de antenas por tabuleiro	24
Nº de tabuleiros produzidos por dia	386,27	Nº de tabuleiros produzidos por dia	21,15
Nº transportes necessários num dia	55,18	Nº transportes necessários num dia	3,53
Metros gastos em transportes num ano	407112	Metros gastos em transportes num ano	17510

Anexo E – Simulação do funcionamento do *layout* proposto 1

Tendo em consideração o *layout* proposto, passou-se em seguida para a sua simulação, no *software* ARENA.

Em primeiro lugar foi construído um diagrama de blocos com o objetivo de simular o processo produtivo. Tal diagrama é composto por: 8 entradas (creator), 11 decisões, 8 dispoze, 9 processos, 24 assign e, 16 records. A Figura 102 que se segue representa o diagrama de blocos.

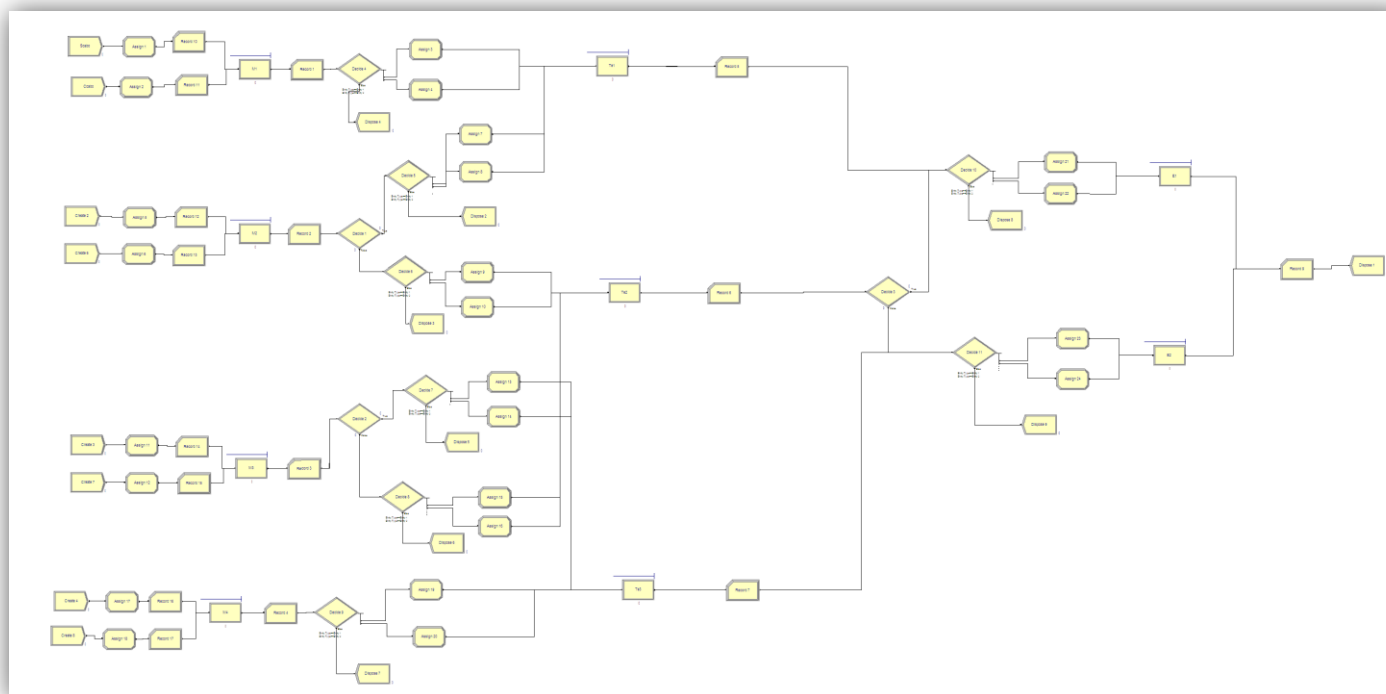


Figura 102 – Diagrama de blocos do *layout* 1

Torna-se agora importante explicar as funcionalidades do diagrama de blocos construído.

- **Processo de entrada**

O conjunto de bloco que se encontra no interior do retângulo vermelho da Figura 103 representa o processo de entrada.

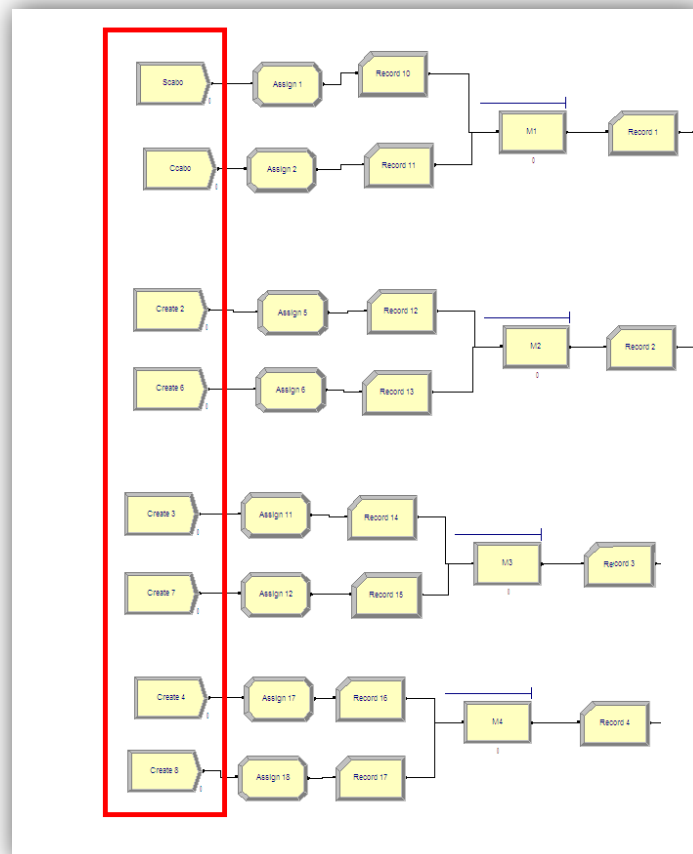


Figura 103 – Processo de entrada

Sabe-se que quando se inicia a produção, todas as matérias-primas encontram-se nas rampas de abastecimento dos postos de montagem. Este conjunto de blocos representa a saída da matéria-prima, associada a cada um dos produtos fabricados nesta unidade produtiva. Pela observação da Figura 103 para cada posto de montagem pode verificar duas entradas, isto porque cada posto pode produzir antenas com cabo e antenas sem cabo. Desta forma é necessário para a simulação saber quantos tabuleiros de cada tipo são produzidos para cada posto de montagem.

Sabendo que a procura média diária é de 9182 antenas o que representam 537 tabuleiros e considerando a proporção de produção, então são necessários 307 tabuleiros de antenas com cabo e 230 tabuleiros sem cabo. Sabendo que existe 4 postos de montagem e que todos eles podem produzir a mesma quantidade de tabuleiros, desde que cada posto produza tabuleiros completos. Então são necessários dois postos de montagem que produzam 58 tabuleiros de antenas sem cabo e os outros dois postos produzam 57 tabuleiros, já os tabuleiros de antenas com cabo são necessários três postos irão produzir 77 tabuleiros e um posto 76.

Por fim, foram atribuídos os tempos de produção para cada tabuleiro, ou seja, um tabuleiro de antenas com cabo demora 252 (21×12) segundos a produzir, já o tabuleiro de antenas sem cabo demora 360 segundos (15×24). Assim como foi definido que o tipo de entidade das antenas sem cabo corresponde a *Entity 1e* que as antenas com cabo correspondem à *Entity 2*.

A Figura 104 representa a introdução destes valores no simulador.

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Scabo	Entity 1	Constant	360	Seconds	1	58	0.0
2	Create 2	Entity 1	Constant	360	Seconds	1	57	0.0
3	Create 3	Entity 1	Constant	360	Seconds	1	58	0.0
4	Create 4	Entity 1	Constant	360	Seconds	1	57	0.0
5	Ccabo	Entity 2	Constant	252	Seconds	1	76	0.0
6	Create 6	Entity 2	Constant	252	Seconds	1	77	0.0
7	Create 7	Entity 2	Constant	252	Seconds	1	77	0.0
8	Create 8	Entity 2	Constant	252	Seconds	1	77	0.0

Figura 104 – Introdução de dados no processo de entrada

- **Processo de Montagem**

O conjunto de blocos dentro do retângulo vermelho da Figura 105 representa o processo de montagem de antenas.

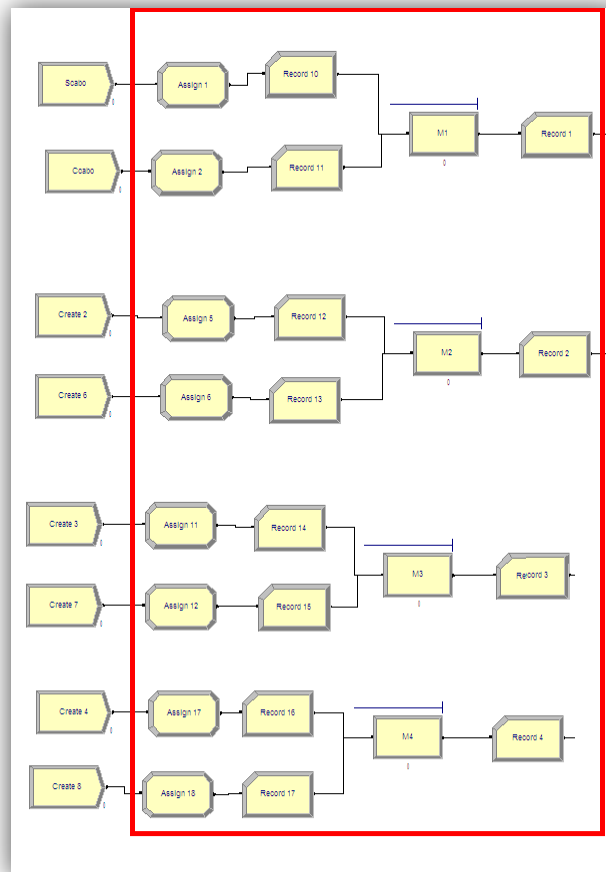


Figura 105 – Processo de montagem

Sabendo que cada tipo de antena possui tempos de ciclo de montagem diferentes, então foi necessário fazer esta distinção. Por isso quando é produzida um tabuleiro de antenas com cabo são assumidos os tempos de ciclo de uma antena com cabo (21 segundos) e a quantidade do seu tabuleiro (12 antenas), caso seja produzido um tabuleiro de antenas sem cabo são assumidos os tempos de ciclo de uma antena sem cabo (15 segundos) e a quantidade do seu tabuleiro (24 antenas). Assim dependendo do produto que entre em produção nos postos de montagem serão utilizados os seus tempos reais. Para isso recorreu-se ao bloco *assign* onde se definiu os tempos de produção de antenas com cabo e das antenas sem cabo e o tipo de atributo. A Figura 106 representa o preenchimento para um tabuleiro de antenas sem cabo.

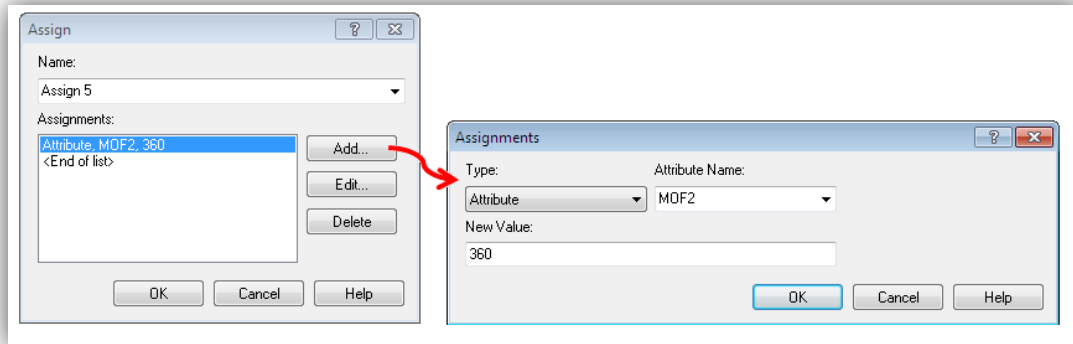


Figura 106 – Introdução de dados no bloco *assign*

Para o preenchimento do bloco do processo de montagem (M1, M2, M3 e M4) foi necessário criar o recurso (MF1, MF2, MF3 e MF4), que se encontra representado na Figura 107. Para o preenchimento deste recurso é necessário escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco *assign* e assim quando se inicia a produção um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas sem cabo. Todo este processo foi repetido para os restantes postos de montagem.

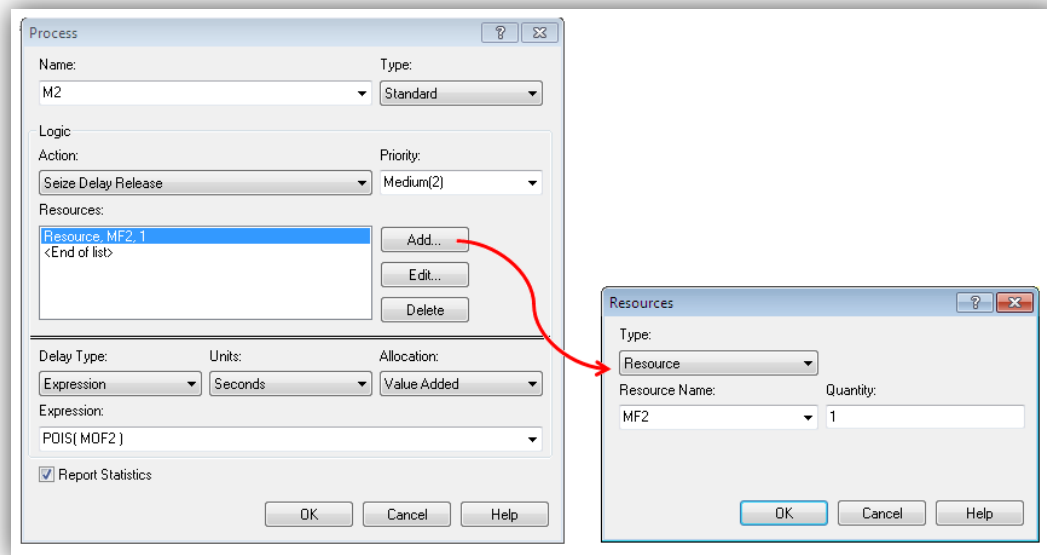


Figura 107 – Introdução de dados no bloco do processo de montagem

- **Processo de Teste**

O conjunto de blocos apresentado na Figura 108 refere-se aos postos de testes das antenas.

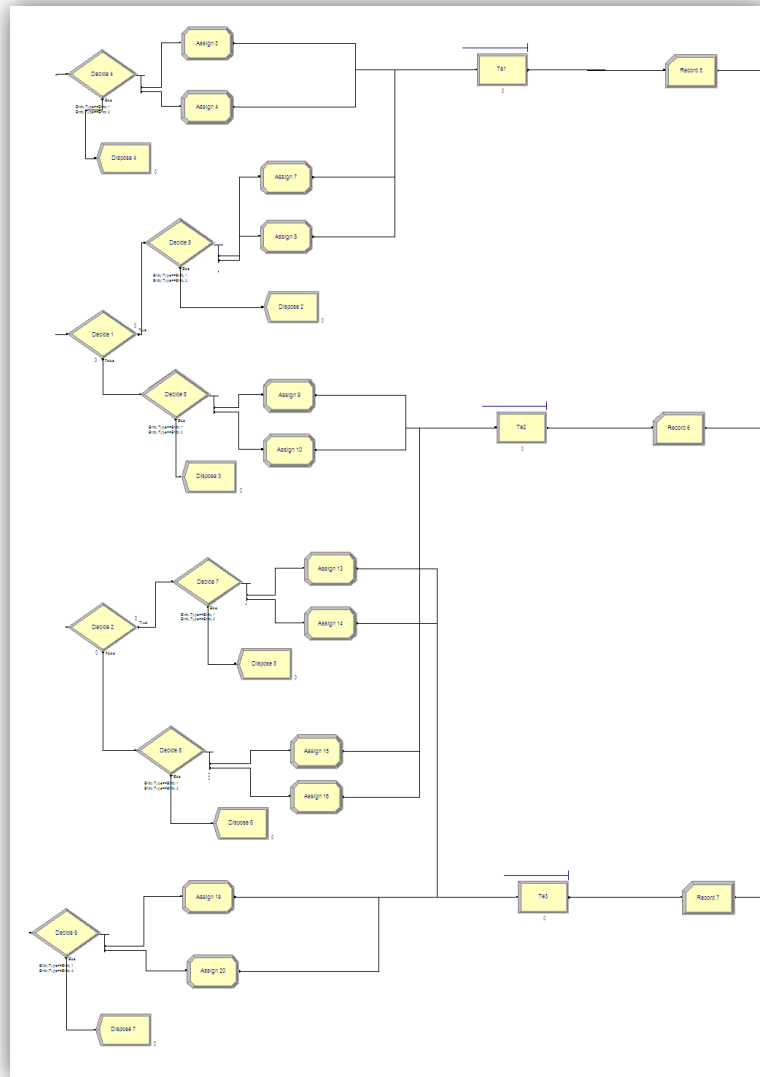


Figura 108 – Processo de teste

Após o processo de montagem as antenas tem que ser testadas. Devido a disposição do *layout* e ao número de postos de montagem e de teste (4 postos de montagem para 3 postos de teste) definiu-se que o posto de montagem M1 e M4 abastecem na sua totalidade o teste T1 e T3, sabendo que a capacidade de um teste é superior à capacidade de um posto de montagem, então definiu-se que o posto de montagem M2 e M3 irá abastecer 33,3% da sua produção ao teste T1 e T3, sendo que a restante

produção será fornecida para o posto de teste T2. Para isso foi introduzido um *decide 1* e *decide 2* para fazer essa distribuição. A figura seguinte mostra isso mesmo.

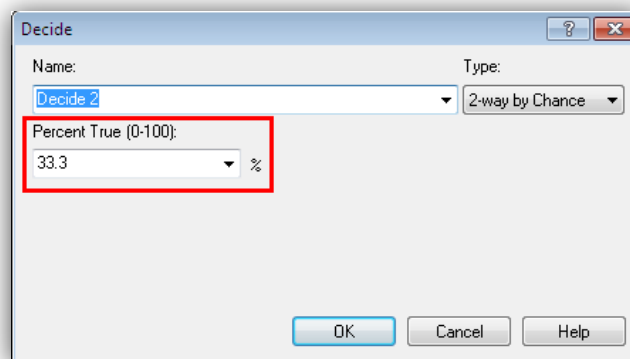


Figura 109 – Introdução de dados no *decide*

Depois desta distribuição foi necessário fazer a distinção de tabuleiros de antenas sem e com cabo vindos do processo de montagem, para isso foi introduzido 6 *decides* onde foram introduzidas condições (atributos) que separam os tabuleiros produzidos na montagem, como mostra a Figura 110.

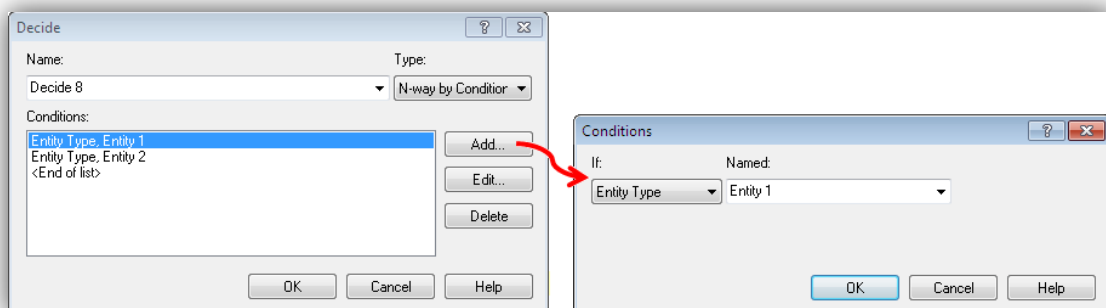


Figura 110 – Introdução de dados no *decide*

Foram introduzidos também *assign's* (depois do *decide*) para identificarem os tempos de ciclo entre o teste de um tabuleiro de antenas com cabo (172,8 segundos) e o teste de um tabuleiro sem cabo (288 segundos), como efetuado no processo de montagem.

Assim como na montagem, nos testes foi necessário criar blocos de processos e associa-lhe o respetivo recurso. Também foi essencial escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da

expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco *assign* e assim quando se inicia a produção um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas com cabo.

- **Processo de Embalagem**

A Figura 111 ilustra os blocos referentes ao posto de embalagens.

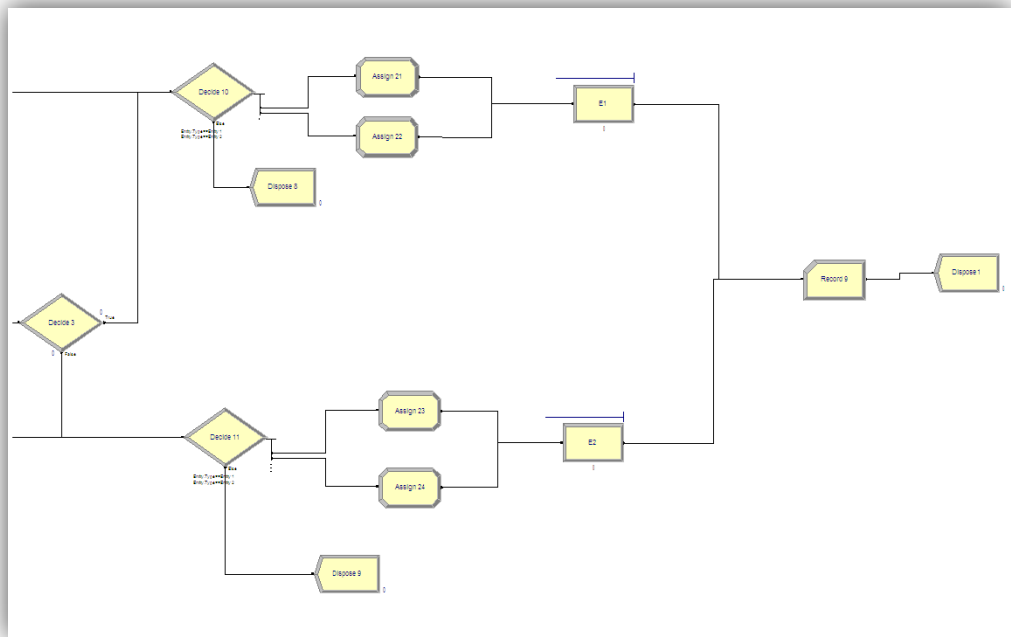


Figura 111 – Processo de embalagem

Após o processo de teste as antenas tem que ser embaladas. Para isso inicialmente, assim como no processo teste foi necessário efetuar a distribuição de produção, uma vez que existem três postos de testes para dois postos de embalagem, assim sendo, o posto de teste 1 abastece na sua totalidade a embalagem 1, assim como o posto de teste 3 abastece na sua totalidade o posto de embalagem 2, já o posto de teste 2 abastece metade da sua produção para cada um dos postos de embalagem. Para realizar esta divisão foi criado um *decide 3*, como ilustra a Figura 112.

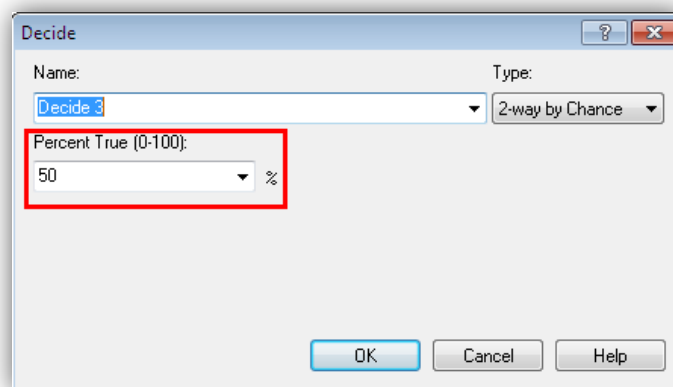


Figura 112 – Introdução de dados no *decide*

Depois disto é necessário fazer a distinção dos tabuleiros de antenas sem e com cabo vindos do processo de teste, para isso foi introduzido um *decide* 10 e 11 onde foram introduzidas condições (atributos) que separam os tabuleiros testados, como efetuados para os testes.

Foram introduzidos também *assign's* (depois do *decide*) para identificarem os tempos de ciclo entre a embalagem de um tabuleiro de antenas com cabo (120 segundos) e a embalagem de um tabuleiro sem cabo (168 segundos), como efetuado no processo de teste.

Para o preenchimento do bloco dos processos de embalagem (E1 e E2) foi necessário criar recursos o EMB1 e o EMB2. Para o preenchimento deste recurso é necessário escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco *assign* e assim quando se inicia o embalamento um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas com cabo.

- **Relatório dos Resultados da Simulação**

Para verificar o funcionamento do *layout* proposto, torna-se importante analisar os resultados obtidos com a simulação efetuada no *software ARENA*, nomeadamente no que diz respeito à quantidade de tabuleiros de antenas com e sem cabo que são produzidas, a quantidade de inventário intermédio, o tempo em espera dos tabuleiros nas filas de espera e a utilização dos recursos.

❖ **Filas de espera**

A Figura 113 ilustra os tempos de espera (Time) e o número de tabuleiros em espera (*Number Waiting*) obtidos para os postos de montagem, testes e embalagens. Note-se que os valores que se encontram na montagem, quer o tempo de espera quer o número de tabuleiros em espera são zero, porque a montagem só retira o material de uma antena das rampas de abastecimento de cada vez, logo nunca cria tabuleiros em espera nem existe tempos de espera deste posto pelas rampas de abastecimento.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
E1.Queue	2.0782	(Insufficient)	0.00	7.2333
E2.Queue	2.9710	(Insufficient)	0.00	12.5833
M1.Queue	161.85	(Insufficient)	0.00	314.87
M2.Queue	163.58	(Insufficient)	0.00	320.22
M3.Queue	166.27	(Insufficient)	0.00	322.63
M4.Queue	164.18	(Insufficient)	0.00	323.03
Te1.Queue	4.3819	(Insufficient)	0.00	13.5000
Te2.Queue	12.9036	(Insufficient)	0.00	29.5833
Te3.Queue	8.9792	(Insufficient)	0.00	23.6667
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
E1.Queue	0.8097	0,240703470	0.00	
E2.Queue	1.1447	(Correlated)	0.00	6.0000
M1.Queue	31.2965	(Insufficient)	0.00	64.0000
M2.Queue	31.6309	(Insufficient)	0.00	65.0000
M3.Queue	32.3911	(Insufficient)	0.00	66.0000
M4.Queue	31.7457	(Insufficient)	0.00	66.0000
Te1.Queue	1.1129	(Insufficient)	0.00	4.0000
Te2.Queue	3.4075	(Correlated)	0.00	8.0000
Te3.Queue	2.3063	(Correlated)	0.00	7.0000

Figura 113 – Relatório dos resultados das filas de espera

Relativamente ao tempo de espera médio (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se, que em média, os tabuleiros esperam 2,0782 minutos para serem embalados no posto de embalagem 1; 2,9710 minutos para serem embalados no posto de embalagem 2; 5,3919 minutos para serem testados no posto de teste 1; 12,9036 minutos para serem testados no posto de teste 2 e 8,9792 minutos para serem testados no posto de teste 3.

Já as unidades médias presentes em cada fila de espera (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se que em média, existem 0,8097 tabuleiros no posto de embalagem 1; 1,447 tabuleiros no posto de embalagem 2; 1129 tabuleiros no posto de teste 1; 3,4075 tabuleiros no posto de teste 2 e 2,3063 tabuleiros no posto de teste 3.

Sabe-se também, que a quantidade média de tabuleiros em curso são de 8,7819, como não se consegue distinguir quantos destes tabuleiros possuem antenas com e sem cabo, então opta-se por fazer para a pior situação, ou seja, considera-se que todos estes tabuleiros possuem 24 antenas, assim sendo, a quantidade de antenas em curso são em média de 211 antenas, aproximadamente, o que equivale a um custo anual de 430,44€.

❖ Recursos

A Figura 114 representa a utilização dos recursos na simulação realizada.

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
EMB1	0.8978	(Insufficient)	0.00	1.0000
Emb2	0.9055	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF1	0.9566	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF2	0.9553	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF3	0.9682	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF4	0.9583	(Insufficient)	0.00	1.0000
T1	0.9311	(Insufficient)	0.00	1.0000
T2	0.9799	(Insufficient)	0.00	1.0000
T3	0.9583	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 114 – Relatório dos resultados dos recursos

Relativamente às utilizações médias dos recursos (valores dentro do retângulo vermelho), pode concluir-se, que em média, a utilização do recurso MF1 é de, aproximadamente 96%, do recurso MF2 é de 96%, aproximadamente, do recurso MF3 é de 97%, aproximadamente e do recurso MF4 é de 96%, aproximadamente. Para o recurso de testes, a média de utilização do recurso T1 é de 93%, aproximadamente, do recurso T2 é de 98%, aproximadamente e do recurso T3 é de 96%, aproximadamente. Por fim a média de utilização dos recursos dos postos de embalagem são, 90% do recurso EMB1, aproximadamente e ao recurso Emb2 é de 91%, aproximadamente.

❖ **Contadores**

Ao longo do modelo realizado foram vários os contadores introduzidos (*record*).

Com a sua introdução é possível verificar quantos tabuleiros são processados em cada um dos posto de trabalho e verificar se a diferença entre tabuleiros com e sem cabo se mantem ao longo de todo processo.

A Figura 115 ilustra as unidades processadas em cada recurso.

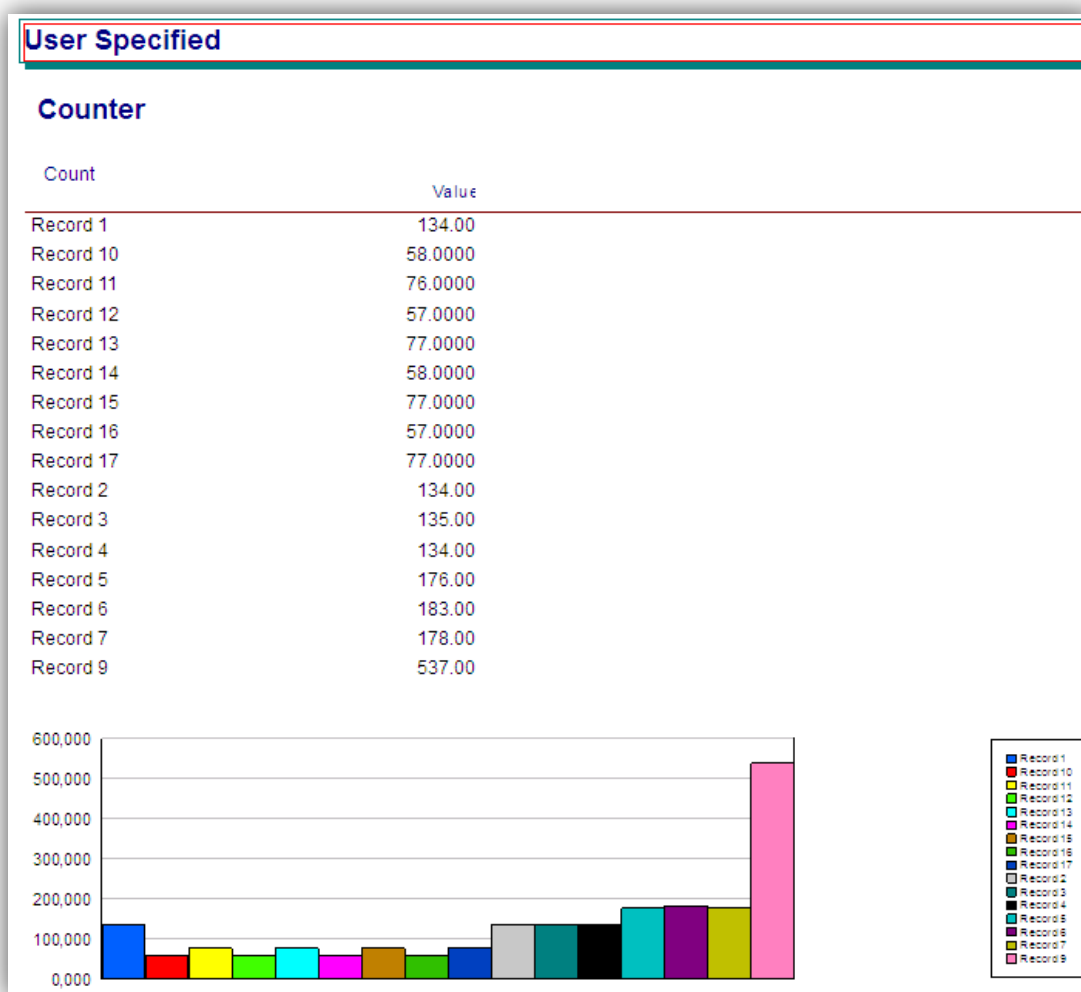


Figura 115 – Relatório de resultados dos contadores

Assim conclui-se que a quantidade total de produto acabado é de 537 tabuleiros, sendo que 307 tabuleiros correspondem a antenas com cabo e 230 tabuleiros correspondem a antenas sem cabo.

❖ **Tempos de processamento**

A Tabela 64 representa os tempos que depois do início da simulação um processo termina.

Tabela 64 – Tempos de processamento

Postos	Tempo de finalização do processo
Montagem	671 minutos
Teste	690 minutos
Embalagem	693 minutos

Com isto pode-se concluir que os processos de montagem terminam a sua produção aos 671 minutos, o processo de testes terminam aos 690 minutos e o processo de embalagem termina aos 693 minutos.

❖ **Cálculo de indicadores de desempenho**

De forma a determinar se existiram melhorias no desempenho com a alteração de *layout*, passara-se de seguida a apresentar três indicadores de desempenho.

○ **Tempo de atravessamento**

Para o cálculo do tempo de atravessamento foi tido em consideração a lei de *Little* como representa a Equação 6, desta forma e conhecendo o tempo de ciclo do sistema produtivo e as quantidades de produtos em curso, pode-se determinar o tempo que cada antena gasta em média para atravessar esse sistema produtivo, isto é, o tempo que uma antena é colocado no sistema até esta ser embalada.

$$\text{Tempo de atravessamento} = \text{Tempo de ciclo} \times \text{WIP} \qquad \text{Equação 6}$$

Assim sendo a Tabela 65 representa o cálculo do tempo de atravessamento do estado inicial e do estado proposto.

Tabela 65 – Cálculo do tempo de atravessamento

	Estado inicial	Estado proposto 1
Quantidade de produtos em curso	9082+1479=10 561	211
Tempo de ciclo (seg)	4,35	4,35
Tempo de atravessamento	$TA = 4,35 \times 10561 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 45940,35 \text{ seg} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 765,67 \text{ minutos}$	$TA = 4,35 \times 211 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 917,85 \text{ seg} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 15,30 \text{ minutos}$

Com isto verifica-se que existe uma redução significativa do tempo de atravessamento, com a adoção deste *layout* proposto.

○ Rácio de valor acrescentado

Segundo Liker (2004) o desperdício num qualquer processo pode representar até 95% do seu tempo total, sendo comum nas organizações, despender o seu esforço para tentar aumentar a produtividade nas operações em que já acrescentam valor aos processos (5%), esquecendo dos ganhos que poderiam obter se aplicassem esse mesmo esforço nas atividades que não acrescentam valor à organização (95%).

O rácio de valor acrescentado (RVA) mede a melhoria em todos os processos em todas as organizações. Para um determinado processo, RVA é igual ao tempo de valor acrescentado, dividido pelo tempo de atravessamento, como indica a Equação 7 (Shannon, 1997).

$$RVA = \frac{\text{Tempo de valor acrescentado}}{\text{Tempo de atravessamento}} \quad \text{Equação 7}$$

Assim sendo, e considerando que os 5% representa o valor de referências, a Tabela 66 compara o rácio de valor acrescentado entre o estado inicial e o estado proposto.

Tabela 66 – Cálculo do rácio de valor acrescentado

	Estado inicial	Estado proposto 1
Tempo de valor acrescentado	$\left(\frac{0,6 \times 15 + 0,4 \times 21}{4}\right) + \left(\frac{0,6 \times 12 + 0,4 \times 14,4}{3}\right) + \left(\frac{0,6 \times 7 + 0,4 \times 10}{2}\right) =$ $= 12,77 \text{ segundos}$	$\left(\frac{0,6 \times 15 + 0,4 \times 21}{4}\right) + \left(\frac{0,6 \times 12 + 0,4 \times 14,4}{3}\right) + \left(\frac{0,6 \times 7 + 0,4 \times 10}{2}\right) =$ $= 12,77 \text{ segundos}$
Tempo de atravessamento (seg)	45940,35	917,85
Rácio de valor acrescentado	$RVA = \frac{12,77}{45940,35} \times 100 = 0,028\%$	$RVA = \frac{12,77}{917,85} \times 100 = 1,39\%$

Como se pode verificar na Tabela 66 com a proposta de *layout* o rácio de valor acrescentado sobe dos 0,028% para os 1,39%.

○ **Eficiência**

Para o cálculo da eficiência da linha do estado proposto recorreu-se a Equação 8.

$$E_f = \frac{\sum \text{tempos de operação}}{N^{\circ} \text{ postos} \times TC} \Leftrightarrow \text{Equação 8}$$

$$\Leftrightarrow E_f = \frac{17,40 + 12,92 + 8,2}{9 \times 4,35} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_f = 98,49\%$$

Assim sendo, a eficiência da linha do estado proposto será de 98,49%.

Anexo F – Simulação do funcionamento do *layout* proposto 2

Após ter-se conhecimento do funcionamento do processo produtivo das antenas e tendo em consideração o *layout* proposto, passou-se em seguida para a sua simulação, no *software* ARENA.

Em primeiro lugar foi construído um diagrama de blocos com o objetivo de simular o processo produtivo. Tal diagrama é composto por: 4 entradas (creator), 2 decisões, 3 dispoze, 4 processos, 8 assign e, 8 records.

Note-se que esta simulação será realizada para um dia de trabalho.

A Figura 116 ilustra o diagrama de blocos construído pelo autor e, o qual se refere à simulação do *layout* proposto 2.

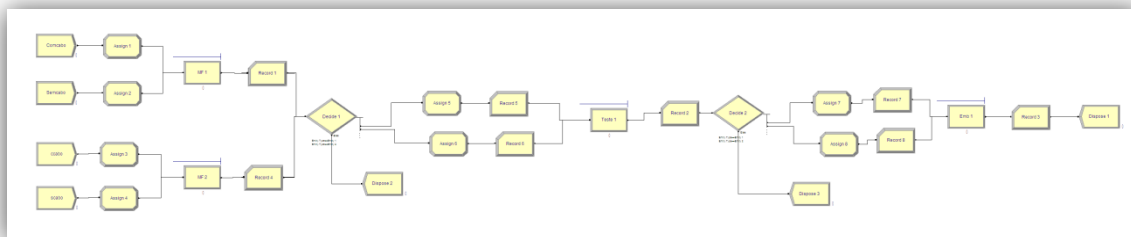


Figura 116 – Diagrama de blocos do *layout* 2

Torna-se agora importante explicar as funcionalidades do diagrama de blocos construído.

- **Processo de entrada**

O conjunto de blocos apresentado na Figura 117 refere-se ao processo de entrada das matérias-primas associadas a cada um dos produtos (antenas com e sem cabo).

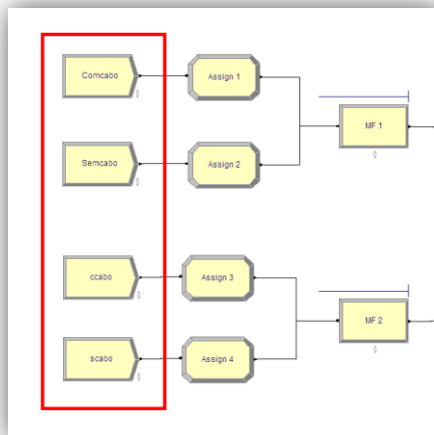


Figura 117 – Processo de entrada

Sabe-se que quando se inicia a produção, todas as matérias-primas encontram-se nas rampas de abastecimento dos postos de montagem. Este conjunto de blocos representa a saída da matéria-prima, associada a cada um dos produtos fabricados nesta unidade produtiva. Pela observação da Figura 117 para cada posto de montagem pode verificar-se duas entradas, isto porque cada posto pode produzir antenas com cabo e antenas sem cabo.

Com isto, torna-se importante para a simulação, saber quantos tabuleiros de cada tipo de antena vão ser produzidos em cada posto de montagem. Note-se que a quantidade de antenas com cabo que um tabuleiro tem capacidade é de 12 e que nas antenas sem cabo cada tabuleiro tem capacidade para 24 antenas.

Como referido anteriormente, a capacidade máxima de uma célula é limitada pela capacidade do teste, então o sistema de teste tem capacidade de produzir 231 tabuleiros por dia (dois turnos), como ilustra a Tabela 45.

Considerando então que o posto de montagem 1 trabalha a 100% e tem capacidade de produzir 2899 antenas ($840,88/(17,40/60)$) e que fazendo a proporção entre a produção de antenas com e sem cabo (40%, 60%), temos que a produção de antenas com cabo corresponde a 96 tabuleiros e a produção sem cabo corresponde a 72 tabuleiros. O que totaliza uma produção de 168 tabuleiros produzidos na montagem 1. Note-se que só são considerados tabuleiros completos. Já para a montagem 2 serão necessários a produção de 36 ($132-96$) tabuleiros com cabo e 27 ($99-72$) tabuleiros de antenas sem cabo.

Por fim, foram atribuídos os tempos de produção para cada tabuleiro, ou seja, um tabuleiro de antenas com cabo demora 252 (21×12) segundos a produzir, já o tabuleiro de antenas sem cabo demora 360 segundos (15×24). Assim como foi definido que o tipo de entidade das antenas com cabo corresponde a *Entity 1e* que as antenas sem cabo correspondem à *Entity 2*.

A Figura 118 representa a introdução destes valores no simulador.

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Comcabo	Entity 1	Constant	252	Seconds	1	96	0.0
2	scabo	Entity 2	Constant	360	Seconds	1	27	0.0
3	Semcabo	Entity 2	Constant	360	Seconds	1	72	0.0
4	ccabo	Entity 1	Constant	252	Seconds	1	36	0.0

Figura 118 – Introdução de dados no processo de entrada

- **Processo de Montagem**

O conjunto de blocos apresentado na Figura 119 refere-se aos postos de montagem final de antenas.

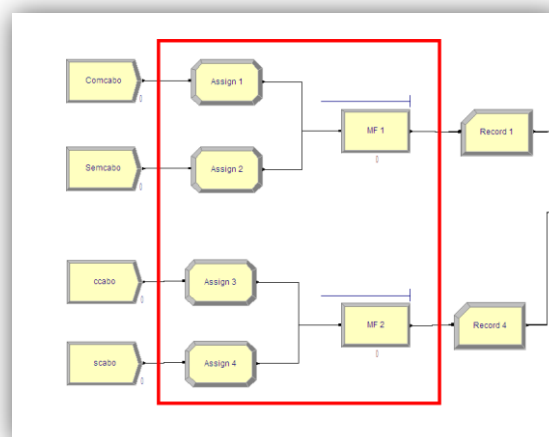


Figura 119 – Processo de montagem

Sabendo que cada tipo de antena possui tempos de ciclo de montagem diferentes, então foi necessário fazer esta distinção. Por isso quando é produzida um tabuleiro de antenas com cabo são assumidos os tempos de ciclo de uma antena com cabo (21 segundos) e a quantidade do seu tabuleiro (12 antenas), caso seja produzido um tabuleiro de antenas sem cabo são assumidos os tempos de ciclo de uma antena sem

cabo (15 segundos) e a quantidade do seu tabuleiro (24 antenas). Assim dependendo do produto que entre em produção nos postos de montagem serão utilizados os seus tempos reais. Para isso recorreu-se ao bloco *assign* onde se definiu os tempos de produção de antenas com cabo e das antenas sem cabo e o tipo de atributo. A Figura 120 representa o preenchimento para um tabuleiro de antenas com cabo.

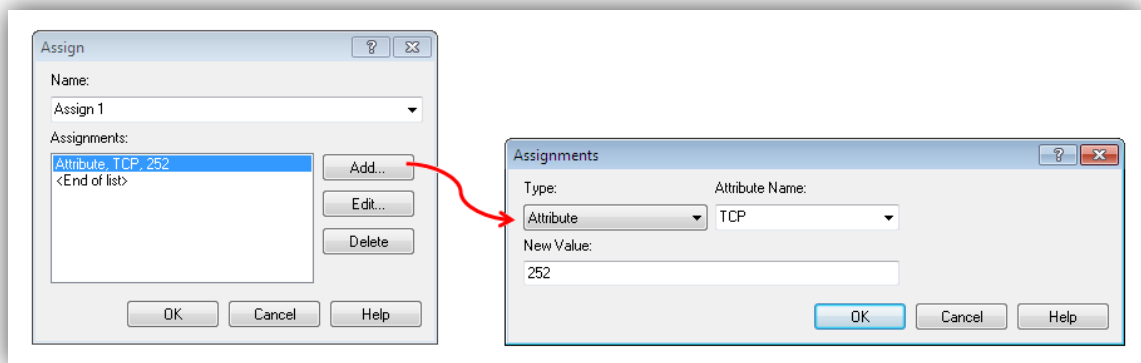


Figura 120 – Bloco *Assign*

Para o preenchimento do bloco do processo de montagem (MF 1 e MF 2) foi necessário criar o recurso (MF1 e MF2), que se encontra representado na Figura 121. Para o preenchimento deste recurso é necessário escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco *assign* e assim quando se inicia a produção um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas sem cabo. Todo este processo foi repetido para o posto de montagem 2.

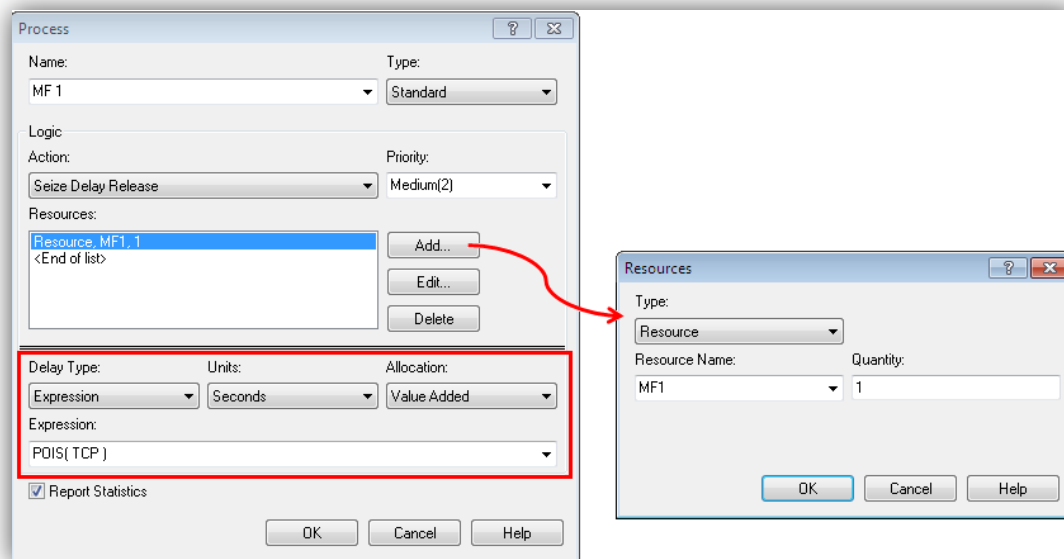


Figura 121 – Introdução de dados no processo de montagem

Sabendo que a pessoa que opera o posto de montagem 2, também efetua a embalagem, por dia então, terá que produzir 63 tabuleiros e embalar 231 tabuleiros de antenas, representando isto, um tempo de montagem no posto 2 de 313,2 minutos (36,66% do tempo) e 541,2 minutos a embalar (63,34% do tempo), com isto as pessoas alocadas ao processo de montagem são 1,3666 e para a embalagem é alocada 0,6334 pessoas. Assim sendo a Figura 122 representa os tempos de ciclo do *layout* proposto.

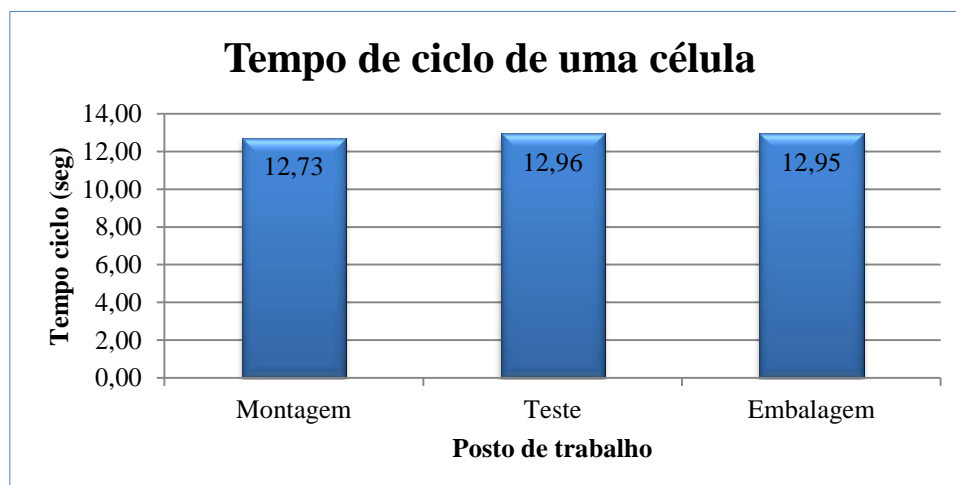


Figura 122 – Tempos de ciclo de uma célula de produção

Considerando então as três células de produção existentes, a Figura 123 representa a comparação entre o tempo que o cliente pede uma antena ao sistema e o tempo que o sistema tem capacidade para responder ao seu pedido.

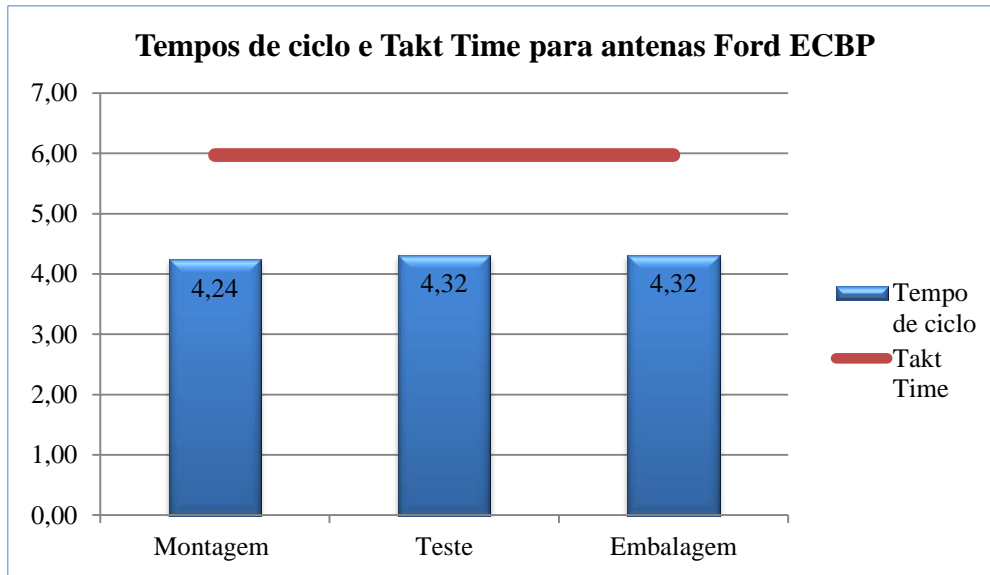


Figura 123 – Tempos de ciclo e *takt time* das células de produção

De forma a introduzir esta informação no modelo apresentado, foi criado um *failure* para a montagem 2 e para o posto de embalagem (ver Figura 124) e, inseridos respetivos tempos em que cada após de montar ou embalar 6 tabuleiros tem que parar para passar para outro posto, como se pode ver pela Figura 125.

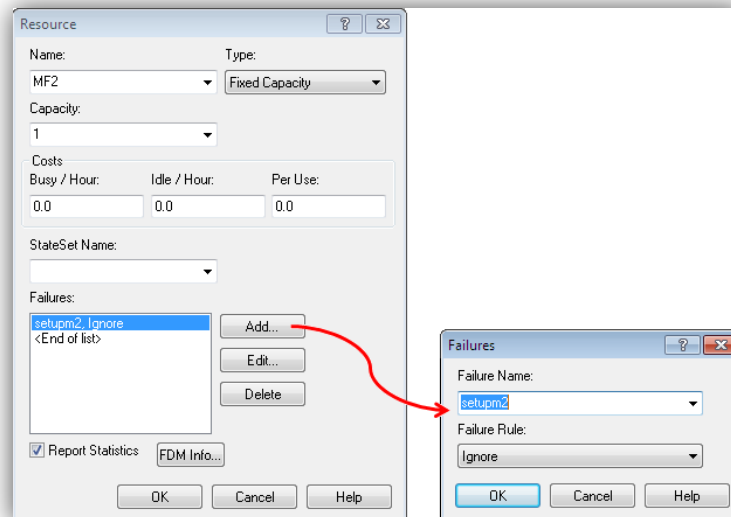


Figura 124 – Criação de uma *failure*

Failure - Advanced Process					
	Name	Type	Count	Down Time	Down Time Units
1	setep1	Count	6	8.1	Minutes
2 ▶	setupm2	Count	6	51.5	Minutes

Figura 125 – Introdução de dados no processo de falha

Estes tempos de paragem foram calculados através do número de paragens em que cada posto tem que realizar no final de produzir 6 tabuleiros e o tempo que o posto está operacional. Por exemplo, a montagem 2 vai produzir 63 tabuleiros e vai fazer paragens de 6 em 6 tabuleiros, logo o número de paragens será de 10,5. Logo o tempo que tem que estar parada será $541,2/10,5$ o que corresponde a 51,5 minutos. Já a embalagem irá embalar 231 tabuleiros, logo o número de paragens será de 38,5, logo o tempo que tem que estar parado será $313,2/38,5$ o que corresponde a 8,1 minutos.

- **Processo de Teste**

O conjunto de blocos apresentado na Figura 126 refere-se ao posto de teste de antenas.

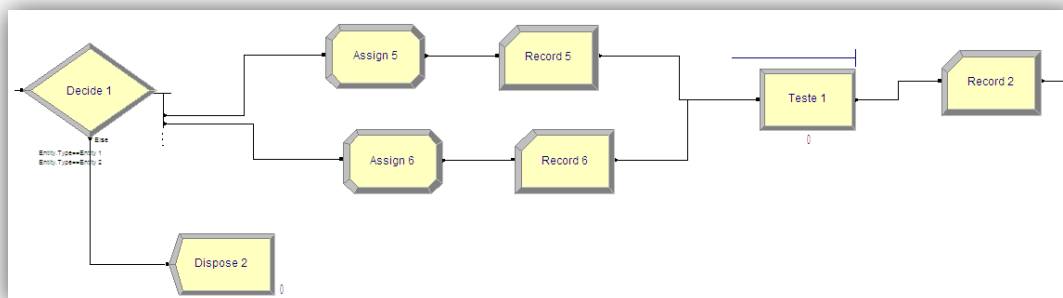


Figura 126 – Processo de teste

Após o processo de montagem as antenas tem que ser testadas. Para isso inicialmente foi necessário distinguir os tabuleiros de antenas sem e com cabo vindos do processo de montagem, para isso foi introduzido um *decide 1* onde foram introduzidas condições (atributos) que separam os tabuleiros produzidos na montagem, como mostra a Figura 127.

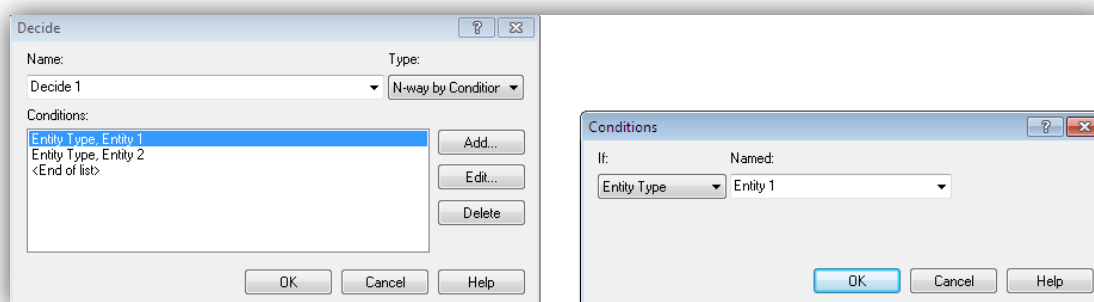


Figura 127 – Introdução de dados no bloco *decide*

Foram introduzidos também *assign's* (depois do *decide*) para identificarem os tempos de ciclo entre a produção de um tabuleiro de antenas com cabo e a produção de um tabuleiro sem cabo, como efetuado no processo de montagem final.

Para o preenchimento do bloco do processo de teste (Teste 1) foi necessário criar o recurso (T1), que se encontra representado na Figura 128. Para o preenchimento deste recurso é necessário escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco assign e assim quando se inicia a produção um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas com cabo.

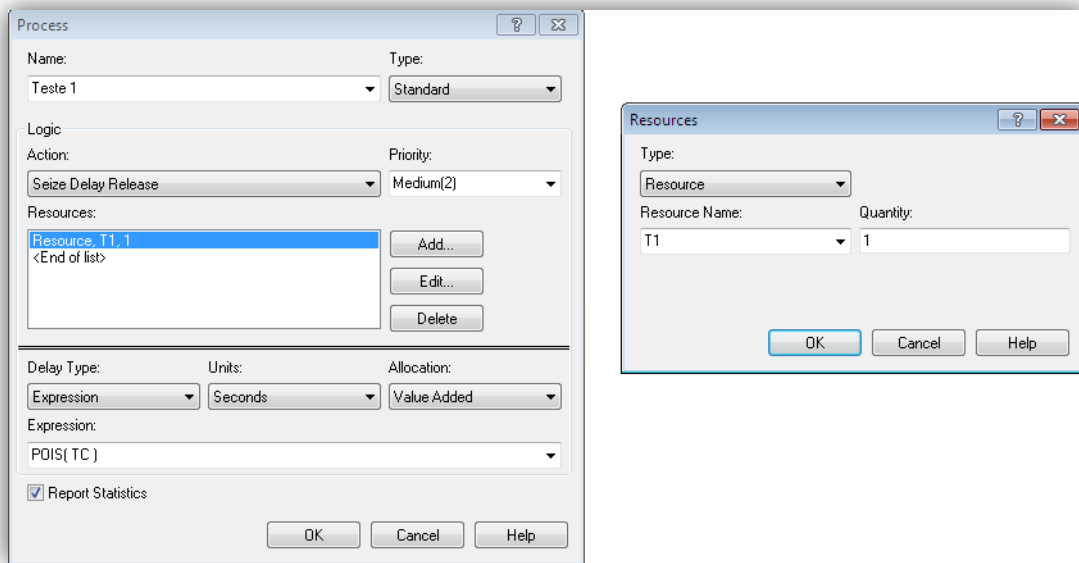


Figura 128 – Introdução de dados no processo de teste

- **Processo de Embalagem**

O conjunto de blocos apresentado na Figura 129 refere-se ao posto de embalagem de antenas.

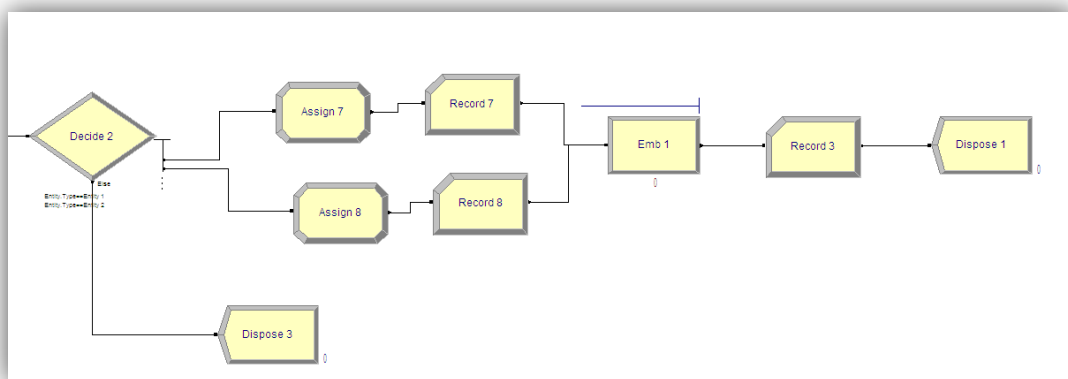


Figura 129 – Processo de embalagem

Após o processo de teste as antenas tem que ser embaladas. Para isso inicialmente, assim como no processo teste foi necessário distinguir os tabuleiros de antenas sem e com cabo vindos do processo de teste, para isso foi introduzido um *decide 2* onde foram introduzidas condições (atributos) que separam os tabuleiros produzidos nos testes, como mostra a Figura 130.

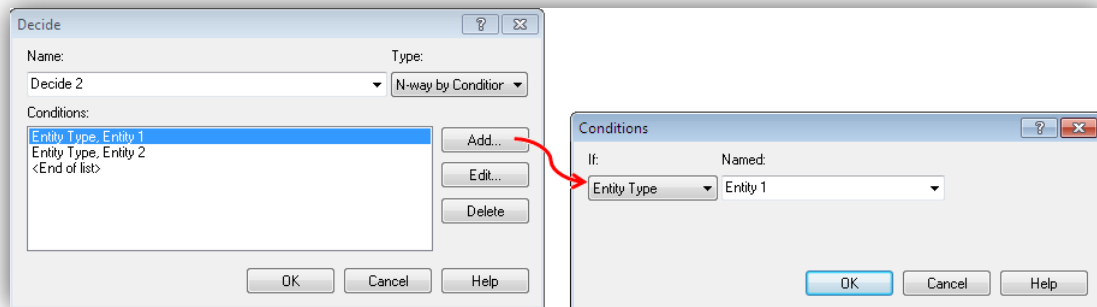


Figura 130 – Introdução de dados no bloco *decide*

Foram introduzidos também *assign's* (depois do *decide*) para identificarem os tempos de ciclo entre a produção de um tabuleiro de antenas com cabo e a produção de um tabuleiro sem cabo, como efetuado no processo de teste.

Para o preenchimento do bloco do processo de embalagem (Emb1) foi necessário criar o recurso (E1), que se encontra representado na Figura 131. Para o preenchimento deste recurso é necessário escolher a expressão que possibilite a distinção entre a produção de antenas com e sem cabo. Após a escolha da expressão (POIS) introduz-se o nome do atributo definido no bloco *assign* e assim quando se inicia a produção um tabuleiro de antenas sem cabo o recurso utiliza os tempos de ciclo das antenas sem cabo.

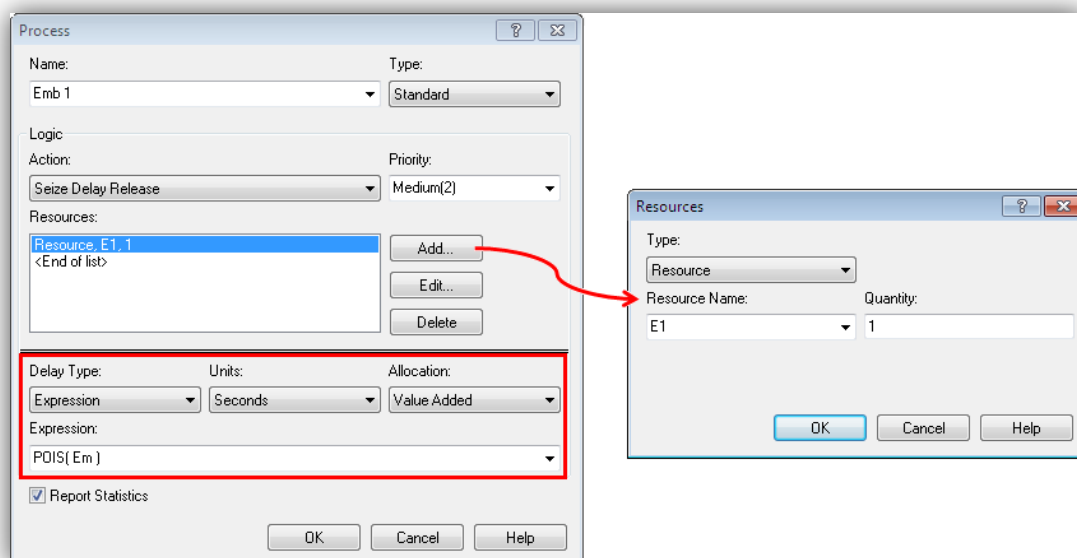


Figura 131 – Introdução de dados no processo de embalagem

- **Relatório dos Resultados da Simulação**

Para verificar o funcionamento da unidade produtiva em estudo, torna-se importante analisar os resultados obtidos com a simulação efetuada no *software ARENA*, nomeadamente no que diz respeito à quantidade de tabuleiros de antenas com e sem cabo que são produzidas, a quantidade de inventário intermédio, o tempo em espera dos tabuleiros nas filas de espera e a utilização dos recursos.

- ❖ **Filas de espera**

A Figura 132 ilustra os tempos de espera e o número de tabuleiros em espera obtidos para os postos de montagem 1, montagem 2, teste e embalagens. Note-se que os valores que se encontram na montagem 1 e 2, quer o tempo de espera quer o número de tabuleiros em espera são zero, porque a montagem só retira o material de uma antena das rampas de abastecimento de cada vez, logo nunca cria tabuleiros em espera nem existe tempos de espera deste posto pelas rampas de abastecimento.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Emb 1.Queue	4.8835	(Insufficient)	0.00	11.8000
MF 1.Queue	209.02	(Insufficient)	0.00	405.35
MF 2.Queue	323.39	(Insufficient)	0.00	665.42
Teste 1.Queue	13.2171	(Insufficient)	0.00	25.3500
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Emb 1.Queue	1.3026	(Correlated)	0.00	4.0000
MF 1.Queue	40.5490	(Correlated)	0.00	82.0000
MF 2.Queue	23.5262	(Insufficient)	0.00	51.0000
Teste 1.Queue	3.5256	0,491418685	0.00	7.0000

Figura 132 – Relatório de dados das filas de espera

Relativamente ao tempo de espera médio (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se, que em média, os tabuleiros esperam 4,88 minutos para serem embalados e 13,22 minutos para ser testados.

Já as unidades médias presentes em cada fila de espera (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se que em média, existem 1,3 tabuleiros na embalagem e 3,53 tabuleiros nos testes.

Sabe-se também, que a quantidade média de tabuleiros em curso são de 4,83, como não se consegue distinguir quantos destes tabuleiros possuem antenas com e sem cabo, então opta-se por fazer para a pior situação, ou seja, considera-se que todos estes tabuleiros possuem 24 antenas, assim sendo, a quantidade de antenas em curso são em média de 116 antenas em cada célula, o que equivale a um custo anual de 709,92€ para as três células.

❖ Recursos

A Figura 133 representa a utilização dos recursos na simulação realizada.

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	E1	0.6224	(Insufficient)	0.00
MF1	0.9664	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF2	0.3606	(Insufficient)	0.00	1.0000
T1	0.9885	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 133 – Relatório de dados da utilização dos recursos

Relativamente às utilizações médias dos recursos (valores dentro do retângulo vermelho), pode concluir-se, que em média, a utilização do recurso MF1 é de, aproximadamente 97%, do recurso T1 é de 99% e sabendo que o recurso MF2 e E1 é executado por uma só pessoa, então a utilização é de, aproximadamente 98%.

❖ Contadores

Ao longo do modelo realizado foram vários os contadores introduzidos (*record*). Com a sua introdução é possível verificar quantos tabuleiros são processados em cada um dos posto de trabalho e verificar se a diferença entre tabuleiros com e sem cabo se mantem ao longo de todo processo.

A Figura 134 ilustra as unidades processadas em cada recurso.

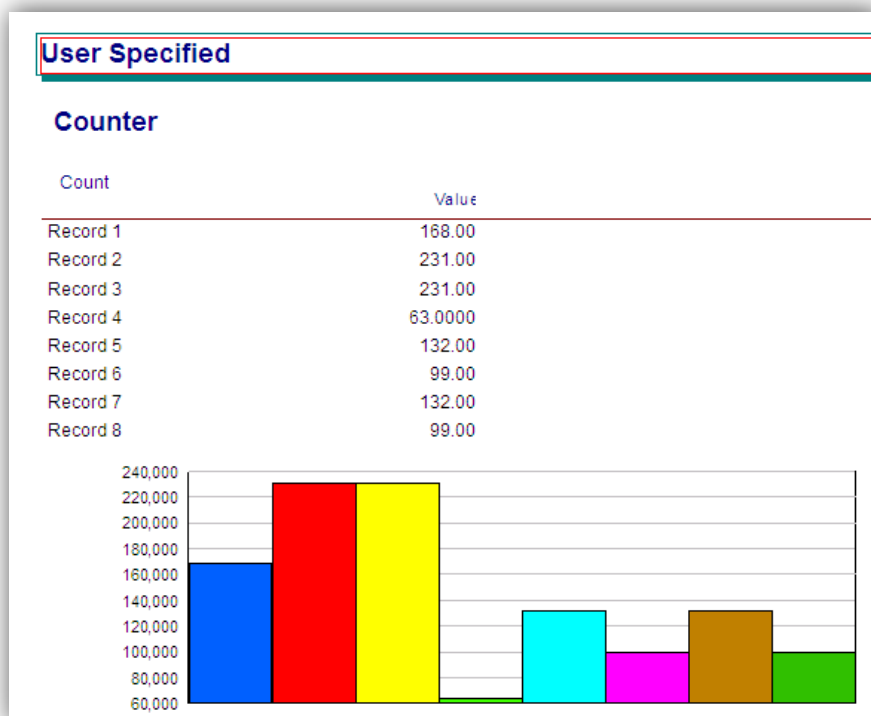


Figura 134 – Relatório de dados do *record*

Assim conclui-se que a quantidade total de produto acabado é de 231 tabuleiros, 132 tabuleiros correspondem a antenas com cabo e 99 tabuleiros correspondem a antenas sem cabo.

❖ Tempos de processamento

A Tabela 67 representa os tempos que depois do início da simulação um processo termina.

Tabela 67 – Tempos de processamento

Posto	Tempo de finalização do processo
Montagem	837 minutos
Teste	859 minutos
Embalagem	866 minutos

❖ Cálculo de indicadores de desempenho

De forma a determinar se existiram melhorias no desempenho com a alteração de *layout*, passara-se de seguida a apresentar três indicadores de desempenho.

○ **Tempo de atravessamento**

Para o cálculo do tempo de atravessamento foi tido em consideração a lei de *Little* como representa a Equação 6, desta forma e conhecendo o tempo de ciclo do sistema produtivo e as quantidades de produtos em curso, pode-se determinar o tempo de atravessamento.

Assim sendo a Tabela 68 representa o cálculo do tempo de atravessamento do estado inicial e do estado proposto 2.

Tabela 68 – Cálculo do tempo de atravessamento

	Estado inicial	Estado proposto 2
Quantidade de produtos em curso	9082+1479=10 561	116
Tempo de ciclo (seg)	4,35	4,32
Tempo de atravessamento	$TA = 4,35 \times 10561 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 45940,35 \text{ seg} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 765,67 \text{ minutos}$	$TA = 4,32 \times 136 \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 501,12 \text{ seg} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow TA = 8,352 \text{ minutos}$

Com isto verifica-se uma redução do tempo de atravessamento entre o estado inicial e o *layout* proposto 2, assim como existe uma redução de tempo de atravessamento entre o *layout* proposto 1 e o *layout* proposto 2.

○ **Rácio de valor acrescentado**

Para o cálculo do rácio de valor acrescentado foi tido em consideração os mesmos parâmetros referidos anteriormente para o cálculo do rácio de valor acrescentado do *layout* proposto 1, assim sendo a Tabela 69 representa a comparação entre o rácio de valor acrescentado entre o estado inicial e *layout* proposto 2.

Tabela 69 – Cálculo do rácio de valor acrescentado

	Estado inicial	Estado proposto 2
Tempo de valor acrescentado	$\left(\frac{0,6 \times 15 + 0,4 \times 21}{4}\right) + \left(\frac{0,6 \times 12 + 0,4 \times 14,4}{3}\right) + \left(\frac{0,6 \times 7 + 0,4 \times 10}{2}\right) =$ $= 12,77 \text{ segundos}$	$\left(\frac{0,6 \times 15 + 0,4 \times 21}{1,3666}\right) + \left(\frac{0,6 \times 12 + 0,4 \times 14,4}{1}\right) + \left(\frac{0,6 \times 7 + 0,4 \times 10}{0,6334}\right) =$ $= 12,88 \text{ segundos}$
Tempo de atravessamento (seg)	45940,35	501,12
Rácio de valor acrescentado	$RVA = \frac{12,77}{45940,35} \times 100 = 0,028\%$	$RVA = \frac{12,88}{501,12} \times 100 = 2,57\%$

Assim sendo, pode-se verificar que o rácio de valor acrescentado da proposta de *layout* 2 aumentou em relação ao estado inicial, bem como ao *layout* proposto 1.

○ Eficiência

Para o cálculo da eficiência da linha do estado proposto recorreu-se a Equação 9. Desta forma, a eficiência da linha da proposta de *layout* 2 é de 99,16%, sendo superior ao da proposta do *layout* proposto 1.

$$E_f = \frac{\sum \text{tempos de operação}}{N^\circ \text{ postos} \times TC} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_f = \frac{17,38 + 12,92 + 8,21}{9 \times 4,32} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_f = 99,16\%$$

Equação 9

Anexo G – Célula da produção (restante da produção)

Sabendo que a procura média diária é de 9182 antenas o que corresponde a 537 tabuleiros, então para além de duas células sempre ligadas os dois turnos, ficam a faltar 75 tabuleiros. Para isso, foi utilizado o mesmo modelo de simulação descrito no Anexo F, fazendo com isto algumas alterações de valores a produzir.

- **Processo de entrada**

No processo de entrada foram mantidos os tempos de ciclo dos tabuleiros das antenas com e sem cabo, assim como os atributos, a única alteração foi a quantidade de tabuleiros que se irá produzir. Então temos que, dos 75 tabuleiros, 43 ($307 - 132 \times 2$) representam tabuleiros de antenas com cabo e 32 ($230 - 99 \times 2$) tabuleiros representam antenas sem cabo.

Para o teste de 43 tabuleiros de antenas com cabo são necessários 123,84 minutos ($43 \times 12 \times 14,4 / 60$) e para o teste de 32 tabuleiros de antenas sem cabo são necessários 153,60 minutos ($32 \times 24 \times 12 / 60$), totalizando um tempo total de teste de 277,44 minutos. Tendo em conta este tempo disponível, a montagem só poderá produzir 956 antenas ($277,44 / (17,40 / 60)$). Fazendo a proporção de produção, serão produzidos 32 tabuleiros de antenas com cabo e 24 tabuleiros de antenas sem cabo, totalizando uma produção de 56 tabuleiros. Assim sendo a montagem 2 produzirá 19 tabuleiros (11 tabuleiros com cabo e 8 tabuleiros sem cabo).

A Figura 135 representa a introdução destes valores.

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Comcabo	Entity 1	Constant	252	Seconds	1	32	0.0
2	scabo	Entity 2	Constant	360	Seconds	1	8	0.0
3	Semcabo	Entity 2	Constant	360	Seconds	1	24	0.0
4	ccabo	Entity 1	Constant	252	Seconds	1	11	0.0

Figura 135 – Introdução de dados no processo entrada

- **Processo de montagem**

Todos os recursos e os dados introduzidos para o processo de montagem, teste e embalagem mantêm-se iguais ao do Anexo F.

- **Relatório dos Resultados da Simulação**

Para verificar o funcionamento da unidade produtiva em estudo, torna-se importante analisar os resultados obtidos com a simulação efetuada no *software ARENA*.

- ❖ **Filas de espera**

A Figura 136 ilustra os tempos de espera e o número de tabuleiros em espera obtidos para os postos de montagem 1, montagem 2, teste e embalagens. Note-se que os valores que se encontram na montagem 1 e 2, quer o tempo de espera quer o número de tabuleiros em espera são zero, porque a montagem só retira o material de uma antena das rampas de abastecimento de cada vez, logo nunca cria tabuleiros em espera nem existe tempos de espera deste posto pelas rampas de abastecimento.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Emb 1.Queue	4.4464	(Insufficient)	0.00	10.4333
MF 1.Queue	70.2911	(Insufficient)	0.00	136.98
MF 2.Queue	81.6096	(Insufficient)	0.00	203.97
Teste 1.Queue	8.1567	(Insufficient)	0.00	16.5333
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Emb 1.Queue	1.1460	(Insufficient)	0.00	3.0000
MF 1.Queue	13.5268	(Insufficient)	0.00	28.0000
MF 2.Queue	5.3285	(Insufficient)	0.00	13.0000
Teste 1.Queue	2.1022	(Insufficient)	0.00	5.0000

Figura 136 – Relatório de dados das filas de espera

Relativamente ao tempo de espera médio (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se, que em média, os tabuleiros esperam 4,45 minutos para serem embalados e 8,16 minutos para ser testados.

Já as unidades médias presentes em cada fila de espera (valores dentro do retângulo vermelho) pode concluir-se que em média, existem 1,15 tabuleiros na embalagem e 2,10 tabuleiros nos testes.

❖ **Recursos**

A Figura 137 representa a utilização dos recursos na simulação realizada.

Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
E1	0.6048	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF1	0.9644	(Insufficient)	0.00	1.0000
MF2	0.3289	(Insufficient)	0.00	1.0000
T1	0.9566	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 137 – Relatório de dados da utilização dos recursos

Relativamente às utilizações médias dos recursos (valores dentro do retângulo vermelho), pode concluir-se, que em média, a utilização do recurso MF1 é de, aproximadamente 96%, do recurso T1 é de 96% e sabendo que o recurso MF2 e E1 é executado por uma só pessoa, então a utilização é de, aproximadamente 93%.

❖ **Contadores**

Ao longo do modelo realizado foram vários os contadores introduzidos (*record*). Com a sua introdução é possível verificar quantas tabuleiros são processadas em cada um dos posto de trabalho e verificar se a diferença entre tabuleiros com e sem cabo se mantem ao longo de todo processo.

A Figura 138 ilustra as unidades processadas em cada recurso.

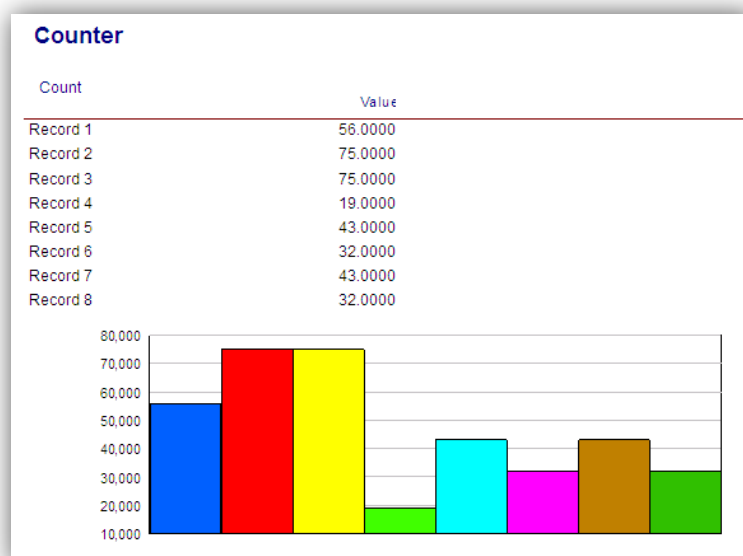


Figura 138 – Relatório de dados do *record*

Assim conclui-se que a quantidade total de produto acabado é de 75 tabuleiros, 43 tabuleiros correspondem a antenas com cabo e 32 tabuleiros correspondem a antenas sem cabo.

- **Tempos de processamento**

A Tabela 70 representa os tempos que depois do início da simulação um processo termina.

Tabela 70 – Tempo de processamento

Posto	Tempo de finalização do processo
Montagem	281 minutos
Teste	286 minutos
Embalagem	291 minutos

Anexo H – Verificação do tempo de embalagem da antena 28249742

Pela observação da Tabela 50 pode-se verificar que o tempo que falta para se poder efetuar a embalagem no posto de teste é de 1 segundo.

Com isto, sabe-se que a capacidade da embalagem deste tipo de antena é de 24 antenas, sendo que os tabuleiros onde elas são colocadas durante o processo de montagem e de teste têm capacidade para 8 antenas. Assim sendo, para completar uma embalagem são necessários 3 tabuleiros de antenas.

Como é necessário a perda de 1 segundo por antena no posto de teste, que durante uma hora de funcionamento produz 168 antenas, então são necessários trabalhar mais 2,8 minutos (168/60) por hora para manter o mesmo número de antenas produzidas.

Agora torna-se importante, verificar quanto tempo em transporte este operário despende para transportar atualmente os tabuleiros para o inventário das embalagens, assim como o tempo que o operário da embalagem perde em transporte para transportar os tabuleiros para o seu posto.

A Tabela 71 indica o tempo despendido entre deslocações entre o posto de teste T5 e o posto de embalagem.

Tabela 71 – Tempo de transporte entre postos

	Do posto de teste T5 para o inventário	Do inventário para o posto de embalagem
Nº de antenas numa hora	168	168
Número de tabuleiros	21	21
Quantidade de tabuleiros que são transportados de cada vez	2	4
Número de deslocações	11	6
Tempo numa deslocação	15 segundos	20 segundos
Tempo necessário para o transporte	2,75 minutos	2 minutos
Total em transporte	4,75 minutos	

Como se pode verificar pela Tabela 71, o tempo que o posto de teste T5 utiliza para transporte, onde a máquina de teste se encontra parada é praticamente igual ao tempo que a máquina iria estar parada para se efetuar o processo de embalagem.

Assim sendo, pode-se concluir que o tempo despendido em transportes (4,75 minutos) mais o tempo que seria despendido para se proceder à embalagem no posto de embalagem, justifica que seja mais viável efetuar o processo de embalamento no posto de teste T5.

Anexo I – Verificação do tempo de embalagem da antena 28257036

Pela observação da Tabela 50 pode-se verificar que o tempo que falta para se poder efetuar a embalagem no posto de teste é de 2 segundo.

Com isto, sabe-se que a capacidade da embalagem deste tipo de antena é de 66 antenas, sendo que os tabuleiros onde elas são colocadas durante o processo de montagem e de teste têm capacidade para 24 antenas. Assim sendo, para completar uma embalagem são necessários aproximadamente 3 tabuleiros de antenas.

Como é necessário a perda de 2 segundo por antena no posto de teste, que durante uma hora de funcionamento produz 420 antenas, então são necessários trabalhar mais 14 minutos (840/60) por hora para manter o mesmo número de antenas produzidas.

Agora torna-se importante, verificar quanto tempo em transporte este operário depende para transportar atualmente os tabuleiros para o inventário das embalagens, assim como o tempo que o operário da embalagem perde em transporte para transportar os tabuleiros para o seu posto.

A Tabela 72 indica o tempo despendido entre deslocações entre o posto de teste AM-FM e o posto de embalagem.

Tabela 72 – Tempo de transporte entre postos

	Do posto de teste AM-FM para o inventário	Do inventário para o posto de embalagem
Nº de antenas numa hora	420	420
Número de tabuleiros	17,5	17,5
Quantidade de tabuleiros que são transportados de cada vez	2	4
Número de deslocações	9	5
Tempo numa deslocação	24 segundos	20
Tempo necessário para o transporte	3,6 minutos	1,67 minutos
Total em transporte	5,27 minutos	

Como se pode verificar pela Tabela 72, o tempo que o posto de teste AM-FM utiliza para transporte, onde a máquina de teste se encontra parada é inferior ao tempo que a máquina iria estar parada para se efetuar o processo de embalagem.

Sabendo que o tempo de ciclo de teste é de 14,4 segundos, então com os 14 minutos que a máquina iria estar parada implicava a não produção de 58 antenas, aproximadamente.

Assim sendo, pode-se concluir que o tempo despendido em transportes (5,27 minutos) mais a não produção de 58 antenas por hora, não justifica que seja efetuar o processo de embalamento no posto de teste AM-FM.

Anexo J – Dimensionamento do carrinho transportador

A Figura 139 representa o desenho técnico do carrinho transportador que irá ser utilizado para se efetuar o transporte de embalagens para a zona de paletização.

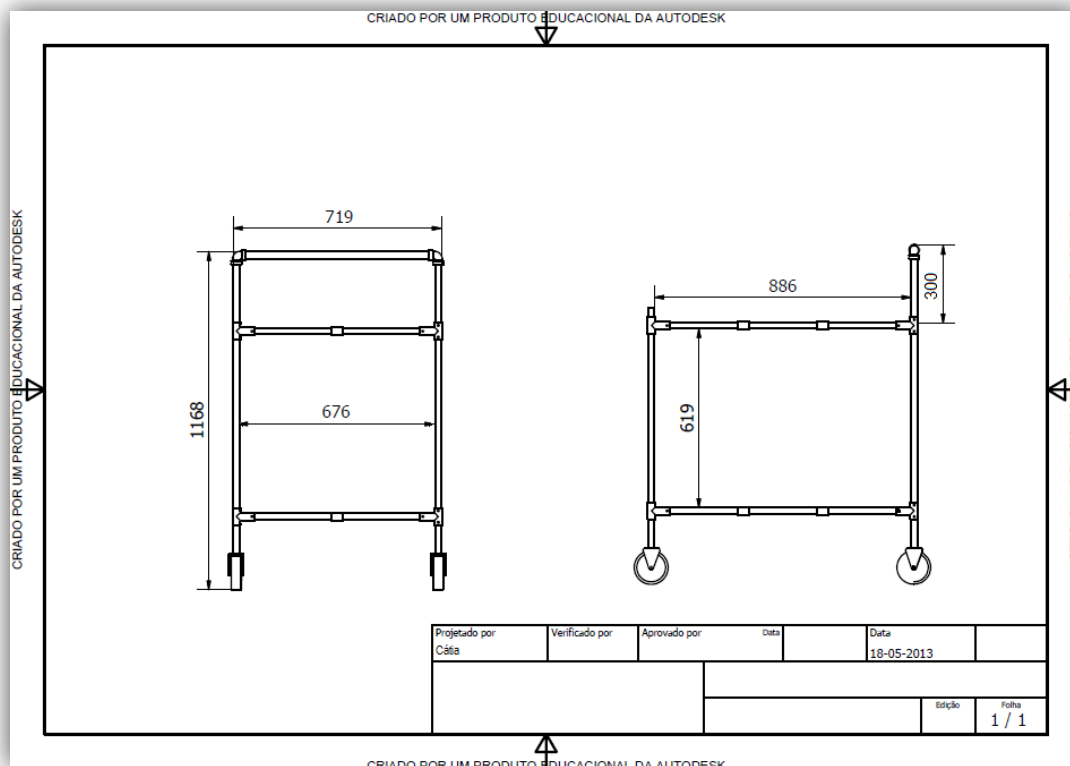


Figura 139 – Desenho técnico do carrinho transportador

Sabendo que a altura da prateleira inferior possui uma altura de 619 mm e que a altura máxima de uma caixa de embalagem é de 150 mm, então pode-se concluir que a capacidade dessa prateleira será de 3 caixas, uma vez que se tem que deixar alguma folga para a colocação e o retiro de caixas. Já a prateleira superior tem 300 mm e possui capacidade para 2 caixas, desta forma o carrinho tem uma capacidade de pelo menos 5 caixas de embalagem.

Anexo K – Pedido de orçamento para porta cartões

Para que fosse possível implementar a ideia proposta, é necessário a escolha de uma porta cartões, que fossem obrigatoriamente antiestáticos, devido a normas da empresa. Para tal foi pedido um orçamento à empresa Clan Electrostática, Lda., como se pode verificar pelo *e-mail* presente na Figura 140.

Clan Electrostática, Lda

Pç. Martinho Freitas 23C
2750-388 Cascais
Tel: 214845328 Fax: 214824503
Email: Clanel@clanostatic.pt

EMPRESA CERTIFICADA
eic
ISO 9001
certificação
acreditada
IICQ

Consulte o n/novo site: www.clanostatic.pt

Nº308-SV2013
ORIGINAL

Proposta de Fornecimento

Cliente: Delphi Automotive Systems - Portugal, SA	De: Sergio Velho
Contacto:	Data: 03.06.2013
Fax:	
Vossa Ref.:	

Pos.	Referência	Designação	Quantidade	Descontos	Pr. Unitário	Pr. Total
1	100-1020	Porta cartões ESD Dimensões: 5cm (Larg) x 8.5cm (Comp) inclui fita dupla face Material: Policarbonato transparente Obs: Entrega imediata	24,00		1,40	33,60

Figura 140 – Pedido de orçamento à empresa Clan Electrostática, Lda