



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Miriam Sampaio de Oliveira

**Reestruturação de duas linhas de montagem
final usando princípios *Lean* numa empresa de
componentes eletrónicos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

outubro de 2018





DECLARAÇÃO

Nome: Miriam Sampaio de Oliveira

Endereço eletrónico: miriamoliveira13@hotmail.com

Telefone: 913189937

Número do Bilhete de Identidade: 14680361

Título da dissertação: Reestruturação de duas linhas de montagem final usando princípios *Lean* numa empresa de componentes eletrónicos

Orientadora: Anabela Carvalho Alves

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Industrial – Ramo de 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

A conclusão do presente projeto de dissertação marca o fim de uma etapa incrível da minha vida e o início de outra cheia de novos desafios e conquistas. Ao longo desta caminhada foram várias as pessoas que me transmitiram palavras de força e motivação e que quero desde já expressar a minha sincera gratidão.

Em primeiro lugar, quero agradecer com todo o meu coração, às pessoas mais importantes da minha vida, aos meus pais e à minha irmã pelo apoio incansável ao longo do meu percurso académico pois sem eles seria impossível chegar onde cheguei.

Agradeço também a toda a minha família em geral por todo o apoio e motivação transmitidos ao longo desta caminhada, em especial, à Helena e ao André por todas as palavras de incentivo.

Às minhas amigas Raquel, Ana Rita, Liliana e Ana Paula por todo o incentivo, compreensão e paciência transmitidos ao longo da realização deste projeto.

Aos meus colegas de trabalho por todo o apoio prestado, em especial à Marisa, ao Hugo, ao Tiago e ao João pelo companheirismo e por terem recheado o meu estágio com bons momentos.

Ao meu orientador da empresa, Hugo Moreira, agradeço de forma especial por toda a motivação e ajuda prestada ao longo dos meses de estágio.

E por fim, agradeço à Professora Anabela Alves por todo o apoio, partilha de conhecimentos e aconselhamento dado para a realização deste projeto.

O meu muito obrigada a todos!





RESUMO

A presente dissertação de mestrado descreve um projeto realizado na empresa Aptiv, localizada em Braga, cujo principal objetivo foi a reestruturação de duas linhas de montagem final usando princípios *Lean*.

A primeira fase do projeto foi dedicada à realização de uma revisão bibliográfica acerca do *Lean Production* e das linhas de produção para que fossem constituídas as bases teóricas necessárias. Esta dissertação foi realizada utilizando a metodologia investigação-ação uma vez que o investigador esteve intimamente envolvido no meio a ser investigado interagindo com os trabalhadores e realizando ações de mudança.

Conjuntamente com a revisão bibliográfica, foi realizada a caracterização da empresa em Braga com o intuito de dar a conhecer a sua dimensão, os seus produtos, os seus clientes e as suas unidades produtivas. Constituídas as bases teóricas necessárias para realizar o projeto, procedeu-se à descrição e análise crítica da situação atual da empresa com o objetivo de identificar os desperdícios existentes no processo produtivo. A partir de observações ao processo produtivo, estudos de tempos e outras ferramentas de análise, foram identificados desperdícios relacionados com a falta de *standard work*, falta de balanceamento, existência de defeitos, realização de atividades sem valor acrescentado, e desajuste da capacidade produtiva em duas linhas de montagem.

Identificados os desperdícios, foram idealizadas propostas de melhoria com o intuito de os reduzir ou eliminar. Para tal, foi sugerida a reestruturação das duas linhas de montagem final e a normalização e legendagem das torres de iluminação da fábrica.

A reestruturação proposta traduz-se em ganhos bastante positivos para a empresa, nomeadamente, libertação de 22% do espaço ocupado pelas linhas de produção, redução de 20% do número de operadores, aumento de 50% da produtividade para cada uma das linhas e aumento da taxa de utilização (23% para a linha 1 e 13% para linha 2). Na totalidade, os ganhos monetários associados a estas melhorias estão na ordem dos 125.600€ anuais.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Production, Reestruturação, Linhas de produção, Autorrádios





ABSTRACT

The current dissertation describes a project developed at the company Aptiv, located in Braga, whose main objective was the restructuring of two final assembly lines using Lean principles.

The first phase of the project was dedicated to a literature review about Lean Production and production lines to build the necessary theoretical basis. This dissertation was carried out using the action-research methodology once the researcher was intimately involved in the environment to be investigated interacting with the workers and carrying out actions of change.

Together with the bibliographic review, the company from Braga was characterized with the purpose of making known its size, its products, customers and its production units. Once the theoretical bases necessary to carry out the project were constituted, a description and critical analysis of the current situation of the company was carried out with the objective of identifying the wastes existing in the production process. From the observations to the production process, time studies and other analysis tools, wastes were identified related to lack of standard work, lack of balancing, existence of defects, performance of activities without added value, and misallocation of productive capacity in two assembly lines.

Once the waste has been identified, improvement proposals have been designed with the aim of reducing or eliminating them. To this end, it was suggested the restructuring of the two final assembly lines and the standardization and subtitling of the factory's lighting towers.

The proposed restructuring translates into very positive gains for the company, namely, the release of 22% of the space occupied by the two production lines, a reduction of 20% in the number of operators, a 50% increase in productivity for each of the lines and an increase of the utilization rate (23% for line 1 and 13% for line 2). In total, the monetary gains associated with these improvements are in the order of € 125,600 per year.

KEYWORDS

Lean Production, Restructuring, Production Lines, Auto radios





ÍNDICE

Agradecimentos.....	V
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice.....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Índice de Equações.....	xxv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1 Lean Production.....	7
2.1.1 <i>Toyota Production System</i>	8
2.1.2 Princípios <i>Lean Thinking</i>	12
2.1.3 Tipos de desperdícios.....	13
2.1.4 Técnicas e ferramentas Lean.....	14
2.1.5 Benefícios, forças a favor e contra a implementação do <i>Lean</i>	20
2.2 Linhas de produção.....	21
2.2.1 Tipos de linhas de produção.....	22
2.2.2 Balanceamento de linhas de produção.....	22
2.3 Indicadores de desempenho.....	23
2.3.1 Taxa de produção.....	24
2.3.2 Produtividade.....	24



2.3.3	Eficiência.....	24
2.3.4	Índice de Planura	24
2.3.5	Eficiência Operacional (OE).....	25
2.3.6	Capacidade de produção	25
3.	Apresentação da empresa.....	29
3.1	Grupo Aptiv.....	29
3.2	Identificação e localização	30
3.3	História e evolução da empresa em Braga	32
3.4	Produtos e principais clientes	32
3.5	Áreas de produção	33
3.5.1	Montagem automática de componentes (SMT).....	35
3.5.2	Montagem manual de componentes (CBA)	36
3.5.3	Montagem final eletrónica (FA).....	38
3.6	Planeamento e controlo da produção.....	39
4.	Descrição e análise crítica da situação atual	41
4.1	Processo produtivo das linhas de montagem final eletrónica	41
4.1.1	Produto Acabado	43
4.1.2	Lista de materiais	44
4.1.3	Fluxo dos materiais das linhas 1 e 2	45
4.1.4	Postos de montagem manual.....	48
4.1.5	Postos de teste das linhas	54
4.1.6	Abastecimento dos materiais nos postos de trabalho.....	58
4.1.7	Mecanismos <i>poka-yoke</i> das linhas	58
4.2	Torres de iluminação de advertência das áreas produtivas de SMT, CBA e FA	60
4.3	Análise crítica e identificação de problemas	62
4.3.1	Identificação dos modelos mais produzidos.....	63
4.3.2	Sequência operatória e estudo de tempos.....	64
4.3.3	Instruções de trabalho desatualizadas.....	70



4.3.4	Análise de volumes, cálculos do Takt Time e capacidade das linhas	71
4.3.5	Falta de standard das torres de iluminação e torres desnecessárias	73
4.4	Síntese dos problemas identificados	76
5.	Apresentação das propostas de melhoria	77
5.1	Reestruturação das linhas de montagem final	78
5.1.1	Atualização das instruções de trabalho	78
5.1.2	Remoção do <i>bottleneck</i> do modelo B1 da linha 2	78
5.1.3	Alteração no design do passaporte	80
5.1.4	Rebalanceamento dos postos de montagem manual	81
5.1.5	Rebalanceamento dos postos de teste	88
5.1.6	Organização dos postos de montagem manual	94
5.1.7	Organização dos postos de teste das linhas	99
5.2	Normalização, remoção e legendagem das torres de iluminação	101
5.2.1	Normalização e remoção das torres de iluminação desnecessárias	101
5.2.2	Legendagem das torres de iluminação	102
6.	Avaliação e análise dos resultados	105
6.1	Ganhos na reestruturação das linhas de montagem final	105
6.1.1	Remoção do <i>bottleneck</i> do modelo B1	105
6.1.2	Redução dos defeitos nas blendas do modelo B1	106
6.1.3	Remoção de atividades que não acrescentam valor ao produto	106
6.1.4	Redução do espaço ocupado	107
6.1.5	Redução do número de operadores	108
6.1.6	Impacto nas medidas de desempenho	109
6.2	Ganhos na normalização das torres de iluminação	109
7.	Conclusões	111
7.1	Considerações finais	111
7.2	Trabalho futuro	112
	Referências Bibliográficas	113



Anexo I – Abastecimento dos materiais nas linhas.....	121
Anexo II – Rotas de abastecimento	122
Anexo III – Dispositivos poka-yoke das linhas.....	124
Anexo IV – Torres de iluminação existentes nas áreas produtivas	126
Anexo V – Estudo de tempos	129
Anexo VI – Tempos das máquinas de teste	135
Anexo VII – Cálculos da capacidade produtiva	145
Anexo VIII – Standard das torres de iluminação da Aptiv.....	146
Anexo IX – Interpretação das Torres de Iluminação	147
Anexo X – Plano de ações para as torres de iluminação que não cumprem o standard da Aptiv.....	153
Anexo XI – Instruções de trabalho do modelo B1.....	154
Anexo XII – Desenhos técnicos	160
Anexo XIII – <i>Work Combination Table (WCT)</i>	161
Anexo XIV – Análise e avaliação das propostas de melhoria.....	185



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da metodologia Action-Research (adaptado de O' Brien (1998))	3
Figura 2 - Casa do TPS (retirado de Gadelha et al. (2015))	9
Figura 3 - Sistema de produção Pull (retirado de Villiers (2008))	10
Figura 4 – One Piece Flow (retirado de Rother & Shook (1999))	10
Figura 5 - Takt Time vs. Cycle Time (retirado de Pinto (n.d.))	11
Figura 6 - Principais tipos de desperdícios (Imagens retiradas de Creative Safety Supply (2014))	13
Figura 7 - Metodologia 5S (retirado de (Villiers, 2008))	16
Figura 8 - Ciclo PDCA (retirado de Russell & Taylor (2011))	19
Figura 9 - Forças a favor e contra o Lean (adaptado de Melton (2005)).....	21
Figura 10 - Exemplo de um diagrama de precedências (retirado de (Júnior et al., 2009))	23
Figura 11 – Logótipos da Aptiv e da Delphi Technologies após a cisão da Delphi	29
Figura 12- Aptiv em Portugal.....	30
Figura 13 - Instalações da Aptiv em Braga	31
Figura 14 - Complexo industrial da Aptiv em Braga.....	31
Figura 15 - Evolução da empresa em Braga	32
Figura 16 - Produtos produzidos na Aptiv em Braga	33
Figura 17 - Principais clientes	33
Figura 18 - Layout da área produtiva dos componentes plásticos.....	34
Figura 19 - Layout da área produtiva dos componentes eletrônicos.....	35
Figura 20 - Layout da área produtiva de SMT	35
Figura 21 - Implantação de uma linha de produção de SMT	36
Figura 22 - Layout da área produtiva de CBA.....	37
Figura 23 - Implantação de uma linha de produção de Sticklead da área de CBA.....	37
Figura 24 - Layout da área produtiva da montagem final	38
Figura 25 - Implantação de uma linha de produção da montagem final	39
Figura 26 - Planeamento da produção na Aptiv Braga	39
Figura 27 - Exemplo de um manifesto.....	40
Figura 28 - a) Linha de montagem final 1; b) Linha de montagem final 2.....	42
Figura 29 - Implantação das linhas de montagem final	42



Figura 30 - a) Placas principais; b) Caixilho; c) Tampas; d) Blendas; e) Mecanismos.....	43
Figura 31 - Fluxo de materiais dos modelos A1, A2 e A3	46
Figura 32 - Fluxo de materiais dos modelos B1, B2 e B3 da linha 2	47
Figura 33 - Fluxo de materiais dos produtos C1, C2, C3 e C4 da linha 2	48
Figura 34 - a) PT1 da linha 1; b) PT1 da linha 2.....	49
Figura 35 - a) PT2 da linha 1; b) PT2 da linha 2.....	50
Figura 36 - a) PT3 da linha 1; b) PT3 da linha 2.....	51
Figura 37 - a) PT4 da linha 1; b) PT4 da linha 2.....	52
Figura 38 - a) PT5 da linha 1; PT5 da linha 2.....	52
Figura 39 - a) PT6 da linha 1; b) PT6 da linha 2.....	53
Figura 40 - a) Iluminação; b) Objetivo Elétrico	55
Figura 41 - a) Subjetivo Elétrico; b) Programação	55
Figura 42 - a) Etiquetagem; b) AVI.....	56
Figura 43 -a) Subjetivo Mecânico; b) Embalagem	57
Figura 44 - a) Passaporte; b) Gravação	57
Figura 45 - Exemplos de dispositivos.....	59
Figura 46 - Exemplos de sensores implementados nas linhas.....	59
Figura 47 - Exemplo de sistema poka-yoke para aparafusamento	60
Figura 48 - Exemplos de câmaras implementadas nas linhas	60
Figura 49 - Exemplo de uma torre de iluminação de advertência	61
Figura 50 - Torres de Iluminação em SMT.....	61
Figura 51 - Torres de iluminação em CBA	62
Figura 52 - Torres de iluminação na área da Montagem Final.....	62
Figura 53 - Curva ABC dos modelos da linha 1	63
Figura 54 - Curva ABC dos modelos da linha 2	64
Figura 55 - Diagramas de análise de processo dos high runners das linhas 1 e 2	65
Figura 56 - TC (em segundos) dos modelos A1, B1, B3 e C1	67
Figura 57 - TC (em segundos) do highrunner B1 da linha 2.....	67
Figura 58 - Curva ABC dos defeitos do modelo B1	69
Figura 59 - Sequência de operações realizadas no posto L2.....	70



Figura 60 - Volumes de produção das linhas 1 e 2 para o ano 2018	71
Figura 61 - Tipos de torres de iluminação	74
Figura 62 - Torres de iluminação desativadas.....	75
Figura 63 – TC (em segundos) do modelo B1 após remoção do bottleneck	79
Figura 64 - Esquema ilustrativo da nova proposta de design	80
Figura 65 - Demonstração real do design futuro do passaporte.....	80
Figura 66 - Comparação dos tempos de processamento antes e depois do balanceamento	84
Figura 67 - Diagrama de precedências do modelo B1.....	85
Figura 68 - Diagrama de precedências do modelo C1.....	86
Figura 69 - Comparação dos tempos de processamento (em segundos) antes e depois do balanceamento.....	88
Figura 70 – Implantação da linha 1 com 4 postos de montagem manual	89
Figura 71 - Nova distribuição dos operadores nos postos de teste, etiquetagem e embalagem	91
Figura 72 – TC máquina vs TC operador (em segundos) antes do balanceamento.....	92
Figura 73 - TC máquina vs TC operador (em segundos) depois do balanceamento	93
Figura 74 - Postos de montagem manual futuros da linha 1	94
Figura 75 - DISP-27 da linha 1	95
Figura 76 - DISP-28 da linha 1	95
Figura 77 - Scanners de leitura do posto 1 atual.....	96
Figura 78 - Ficha de fecho	97
Figura 79 - Postos de montagem manual futuros da linha 2	97
Figura 80 - Códigos de barras dos defeitos.....	100
Figura 81 - Impressoras das etiquetas	100
Figura 82 - Exemplos de alterações realizadas nas cores nas torres de iluminação	101
Figura 83 - Alerta luminoso para o abastecimento de material no gap-filler	102
Figura 84 - Legenda da torre de iluminação da máquina de soldadura seletiva	103
Figura 85 - Resultados do GP12.....	105
Figura 86 - Layout das linhas antes e depois da reestruturação	107
Figura 87 - Valores da produtividade e da taxa de utilização antes e após a reestruturação	109
Figura 88 - Torres de iluminação que prevaleceram na fábrica	110



Figura 89 - Rota de abastecimento da linha 1	122
Figura 90 - Rota de abastecimento da linha 2	123
Figura 91 - Dispositivos do modelo B1	124
Figura 92 - Dispositivos do modelo B3	124
Figura 93 - Dispositivos dos modelos C1	125
Figura 94 - Dispositivos dos modelos A1	125
Figura 95 - Layout SMT.....	126
Figura 96 - Layout CBA.....	127
Figura 97 - Layout FA	128
Figura 98 - Standard das torres de iluminação	146
Figura 99 - Instrução do PT1 do modelo B1	154
Figura 100 - Instrução do PT2 do modelo B1	155
Figura 101 - Instrução do PT3 do modelo B1	156
Figura 102 - Instrução do PT4 do modelo B1	157
Figura 103 - Instrução do PT5 do modelo B1	158
Figura 104 - Instrução do PT6 do modelo B1	159
Figura 105 - Desenho técnico do modelo A1	160
Figura 106 - WCT do modelo A1 (P1 a P3).....	161
Figura 107 - WCT do modelo A1 (P4 a P6).....	161
Figura 108 - WCT do modelo A1 balanceado para 4 postos.....	162
Figura 109 - WCT do modelo B1 (P1 a P3).....	163
Figura 110 - WCT do modelo B1 (P4 a P6).....	163
Figura 111 - WCT do modelo B1 balanceado para 4 postos.....	164
Figura 112 - WCT do modelo B3 (P1 a P3).....	165
Figura 113 - WCT do modelo B3 (P4 a P6).....	165
Figura 114 - WCT do modelo B3 balanceado para 4 postos.....	166
Figura 115 - WCT do modelo C1 (P1 a P3)	167
Figura 116 - WCT do modelo C1 (P4 a P6)	167
Figura 117 - WCT do modelo C1 balanceado para 4 postos.....	168
Figura 118 - WCT dos postos de teste do modelo A1 atual (P7 a P10).....	169



Figura 119 - WCT dos postos de teste do modelo A1 atual (P11 a P13).....	170
Figura 120 - WCT dos postos de teste futuros do modelo A1 (P5 e P6).....	171
Figura 121 - WCT dos postos de teste futuros do modelo A1 (P7 e P8).....	172
Figura 122 - WCT dos postos de teste atuais do modelo B1 (P7 a P10).....	173
Figura 123 - WCT dos postos de teste atuais do modelo B1 (P11 a P13).....	174
Figura 124 - WCT dos postos de teste futuros do modelo B1 (P5 e P6).....	175
Figura 125 - WCT dos postos de teste futuros do modelo B1 (P7 e P8).....	176
Figura 126 - WCT atual do modelo B3 (P7 a P10).....	177
Figura 127 - WCT atual do modelo B3 (P11 a P13).....	178
Figura 128 - WCT do modelo B3 futuro (P5 e P6).....	179
Figura 129 - WCT do modelo B3 futuro (P7 e P8).....	180
Figura 130 - WCT atual do modelo C1 (P7 a P9).....	181
Figura 131 - WCT atual do modelo C1 (P10 a P13).....	182
Figura 132 - WCT do modelo C1 futuro (P5 e P6).....	183
Figura 133 - WCT do modelo C1 futuro (P7 e P8).....	184





ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos acabados da linha 1 e 2.....	44
Tabela 2 - Componentes dos produtos acabados da linha 1	44
Tabela 3 - Componentes dos produtos acabados da linha 2	45
Tabela 4 - Gama operatória do PT1 da linha 1 e 2.....	49
Tabela 5 - Gama operatória do PT2 da linha 1 e 2.....	50
Tabela 6 - Gama operatória do PT3 da linha 1 e 2.....	51
Tabela 7 - Gama operatória do PT4 da linha 1 e 2.....	52
Tabela 8 - Gama operatória do PT5 da linha 1 e 2.....	53
Tabela 9 - Gama operatória do PT6 da linha 1 e 2.....	54
Tabela 10 - Quantidade de máquinas e operadores alocados nas linhas 1 e 2	54
Tabela 11 - Análise ABC dos modelos produzidos na linha 1	63
Tabela 12 - Análise ABC dos modelos da linha 2	64
Tabela 13 – Tempos de ciclo (seg.) dos operadores nos postos de trabalho manual	66
Tabela 14 - Tempo de ciclo dos postos de teste	66
Tabela 15 - Conteúdo de trabalho do posto T5 para o modelo B1	68
Tabela 16 - Análise de Pareto dos defeitos do modelo B1	69
Tabela 17 - Operações e respetivo tempo de ciclo do posto L2	70
Tabela 18 - Cálculo do tempo disponível para 2 turnos de trabalho	71
Tabela 19 - Takt Time das linhas 1 e 2	72
Tabela 20 - TC vs. TT dos modelos da linha 1 e 2	72
Tabela 21 - Cálculo de capacidades das linhas 1 e 2.....	73
Tabela 22 - Utilização dos turnos de trabalho nas linhas 1 e 2.....	73
Tabela 23 - Síntese dos problemas identificados	76
Tabela 24 - Plano de ações das melhorias	77
Tabela 25 - Tempo total das operações do posto L2 após a alteração do design	80
Tabela 26 - Tempos de processamento da montagem manual das linhas 1 e 2.....	81
Tabela 27 - Número de postos de montagem das linhas 1 e 2	82
Tabela 28 - Alterações na distribuição do conteúdo de trabalho para o modelo A1	84



Tabela 29 - Alterações na distribuição do trabalho para o modelo B1	86
Tabela 30 - Alterações na distribuição do trabalho para o modelo C1	87
Tabela 31- Características dos postos de trabalho após o balanceamento dos high runners	87
Tabela 32 – Cálculo do número de máquinas de teste para a linha 1	89
Tabela 33 – Cálculo do número de máquinas de teste para a linha 2	89
Tabela 34 – N° máquinas para a linha 2.....	90
Tabela 35 – Tempo de ciclo futuro das máquinas de teste para cada modelo.....	90
Tabela 36 - Nova distribuição dos operadores nos postos de teste, etiquetagem e embalagem da linha 1	91
Tabela 37 - Nova distribuição das inspeções	92
Tabela 38 - Dispositivos dos modelos da linha 2 para os 4 postos	98
Tabela 39 - Necessidades de alteração nos programas de aparafusamento dos modelos da linha 2... ..	99
Tabela 40 - Scrap de blendas após a remoção do bottleneck do posto T5.....	106
Tabela 41 - Conteúdo de trabalho antes e após a alteração no design do passaporte.....	107
Tabela 42 - Custo por área ocupada antes e após as alterações	108
Tabela 43 - Necessidade de mão-de-obra antes e após o ajuste de capacidade.....	108
Tabela 44 - Caixas de abastecimento dos materiais.....	121
Tabela 45 - Registo de tempos do modelo A1 (em segundos)	130
Tabela 46 - Registo de tempos do modelo B1 (em segundos).....	130
Tabela 47 - Registo de tempos do modelo B3 (em segundos).....	131
Tabela 48 - Registo de tempos do modelo C1 (em segundos).....	131
Tabela 49 - Registo da média, do desvio padrão e do número de medições necessárias para o modelo A1	132
Tabela 50 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo B1.....	132
Tabela 51 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo B3.....	133
Tabela 52 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo C1.....	133
Tabela 53 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo A1.....	135



Tabela 54 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo A1.....	135
Tabela 55 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo A1.....	136
Tabela 56- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo A1	136
Tabela 57 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo A1.....	137
Tabela 58 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo B1	137
Tabela 59 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo B1	138
Tabela 60 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo B1	138
Tabela 61- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo B1	139
Tabela 62 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo B1	139
Tabela 63 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo B3	140
Tabela 64 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo B3	140
Tabela 65 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo B3	141
Tabela 66- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo B3	141
Tabela 67 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo B3	142
Tabela 68 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo C1	142
Tabela 69 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo C1	143
Tabela 70 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo C1	143
Tabela 71- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo C1	144
Tabela 72 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo C1	144
Tabela 73 - Significado dos alertas das torres de iluminação do edifício 1	147
Tabela 74 - Plano de ações para as torres de iluminação	153





ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	11
Equação 2.....	24
Equação 3.....	24
Equação 4.....	24
Equação 5.....	25
Equação 6.....	25
Equação 7.....	26
Equação 8.....	26
Equação 9.....	26
Equação 10.....	26
Equação 11.....	27
Equação 12.....	27
Equação 13.....	81
Equação 14.....	129





LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AOI – *Automated Optical Inspection*

AVI – *Automated Vision Inspection*

CBA – *Circuit Board Assembly*

CN – *Change Notice*

CR – *Change Requirement*

FA – *Final Assembly*

FIS – *Factory Information System*

TPS – *Toyota Production System*

IC – *Integrated Circuit*

IT – Instrução de trabalho

JIT – *Just-In-Time*

PCB – *Printed Circuit Board*

PC&L – *Planning, Control and Logistics*

PT – Posto de Trabalho

PTH – *Pin Through Hole*

QRC – *Quick Response Code*

SMD – *Surface Mount Devices*

SMT – *Surface Mount Technology*

SPOP – Sistemas de Produção Orientados ao Produto

SPOF – Sistemas de Produção Orientados à Função

TC – Tempo de Ciclo

THT – *Through Hole Technology*

TT – *Takt Time*

WCT – *Work Combination Table*

WIP – *Work-In-Process*





1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação descreve o projeto de investigação desenvolvido na empresa Aptiv, no âmbito do mestrado em Engenharia Industrial – ramo de Gestão Industrial. Este capítulo é dedicado à introdução do tema do projeto através da apresentação do enquadramento e dos objetivos. É apresentada também a metodologia de investigação usada ao longo do processo de investigação e, por fim, a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

O fenómeno mundial da globalização e consequente diluição das fronteiras comerciais gerou um aumento da concorrência entre as empresas. Face à pressão competitiva global de um mercado em constante mudança, as empresas enfrentam cada vez mais exigências relativas à flexibilidade, diversidade, complexidade da logística, transparência e prazos de entrega curtos (Dombrowski et al., 2016). Existe assim uma crescente necessidade de implementar sistemas de produção cada vez mais eficientes e flexíveis que visem a redução dos custos de produção e que permitam que o cliente obtenha o produto com o menor prazo de entrega possível, maior qualidade e baixo custo (Alves et al., 2015).

Assim, é neste contexto que surge o *Lean Production* cujo objetivo é a eliminação de desperdícios e a criação de valor (Womack et al., 1990). O conceito *Lean Production* surgiu com o *Toyota Production System* (TPS) desenvolvido por Taiichi Ohno, antigo diretor da empresa automóvel Toyota. Os objetivos do TPS são fundamentalmente a melhoria da qualidade, diminuição dos custos e do *lead time*. A designação *Lean Production* surge associado ao TPS e foi divulgada no livro “*The Machine that Changed the World*” (Womack et al., 1990), onde se constatou que o desempenho da Toyota era maior relativamente às outras empresas americanas devido à aplicação da filosofia *Lean*.

A filosofia *Lean* centra-se no processo de eliminação de desperdícios a partir da aplicação de uma série de ferramentas, resultando assim em maior eficiência, eficácia e rentabilidade. Ohno (1988) identificou os sete principais tipos de desperdícios existentes num sistema de produção, sendo eles: *stocks*, esperas, defeitos, excesso de produção, sobre processamento, movimentações e transportes. Estes desperdícios são caracterizados por serem atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto



tendo em conta o ponto de vista do cliente. Para eliminar tais desperdícios, o *Lean Production* assenta em cinco pilares designados de princípios *Lean Thinking* por Womack e Jones (1996), sendo eles: 1) valor, 2) cadeia de valor, 3) fluxo contínuo, 4) produção puxada, 5) busca pela perfeição. Para atingir estes pilares, o *Lean* dispõe de várias ferramentas, como por exemplo: 5S, *Standard Work*, SMED, *Kanban*, *Kaizen*, entre outras.

A empresa onde se realizou esta dissertação também pretendeu eliminar desperdícios aplicando *Lean Production* e tem vindo a realizar projetos com esse objetivo, nomeadamente os projetos de Ferreira (2015), Moreira (2017) e Peixoto (2017). Este projeto de dissertação enquadra-se nesse contexto de melhoria continua tendo sido realizado em três secções produtivas da empresa Aptiv que se dedica à produção de autorrádios para a indústria automóvel. Em particular, o projeto desenvolveu-se em duas linhas de montagem final de autorrádios caracterizadas por ser as mais antigas e as mais longas da fábrica, ocupando uma área total de cerca de 259m². Os volumes de produção correspondentes a estas linhas de montagem representavam cerca de 20% do volume total diário de autorrádios. O objetivo deste projeto passou por melhorar a utilização dos recursos destas linhas através da eliminação dos desperdícios identificados com o intuito de melhorar o aproveitamento do espaço e aumentar a produtividade. O constante crescimento desta empresa com a conseqüente variabilidade de produtos que estão a ser produzidos conduzem a uma necessidade de continuar o trabalho de redução de desperdícios, bem como a otimização da utilização dos recursos e do espaço fabril.

1.2 Objetivos

A presente dissertação teve como objetivo principal aplicar princípios *Lean* para melhorar o desempenho da produção de autorrádios em duas linhas de montagem final. Para tal, este projeto envolveu:

- Estudo de tempos;
- Análise de defeitos;
- Análise de capacidades e recursos necessários;
- Cálculo de *takt time* e n.º de operadores;
- Balanceamento de postos de trabalho;
- Reorganização de postos de trabalho;
- Normalização de áreas de suporte.



Com a concretização deste projeto, pretendeu-se:

- Reduzir o espaço ocupado;
- Reduzir o número de postos de trabalho;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir custos.

1.3 Metodologia de investigação

O primeiro passo para a realização deste projeto consistiu na realização de uma revisão da literatura existente acerca do *Lean Production*. Uma vez constituídas as bases teóricas necessárias, procedeu-se à aplicação da metodologia de investigação que se considerou ser a mais adequada para desenvolver o projeto.

A metodologia escolhida para auxiliar no desenvolvimento do projeto de investigação foi a investigação-ação (ou em inglês, *Action-Research*) uma vez que o investigador ia estar ativamente envolvido nas atividades da empresa e executar ações de mudança. Segundo Noffke & Somekh (2010), esta metodologia procura superar o habitual dualismo entre a teoria e a prática permitindo assim um envolvimento ativo do investigador no meio a ser investigado. A investigação-ação pode ser caracterizada como uma metodologia que engloba simultaneamente ação/mudança e investigação/compreensão, baseando-se num processo cíclico onde existe ação e reflexão crítica de modo a que, nas fases posteriores, sejam aperfeiçoados métodos, dados e a interpretação feita, com base na experiência/conhecimento obtido na fase anterior (Coutinho et al., 2009). De acordo com O'Brien (1998) esta metodologia está organizada em cinco etapas, como se pode observar na Figura 1.

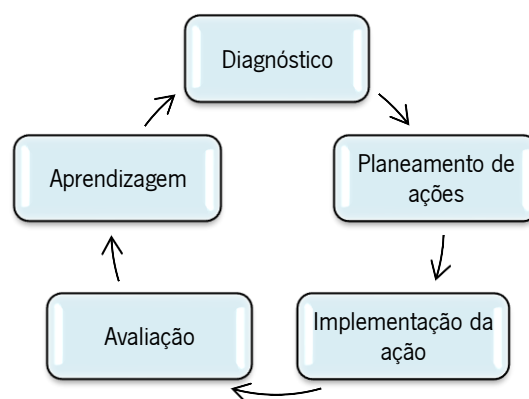


Figura 1 - Fases da metodologia Action-Research (adaptado de O'Brien (1998))



Na primeira fase da metodologia (Diagnóstico), foram identificados os objetos de estudo e realizado o planeamento da recolha e análise de dados relativos ao seu estado atual. Para tal, foram observados os processos e realizada a análise documental para que fosse possível identificar os problemas e propor ações de melhoria. Para auxiliar na análise, foram utilizadas ferramentas como a análise de Pareto, estudo de tempos e diagramas de análise de processo.

Na fase de planeamento de ações foram pensadas as ações de melhoria a implementar para colmatar os problemas identificados na etapa anterior. Nesta fase foi planeada a normalização, remoção e legendagem das torres de iluminação de advertência e a reestruturação das linhas de montagem final. Para planejar a reestruturação, foram analisados os volumes de produção e as capacidades que seriam realmente necessárias para produzir. Calculado o número de postos de trabalho necessários, procedeu-se à realização do rebalanceamento dos postos com auxílio de diagramas de precedências e *Work Combination Tables*.

Na fase de desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria foram realizadas as ações planeadas na fase anterior. Durante o desenvolvimento do projeto, as linhas de montagem final em estudo foram transferidas para um edifício diferente, e, portanto, não foi possível implementar as propostas de melhoria relativas à reestruturação no horizonte temporal do desenvolvimento da dissertação.

Após o desenvolvimento das ações de melhoria, iniciou-se a fase de avaliação dos resultados obtidos e dos resultados esperados através do uso dos indicadores de desempenho que se consideraram ser adequados para medir o impacto das alterações realizadas no sistema produtivo.

A última fase consistiu na especificação de aprendizagem, onde se procedeu à sugestão de trabalhos futuros tendo em conta a análise realizada nesta dissertação e tendo em conta o ponto de vista da melhoria contínua da empresa.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos, organizados de forma lógica onde cada um deles trata de um assunto específico. O primeiro capítulo é dedicado à introdução do tema da dissertação, dos objetivos, da metodologia de investigação utilizada e à explicação da organização da dissertação.



No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica acerca do *Lean Production*, onde é apresentada a origem do conceito, os seus princípios fundamentais, os tipos de desperdícios e as suas principais ferramentas que foram relevantes para esta dissertação. Uma vez que grande parte deste projeto envolve balanceamentos de linhas de produção, é apresentada também uma breve revisão bibliográfica sobre linhas de produção e o problema do seu balanceamento. No final do capítulo são apresentados os principais fatores de sucesso da implementação do *Lean* bem como as forças a favor e contra a implementação desta filosofia. Finalmente, são ainda apresentados os indicadores de desempenho que foram essenciais para medir o impacto das mudanças realizadas ao longo deste projeto.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação da empresa como uma multinacional da indústria automóvel, dando a conhecer a sua dimensão a nível global e nacional. Neste capítulo é apresentada também a evolução histórica da empresa em Braga, os seus produtos e principais clientes. Por fim, é feita uma descrição das suas unidades produtivas, dando maior ênfase às secções produtivas do edifício 1 onde foi realizado o projeto.

No quarto capítulo encontra-se a descrição e análise crítica da situação atual dos objetos de estudo desta dissertação. Através de observações no chão de fábrica e da recolha de informação documental, foram descritos os processos produtivos das duas linhas de montagem final. Para além das linhas, foram descritas também as torres de iluminação de advertência existentes nas diferentes secções produtivas uma vez que também foram alvo de estudo. Na fase de análise crítica foram utilizadas ferramentas como a análise de Pareto, estudo de tempos e diagramas de análise de processo para auxiliar na identificação dos problemas existentes.

O capítulo cinco trata da apresentação das propostas de melhoria que foram idealizadas face aos problemas identificados no capítulo anterior.

O sexto capítulo é dedicado à avaliação dos resultados obtidos através da comparação entre os dados recolhidos antes e após a implementação das melhorias. Para as sugestões de melhorias que não foram implementadas no horizonte temporal da realização desta dissertação, são apresentados os resultados que se esperam obter através do uso das medidas de desempenho adequadas.

Por fim, no sétimo capítulo são apresentadas as considerações finais do projeto onde são expressas as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.





2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo que se segue apresenta uma revisão bibliográfica sobre o *Lean Production* e as linhas de produção. Após a apresentação do conceito “*Lean*” e da sua origem, segue a descrição dos princípios desta metodologia e dos principais tipos de desperdícios existentes num sistema produtivo. Neste capítulo são apresentadas também algumas das ferramentas *Lean* fundamentais para auxiliar na eliminação de desperdícios e que foram importantes para a realização deste projeto. A secção dedicada ao *Lean Production* termina assim com a apresentação dos principais benefícios e forças a favor/contra a implementação desta metodologia. Neste capítulo destaca-se ainda o conceito e definição de linhas de produção bem como uma breve revisão acerca do problema do balanceamento das mesmas. Por fim, são apresentados alguns dos indicadores de desempenho que se consideraram importantes para medir o impacto das mudanças sugeridas ao longo deste projeto.

2.1 *Lean Production*

O termo “*Lean Production*” surgiu pela primeira vez em 1988 no artigo “*Triumph of the Lean Production System*” de John F. Krafcik, no entanto, só se tornou popular após o lançamento do livro “*The Machine that Changed the World*” de Womack et al. (1990). A publicação destes textos apresentou ao mundo o sistema de produção que revolucionou o desempenho das empresas de automóveis japonesas colocando-as numa posição de destaque quando comparadas com as empresas ocidentais. O *Toyota Production System* (TPS) foi o sistema de produção criado pela Toyota que conduziu as empresas japonesas a grandes eficiências e que deu origem ao famoso conceito “*Lean Thinking*” (Womack & Jones, 1996).

De acordo com Womack & Jones (1996), a designação “*Lean*” justifica-se pelo facto do TPS promover a filosofia “*doing more with less*”, isto é, produzir utilizando menos de tudo: menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço. Resumidamente, o objetivo do *Lean* é fornecer aos clientes exatamente o que eles pretendem usando a menor quantidade de recursos possível. Este tipo de abordagem leva o *Lean* a focar-se na redução ou, se possível, na total eliminação dos desperdícios com a finalidade de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos, reduzindo significativamente os custos (Liker, 2004; Ohno, 1988; Womack & Jones, 1996; Womack et al., 1990).



O sucesso da aplicação da metodologia *Lean* nas indústrias japonesas influenciou empresas de diversas áreas como meio de atingir a excelência em negócios organizacionais em todo o mundo (Sahoo, Singh, Shankar, & Tiwari, 2008).

2.1.1 *Toyota Production System*

O *Toyota Production System* (TPS) é um sistema de produção que foi desenvolvido pela empresa japonesa Toyota entre 1948 e 1975. Após a destruição causada pela segunda guerra mundial, as indústrias do Japão entraram num cenário de desvantagem competitiva relativamente aos países europeus e americanos (Sugimori et al., 1977).

A inexistência de materiais necessários à produção conduziu à necessidade de importar uma vasta quantidade de recursos naturais provocando um aumento significativo dos custos (Liker, 2004). Para além disso, a Toyota passou a suportar elevados custos de posse de *stock* devido à quantidade de automóveis que não eram vendidos dada a escassa procura por parte da população em crise (Holweg, 2007).

Face a tais circunstâncias, Eiji Toyoda, presidente da Toyota naquela época, desafiou o diretor fabril, Taiichi Ohno, a melhorar o sistema de produção da Toyota com o objetivo de recuperar a sua produtividade face às consequências geradas pela guerra (Ohno, 1988). Foi neste sentido que Taiichi Ohno desenvolveu o *Toyota Production System* (TPS) (Womack et al., 1990).

O TPS tem como principais objetivos a melhoria da qualidade, a diminuição dos custos, e a diminuição do *lead time*, sempre com vista a eliminação de todo o desperdício que não acrescenta qualquer valor ao produto (Lander & Liker, 2007). Assim, toda a atividade considerada desnecessária ou que não acrescenta valor, isto é, que o cliente não está disposto a pagar, deve ser eliminada.

Para concretizar estes objetivos, o TPS baseia-se em alguns princípios que são frequentemente representados por uma casa (Figura 2), chamada de “casa do TPS”.

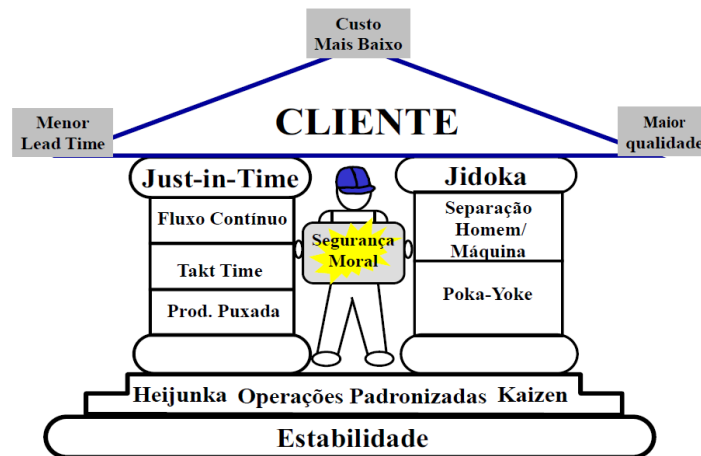


Figura 2 - Casa do TPS (retirado de Gadelha et al. (2015))

Tal representação tem como finalidade ilustrar a relação de dependência existente entre cada um dos princípios, isto é, se qualquer uma das partes da estrutura for fraca, mesmo que as restantes sejam fortes, a casa nunca será estável (Liker & Morgan, 2006). Assim, para que a aplicação da filosofia do TPS seja bem-sucedida, o sistema deve obedecer a cada um dos princípios representados na casa.

O nivelamento da produção (*heijunka*), a melhoria contínua (*kaizen*), a estabilidade e a normalização dos processos constituem a base da estrutura. Segundo Liker & Morgan (2006), o objetivo passa por nivelar as ordens de produção, bem como o conteúdo de trabalho para que se torne possível normalizar os processos. Uma vez firmes os sustentáculos da casa, é possível construir os pilares *Just-In-Time* e *Jidoka* que, que por sua vez, irão proporcionar o apoio necessário para que sejam atingidos os objetivos do TPS que estão representados pelo telhado da casa, nomeadamente: assegurar a qualidade dos produtos, num período de tempo reduzido, e com baixos custos.

2.1.1.1 *Just-In-Time (JIT)*

O primeiro pilar do TPS é o *Just-In-Time* (JIT). Este caracteriza-se como sendo um sistema de produção que tem como objetivo produzir o produto correto, na quantidade correta, apenas no momento em que é necessário (Liker, 2004; Monden, 2012; Sugimori et al., 1977; Wilson, 2010). A implementação deste tipo de sistema conduz a uma série de vantagens, nomeadamente, a melhoria da qualidade da produção, o controlo e redução dos níveis de *stock*, e a redução do *lead time* (Fullerton & McWatters, 2001).

De acordo com Sugimori et al. (1977) para que tal seja possível, o sistema produtivo deve obedecer a vários requisitos. O primeiro consiste na implementação de um sistema de produção *pull* (Figura 3),

isto é, um sistema que produz bens e serviços apenas de acordo com as necessidades do cliente evitando assim a criação de desperdícios como a sobreprodução e os *stocks* (Monden, 1998).

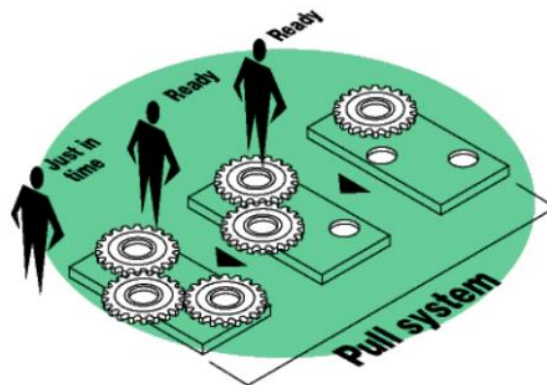


Figura 3 - Sistema de produção Pull (retirado de Villiers (2008))

De acordo com Bonney et al. (1999), num sistema *pull* o fluxo de informação dá-se no sentido contrário ao fluxo de materiais, permitindo que seja o processo a jusante a “puxar” as peças necessárias do posto anterior. Assim, é o último posto que dita as necessidades do cliente.

O segundo requisito, consiste na aplicação do “*one piece flow*” que se baseia no fluxo peça a peça (Figura 4). Neste tipo de abordagem os itens são produzidos e transportados diretamente para o posto seguinte, um de cada vez, permitindo apenas o *stock* de um único item.

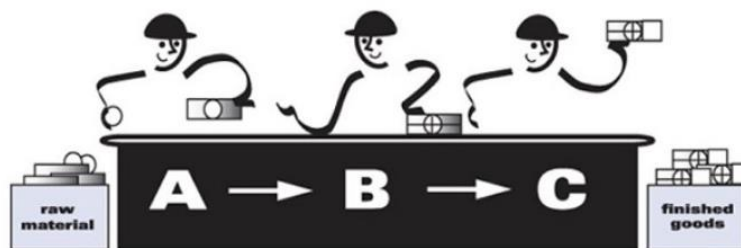


Figura 4 – One Piece Flow (retirado de Rother & Shook (1999))

Esta abordagem tem como vantagem não permitir que nenhum processo produza *stock* em quantidades excessivas (Sugimori et al., 1977).

Outro requisito para implementação do JIT, é ter em conta o *Takt Time* (TT) do cliente. Este representa o ritmo a que o mercado pede uma unidade de produto, isto é, de quanto em quanto tempo é necessário produzir uma unidade de modo a que a produção esteja alinhada com o mercado (Bell, 2006; Lander & Liker, 2007). Taiichi Ohno define-o como sendo o resultado da razão entre o tempo operativo planeado por dia e a procura por dia (Ohno, 1988) (Equação 1).

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo operativo planeado por dia}}{\text{Procura por dia}} \quad \text{Equação 1}$$

Outro conceito importante é o Tempo de Ciclo (TC) que é caracterizado por marcar o ritmo da produção. Similar ao *Takt Time*, o Tempo de Ciclo define o tempo que é necessário para concluir o ciclo de uma operação (Feld, 2001). Numa linha de produção, o tempo de ciclo da linha corresponde ao tempo do posto de trabalho mais demorado, representando assim o ponto de estrangulamento da linha, ou seja, o *bottleneck* (Pinto, 2009). Na Figura 5 está representada a relação entre o *takt time* e o tempo de ciclo.

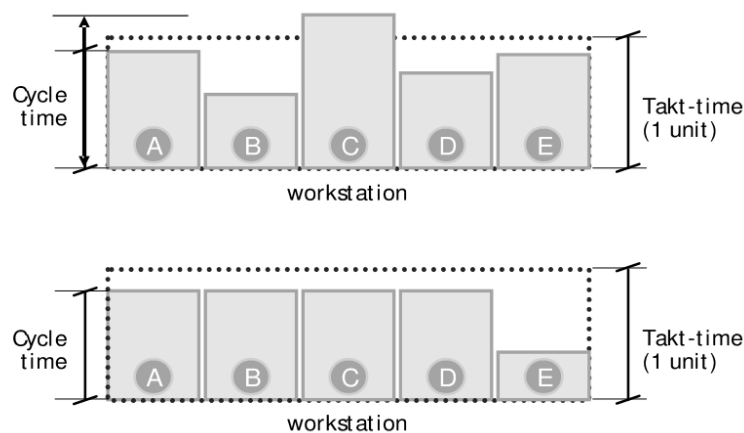


Figura 5 - *Takt Time vs. Cycle Time* (retirado de Pinto (n.d.))

É fundamental que o tempo de ciclo esteja o mais alinhado possível com o *takt time* sem nunca o exceder para que seja possível produzir a quantidade de produto requerida pelo cliente (Pinto, n.d.). Para além disso, o conteúdo de trabalho deve estar uniformemente distribuído por todos os postos da linha para que esta se encontre balanceada evitando assim tempos de espera entre postos de trabalho.

2.1.1.2 *Jidoka*

O segundo pilar do TPS é o *Jidoka* ou *Autonomation*. Este consiste em dotar um equipamento com a capacidade de detetar um desvio ao *standard*, isto é, identificar um erro ou defeito, e interromper automaticamente a produção (Liker & Morgan, 2006). Este conceito surgiu em 1926, a partir de Sakichi Toyoda, com a invenção de uma máquina de tear que parava instantaneamente se um dos fios rompesse (Ohno, 1988).

Ohno (1988) aplicou este conceito na produção de automóveis permitindo que os equipamentos e os operadores parassem o processo sempre que fossem identificadas anomalias no sistema (Liker & Morgan, 2006; Sugimori et al., 1977). Uma vez detetado o problema e interrompido o processo, é



possível identificar e estudar a falha para que, posteriormente, sejam implementadas medidas para que as mesmas falhas não tornem a recair sobre os processos (Grout & Toussaint, 2010). Para além do Jidoka impedir a propagação de defeitos ao longo da linha, evita também a ocorrência de sobreprodução, impedindo a linha de produzir mais do que a quantidade requerida pelo cliente (Sugimori et al., 1977).

2.1.2 Princípios *Lean Thinking*

Womack & Jones (1996) identificaram cinco princípios chave considerados fundamentais para a implementação da filosofia *Lean*. Estes surgiram com o propósito de conduzir as empresas à eliminação dos desperdícios e criar valor nos produtos e nos processos. De acordo com os autores, os cinco princípios da metodologia *Lean* podem ser definidos da seguinte forma:

1. Valor: O primeiro princípio consiste na definição de valor. O objetivo passa por deixar que seja o cliente a definir o que é valor no seu produto, onde aquilo que ele não está disposto a pagar é considerado desperdício e deve, portanto, ser eliminando. Assim, o valor deve ser determinado tendo em conta os requisitos do cliente, e não da empresa que fornece o produto.

2. Cadeia de valor: Para identificar a cadeia de valor, é necessário estudar todos os processos existentes na empresa, desde o fornecedor até à entrega do produto final. Desta forma, será possível identificar as atividades que não agregam valor ao produto e que devem, posteriormente, ser eliminadas uma vez que se trata de desperdício. Dentro de um processo, as atividades podem ser classificadas como: atividades que acrescentam valor, atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias e atividades que não acrescentam valor e não são necessárias.

3. Fluxo contínuo: Uma vez identificadas as atividades que agregam valor, o objetivo passa a ser produzir de forma contínua, isto é, sem interrupções. Assim, eliminados tempos de espera, *stocks*, retrocessos nos processos e outros desperdícios, a capacidade de resposta ao cliente aumenta de forma proporcional à fluidez da produção.

4. Produção *Pull*: Num sistema de produção *Pull*, é o cliente que “puxa” a produção. Isto é, a produção apenas se inicia quando existe uma solicitação do cliente. Desta forma, é evitada a sobreprodução e a acumulação de *stocks*.



5. Busca da perfeição: O último princípio corresponde à busca da melhoria contínua. Após a aplicação de cada um dos princípios anteriores, é necessário permanecer em constante progresso e aperfeiçoamento, sempre com o propósito de eliminar desperdícios e agregar valor.

2.1.3 Tipos de desperdícios

É considerado desperdício tudo aquilo o que o cliente não está disposto a pagar. Segundo Bell (2006), desperdício é qualquer atividade que nitidamente não acrescenta valor ao produto e que pode ser removida com o mínimo ou sem qualquer investimento capital, e, portanto, sem efeitos prejudiciais sobre o valor final. Taiichi Ohno e Shigeo Shingo identificaram os sete principais tipos de desperdícios existentes num sistema de produção (Figura 6).

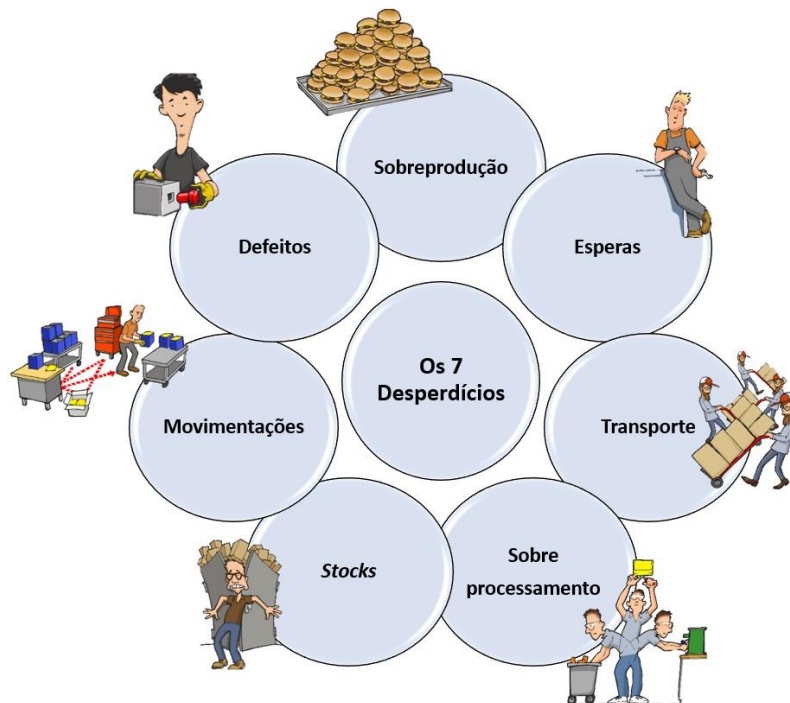


Figura 6 - Principais tipos de desperdícios (Imagens retiradas de Creative Safety Supply (2014))

Segundo Ohno (1988), os sete desperdícios podem ser descritos da seguinte forma:

1. Sobreprodução: a sobreprodução é considerada um dos desperdícios mais críticos. Esta caracteriza-se como sendo exatamente o oposto do *just-in-time*, isto é, produzir mais do que o necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias. Desta forma, o planeamento da produção torna-se mais complexo podendo gerar grandes quantidades de *stock* e o aumento da ocorrência de defeitos.



2. Esperas: Refere-se ao tempo em que as pessoas ou máquinas estão parados. Esta situação pode ocorrer devido a faltas de material, falta de balanceamento, elevados lotes de produção, entre outros.

3. Transporte: Frequentemente, os sistemas de transporte de materiais causam ineficiências nos processos. Estes usam espaço fabril, aumentam os tempos de fabrico e levam muitas vezes a que os produtos se danifiquem.

4. Sobre processamento: Refere-se a operações e a processos que são realizados de forma errada ou desnecessária. Estes tipos de desperdício são muitas vezes gerados devido à falta de formação de colaboradores e de uniformização dos processos, acabando por originar um aumento dos defeitos.

5. Stocks: São caracterizados como sendo a retenção de materiais dentro ou fora da fábrica durante um período de tempo. Segundo Amaro e Pinto (2007), é muitas vezes por detrás dos *stocks* que são encontradas causas de desperdícios que devem ser devidamente estudadas.

6. Movimentações: As movimentações realizadas por operadores podem representar um desperdício quando não são realmente necessárias para realizar as operações. Este tipo de desperdício pode ser gerado por um *layout* inadequado ao processo de fabrico, instabilidade nas operações, desmotivação das pessoas, entre outras. As movimentações devem ser feitas para criar valor ao produto, se tal não acontece, então é considerado desperdício.

7. Defeitos: Estes dizem respeito a não conformidades existentes no produto que geram problemas de qualidade. Estes podem ser originados por falhas humanas, falta de cuidado no transporte e movimentação de material, ausência de normalização dos processos e instruções de trabalho e ausência de normas na inspeção. Com o aumento de defeitos, também aumenta a necessidade de retrabalho e da criação de *stock* para compensar as peças com defeito. Assim, a produtividade diminui fazendo aumentar o curso dos produtos e dos serviços.

2.1.4 Técnicas e ferramentas Lean

A aplicação do *Lean Thinking* é suportada pelo uso de ferramentas e metodologias que possibilitem a sua implementação. Nesta secção são apresentadas algumas ferramentas essenciais que foram importantes para o desenvolvimento deste projeto.



2.1.4.1 Gestão Visual

A gestão visual (ou controlo visual) é uma ferramenta de gestão que visa a melhoria do desempenho de um sistema através do “*visual stimuli*”, isto é, através de estímulos visuais (Steenkamp et al., 2017). O objetivo deste tipo de abordagem é transmitir informações importantes de forma direta e fácil de entender (Tezel et al., 2009). Para tal, é feito uso da sinalização para garantir avisos visuais que comuniquem com quem executa o trabalho. Assim, o local de trabalho torna-se autoexplicativo, auto-ordenado, autorregulado e auto-aperfeiçoado (Galsworth, 1977; Tezel et al., 2009).

De acordo com Shingo (1989), existem várias formas de controlo visual, como é o caso de folhas de trabalho normalizadas, quadros informativos de medidas de desempenho e de qualidade, delimitação de espaços e uso de sistemas *Andon*.

Um sistema *Andon* é um sistema luminoso de controlo visual constituído geralmente por três cores (verde, amarelo e vermelho) que deve ser colocado no topo dos equipamentos com o objetivo de alertar os trabalhadores para problemas na produção. De acordo com Pinto (2009), a principal vantagem da gestão visual está em evitar a ocorrência de erros através do controlo dos processos produtivos permitindo assim a diminuição dos desperdícios.

2.1.4.2 Técnica dos 5S

Desenvolvida em 1980 por Takshi Osada, a técnica dos 5S define-se como sendo uma ferramenta de gestão que visa a criação e sustentação da qualidade, da produtividade e da segurança numa organização (Randhawa & Ahuja, 2017). Para tal, a técnica baseia-se numa abordagem estruturada que intenta a preservação de áreas de trabalho limpas e organizadas com criação de regras e padrões que devem ser cumpridos de forma a que se mantenha a disciplina necessária para uma boa execução do trabalho.

A designação 5S advém das iniciais de cinco palavras japonesas: **Seiri**, **Seiton**, **Seiso**, **Seiketsu** e **Shitsuke**, que representam as etapas a seguir para a implementação da técnica (Osada, 1991) (Figura 7).

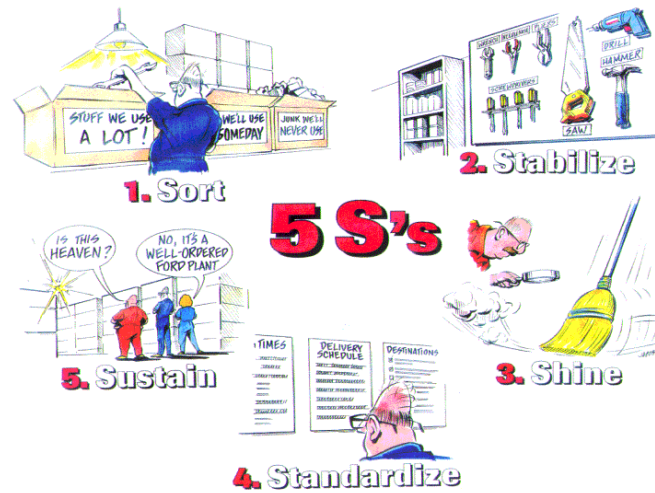


Figura 7 - Metodologia 5S (retirado de (Villiers, 2008))

De acordo com Randhawa & Ahuja (2017) as diferentes etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- 1. Seiri** (Utilização) – O primeiro passo consiste em eliminar do local de trabalho todos os materiais que não são necessários à execução das tarefas do posto de trabalho correspondente. Apenas devem ser mantidos os itens necessários à execução das tarefas de modo a que haja um melhor aproveitamento do espaço.
- 2. Seiton** (Arrumação) – O próximo passo consiste em alocar os materiais num local próprio e de preferência rotulado de modo a que seja facilitado o seu acesso. Desta forma, o fluxo de trabalho torna-se mais eficiente e o operador torna-se mais produtivo uma vez que a troca de ferramentas se torna mais rápida evitando desperdício de tempo à procura das mesmas.
- 3. Seizo** (Limpeza) - Como o próprio significado indica, este passo consiste em arrumar e limpar todas as áreas do local de trabalho. A limpeza deve ser realizada todos os dias por todas as pessoas da organização.
- 4. Seiketsu** (Higiene) – O quarto passo pode ser definido como “limpeza padronizada”, pois consiste na definição de padrões pelos quais as pessoas devem medir e manter a limpeza. De acordo com o autor, este passo é fundamental para sustentar os três passos anteriores.
- 5. Shitsuke** (Disciplina) – Por fim, o último passo consiste no comprometimento em manter a ordem e a prática dos primeiros quatro “S”. Assim, são eliminados os maus hábitos e alcançada a disciplina de tal forma que a prática dos 5S já se torna como um estilo de vida e não necessita ser constantemente lembrado.



2.1.4.3 Mecanismos Poka-Yoke

O termo *Poka-Yoke* (ou *Mistake Proofing*), desenvolvido por Shiegho Shingo, é de origem japonesa e significa “à prova de erros”. Um dispositivo *poka-yoke* é qualquer mecanismo que impede que um erro ou defeito ocorra ou que permita que estes sejam imediatamente identificados e impedidos de progredir (Shahin & Ghasemaghahi, 2010).

De acordo com Shingo (1996), existem dois tipos de métodos *poka-yoke*, o método de controlo e o método de advertência. O primeiro consiste na paragem da máquina ou da linha de produção de modo a que o problema possa ser corrigido de imediato. O segundo consiste apenas em acionar um alerta luminoso ou sonoro para chamar a atenção do problema. O método de controlo é considerado mais eficiente em situações de defeitos ou erros que são frequentes, pois o processo é interrompido para que o erro seja corrigido evitando que o defeito persista. Já o método de advertência deve ser utilizado em casos esporádicos em que não é necessária uma resolução imediata e os defeitos são facilmente corrigidos.

Segundo Shingo (1996), os métodos de controlo podem ser classificados em três métodos diferentes, sendo eles: o método de contacto, de conjunto e de etapas. De acordo com o autor, estes podem ser definidos da seguinte forma:

- 1. Método de contacto:** permite a identificação de anomalias relacionadas com a forma ou dimensão do produto. Neste tipo de métodos pode existir ou não contacto entre o dispositivo e o produto;
- 2. Método de conjunto:** permite detetar se todas as operações foram realizadas;
- 3. Método de etapas:** determina se todas as operações foram realizadas na sequência correta.

Os mecanismos *poka-yoke* constituem um meio para ajudar as pessoas a fazer o trabalho bem à primeira vez. Embora o resultado imediato seja a identificação dos defeitos e o impedimento que estes prossigam, o objetivo é sempre modificar o processo para que futuros erros sejam evitados (Shingo, 1989).

2.1.4.4 Standard Work

Originalmente desenvolvido por Ohno, o *standard work* constitui a base do *kaizen* e caracteriza-se como sendo um conjunto de procedimentos de trabalho que definem os melhores métodos e sequências de cada processo para cada trabalhador (Monden, 1998; Ohno, 1988).



A correta documentação de procedimentos de trabalho permite identificar vários tipos de problemas, como é o caso de processos que não estão clarificados da melhor forma, *outputs* defeituosos de um processo, transporte ou movimentação desnecessários de produtos e trabalhadores, inspeções desnecessárias, esperas, duplicação de esforço e armazenamento de registos e dados desnecessários (Rohleder & Silver, 1997; Ungan, 2006). De acordo com (Monden, 1998) o *standard work* possui três elementos-chave:

- 1. Takt Time:** tempo teórico a que deve ser produzida uma unidade de produto tendo em conta a procura do mercado. O conceito de *takt time* encontra-se devidamente explicado na secção 2.1.1.1.
- 2. Sequência de trabalho:** conjunto de tarefas devidamente sequenciadas que representam a melhor forma de executar o trabalho;
- 3. Stocks normalizados:** definição de um *stock* mínimo que assegure o fluxo contínuo da produção.

A descrição detalhada de todos os procedimentos de trabalho incluindo cada um dos três elementos-chave mencionados em cima permite reduzir a variabilidade dos processos e manter a consistência dos seus *outputs*, encurtando o *lead time* e tornando-o mais previsível (Pinto, 2009). Como afirma Masaaki Imai (1986): “*There can be no improvement where there are no standards*”.

2.1.4.5 Kaizen

O termo “*Kaizen*” é de origem japonesa e significa “mudança para melhor”. Este foi introduzido originalmente por Masaaki Imai no livro “*The Key to Japan’s Competitive Success*” como sendo um pilar da estratégia competitiva. De acordo com o autor, esta filosofia define-se como sendo uma forma de pensar e agir que deve estar presente na cultura de uma organização e envolver todas as pessoas nos processos de melhoria contínua.

Segundo Ortiz (2006) “*Kaizen is intended to be integrated into the normal day-to-day activities with the focus on eliminating waste, creating standards, and having a clean, organized workplace. Improvements made through kaizen are generally small and subtle; however, their results over time can be large and long lasting.*”.

A filosofia Kaizen é também conhecida pelo uso do ciclo PDCA como ferramenta de orientação. O ciclo PDCA tornou-se mundialmente conhecido através de Deming, e representa o método de gestão *Plan-Do-Check-Act* (Figura 8). Este constitui uma ferramenta de controlo e melhoria contínua de processos e produtos que pode servir para orientar na implementação da melhoria contínua.

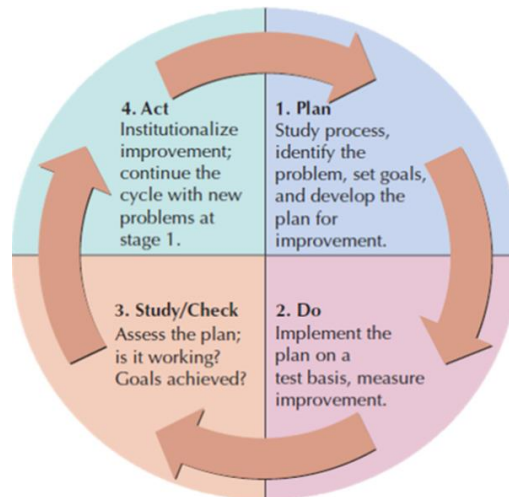


Figura 8 - Ciclo PDCA (retirado de Russell & Taylor (2011))

Segundo Gorenflo & Moran (2010), as fases do ciclo PDCA podem ser descritas da seguinte forma:

1. Plan (Planear) – A primeira fase do ciclo consiste em analisar a situação atual para que seja possível identificar a natureza dos problemas a ser resolvidos e desenvolver potenciais soluções para os problemas em questão.

2. Do (Fazer) – Uma vez desenvolvidas possíveis soluções, segue a fase de implementação de um plano de ação. De acordo com (Gorenflo & Moran, 2010), esta fase está dividida em três etapas:

1. Implementar as mudanças;
2. Recolher e documentar os dados;
3. Documentar os problemas, observações inesperadas, lições aprendidas e conhecimento que foi ganho.

3. Check (Verificar) – Nesta fase pretende-se analisar o impacto das mudanças efetuadas. Assim, o objetivo passa por comparar os novos dados aos anteriores para que seja possível quantificar as melhorias implementadas.

4. Act (Agir) – Uma vez conseguido o resultado esperado, a última etapa do ciclo consiste em proceder à normalização das melhorias implementadas. Caso contrário, é necessário recolher e reavaliar os dados ou então, abandonar o projeto e iniciar o ciclo novamente, isto caso as melhorias não tenham sido implementadas.



2.1.5 Benefícios, forças a favor e contra a implementação do *Lean*

As técnicas e ferramentas *Lean* têm sido progressivamente aplicadas por várias empresas a nível nacional e internacional. Projetos de implementação desta filosofia de gestão encontram-se descritos em diversas publicações de investigadores e profissionais realizados nos mais variados tipos de indústrias apresentando inúmeros benefícios, no entanto, nem sempre é fácil conseguir esta implementação. Assim, esta secção é dedicada à apresentação dos principais benefícios da implementação do *Lean* bem como as forças que suportam e resistem à sua implementação.

2.1.5.1 Principais benefícios

Para Melton (2005), as principais vantagens da implementação deste modelo organizacional são a redução dos *lead times*, a redução dos *stocks*, a melhor compreensão dos processos, a obtenção de processos mais robustos que geram menos erros e defeitos e a redução dos custos. São vários os casos de implementação do *Lean* que ilustram este tipo de vantagens. Alves (2015) apresenta vários casos da implementação do *Lean* em empresas por alunos da Universidade do Minho, nomeadamente casos de reconfiguração de sistemas de produção que se resumiram em vários ganhos em termos de redução de WIP, transportes, movimentações, defeitos, entre outros que geraram um aumento da produtividade e flexibilidade.

Álvarez et al. (2009) apresenta um caso de otimização do fluxo de materiais numa linha de produção usando ferramentas *Lean* que levou à redução de desperdícios como transportes, *stocks* e tempos ociosos. Pattanaik & Sharma (2009) relatam um estudo de implementação de células de produção numa indústria de componentes para armamento. A alteração do *layout* da empresa gerou eficiências relativas à flexibilidade e produtividade através da redução de atividades sem valor acrescentado, redução das deslocações e movimentações de operadores e material e redução dos tempos de ciclo.

Alves et al. (2011), apresenta 41 casos de implementação da metodologia *Lean* em empresas portuguesas por alunos da Universidade do Minho. Entre os benefícios obtidos, os mais frequentes foram a redução do WIP, redução do espaço ocupado, simplificação do fluxo de materiais, aumento da produtividade e a redução das movimentações.

2.1.5.2. Forças de suporte e resistência à implementação do *Lean*

Segundo Melton (2005), existem várias forças de suporte e de resistência à implementação da filosofia *Lean* nos sistemas produtivos das empresas (Figura 9).

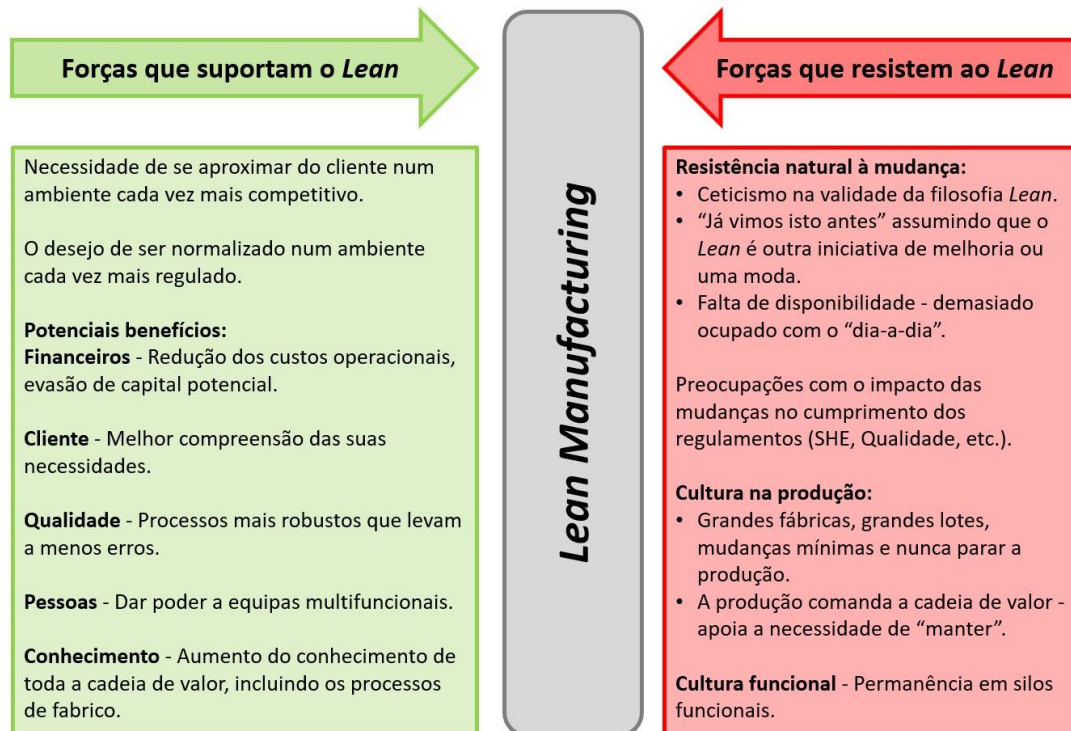


Figura 9 - Forças a favor e contra o *Lean* (adaptado de Melton (2005))

De acordo com o autor, a necessidade de aproximação dos clientes e melhor compreensão das suas necessidades, a robustez dos processos, a multifuncionalidade das equipas, o aumento do conhecimento dos processos de fabrico e a redução dos custos são as forças que suportam a implementação da filosofia *Lean*.

Por outro lado, a resistência natural à mudança constitui uma das principais forças contra a implementação do *Lean* devido a preocupações relativas ao impacto das mudanças, à falta de disponibilidade, ou então devido ao ceticismo existente relativo à validade da filosofia *Lean*. Para além disso, existem culturas de produção que vão contra a implementação desta filosofia, como é o caso daquelas que defendem que quanto menos forem a mudanças melhor, ou que a produção nunca deve parar e que a criação de grandes lotes é uma boa estratégia para grandes empresas.

2.2 Linhas de produção

Esta secção é dedicada a uma breve revisão sobre as linhas de produção apresentando os diferentes tipos de linhas existentes e o problema do seu balanceamento.



2.2.1 Tipos de linhas de produção

O conceito de linha de produção foi inicialmente introduzido em 1924 por Henry Ford, no contexto de produção em massa de automóveis. Estas caracterizam-se pela sua estrutura de trabalho sequencial que leva a uma elevada eficiência na produção de grandes quantidades de artigos e de pequena variedade (Grzechca, 2014). As linhas de produção podem ser classificadas quanto à variedade e sequência de artigos que produzem, dividindo-se assim em três categorias:

- 1. Linha de modelos misturados:** Este tipo de linha é caracterizado pela sua capacidade de produzir diferentes tipos de modelos de um produto. Nestas, os tempos de *changeover* são praticamente nulos permitindo assim alternar entre modelos durante a produção de um produto.
- 2. Linha multimodelo:** Assim como uma linha de modelos misturados, uma linha multimodelo é também capaz de produzir diferentes tipos de modelos, mas desta vez, considerando tempos de *changeover* que podem ser consideráveis. Assim, o tempo disponível de produção é dividido pelos diferentes modelos de tal forma que a produção é realizada em pequenos lotes de diferentes modelos.
- 3. Linha de modelo único:** Este tipo de linha, como o próprio nome indica, é dedicada à produção de um único tipo de produto em grandes quantidades.

2.2.2 Balanceamento de linhas de produção

De acordo com Becker & Scholl (2006), o balanceamento de linhas de produção é considerado um problema fundamental que deve ser analisado quando se pretende reconfigurar uma linha de produção. O problema do balanceamento consiste em distribuir a carga de trabalho necessária de forma equilibrada pelos postos de trabalho de forma a usar o menor número de postos possível, evitar a existência de *bottlenecks* e aumentar a taxa de produção (Kumar & Mahto, 2013).

Para tal, é fundamental conhecer o produto, o *layout* da linha de montagem, os processos, os materiais, as ferramentas e as operações para ser possível harmonizar toda essa informação e proceder à distribuição da carga de trabalho. Quando se trata de reconfigurar uma linha de produção, é fundamental conhecer o *takt time* e o respetivo tempo de ciclo de cada modelo para que seja possível proceder à correta distribuição dos postos de trabalho e da carga de trabalho de cada um deles.



O balanceamento deve ser realizado também tendo em conta as restrições de precedência. Estas caracterizam-se como sendo restrições tecnológicas de natureza processual que impõem que algumas operações sejam realizadas primeiro que outras. O gráfico de precedências constitui uma ferramenta que pode ser utilizada para auxiliar na visualização das precedências a respeitar (Figura 10). Este é constituído por nós (ou círculos) que representam as operações do processo produtivo, o tempo da operação representado no exterior do nó e setas que ilustram a precedência obrigatória entre as operações (Becker & Scholl, 2006).

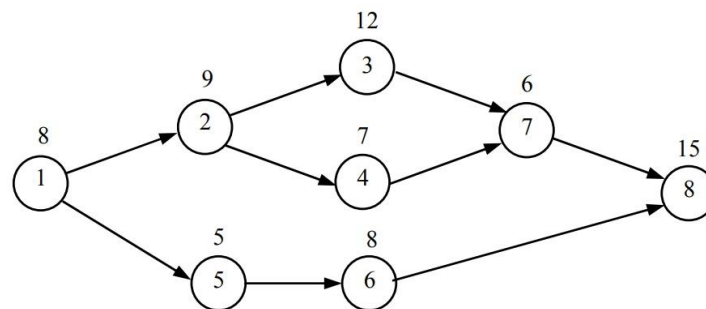


Figura 10 - Exemplo de um diagrama de precedências (retirado de (Júnior et al., 2009))

Para além das restrições de precedências, podem existir também restrições de vizinhança que correspondem a restrições não tecnológicas que podem aconselhar ou desaconselhar o agrupamento de certas operações (Alves, 2007).

2.3 Indicadores de desempenho

Os indicadores chave de desempenho, ou em inglês, *Key Performance Indicators* (KPI), são um conjunto de indicadores com informação quantitativa que ilustram o estado dos processos de uma empresa (Badawy et al., 2016). Através do acompanhamento e da monitorização, em tempo real, das métricas corretas, é possível descobrir e entender *bottlenecks*, avaliar a eficiência dos trabalhadores e das máquinas e atingir metas e objetivos estabelecidos (Kaganski et al., 2017).

Como afirmou Lord Kelvin: “*When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of meagre and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the state of Science, whatever the matter may be.*”(Kaganski et al., 2017).



2.3.1 Taxa de produção

A taxa de produção ou cadência de produção indica a velocidade de processamento com que uma máquina ou posto de trabalho processa os artigos (Carvalho, 2008). Este valor é obtido a partir da razão entre o volume de produção diário (em unidades) e o tempo disponível num dia de trabalho (em horas) (Equação 2).

$$\text{Taxa de produção (uni/hora)} = \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível}} \quad \text{Equação 2}$$

2.3.2 Produtividade

A Produtividade é um indicador de desempenho que mede a eficiência com que se utilizam recursos para se obter o que é necessário (Carvalho, 2008). Assim, a produtividade pode ser calculada através da razão entre a quantidade de artigos produzidos e os recursos gastos para produzir essa quantidade. De acordo com Carvalho (2008), a mão-de-obra constitui um dos recursos de produção mais utilizados, assim sendo, a produtividade pode ser calculada através da Equação 3.

$$\text{Produtividade (uni/hora)} = \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível} \times n^{\circ} \text{ de operadores}} \quad \text{Equação 3}$$

2.3.3 Eficiência

A eficiência, ou *Line Efficiency*, permite estimar, em percentagem, a utilização de uma linha de produção. Esta pode ser calculada através da razão entre o conteúdo de trabalho de um determinado produto, e o número de postos de trabalho existentes na linha de montagem final (Equação 4).

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\sum \text{TC de cada posto}}{\text{TC do sistema} \times n^{\circ} \text{ de postos de trabalho}} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

2.3.4 Índice de Planura

O Índice de Planura, ou *Smoothness Index*, permite avaliar a uniformidade da distribuição do conteúdo de trabalho pelos diferentes postos de uma linha de produção. Se o Índice de Planura assume o valor zero, então a linha encontra-se perfeitamente balanceada, em que todos os postos de



trabalho apresentam o mesmo tempo de ciclo (Aptiv, 2018). O valor do Índice de planura é dado pela Equação 5.

$$\text{Índice de Planura} = \sqrt{\sum (TC \text{ do Sistema} - TC \text{ dos postos de trabalho})^2} \quad \text{Equação 5}$$

2.3.5 Eficiência Operacional (OE)

A Eficiência Operacional (OE) é um dos indicadores de desempenho mais utilizados na Aptiv e permite medir a eficiência do sistema a partir da relação entre o tempo esperado para produzir uma determinada quantidade de um produto e o tempo real de produção. O tempo esperado para produzir uma determinada quantidade de um produto é obtido através da multiplicação do tempo de ciclo dos postos pelo volume de produção diário (em unidades). Se o OE atingir os 100%, então o tempo real de produção coincide com o tempo de ciclo estimado (Aptiv, 2018). O OE pode ser obtido a partir da Equação 6.

$$OE (\%) = \frac{TC \text{ dos postos de trabalho} \times \text{Volume diário}}{\text{Tempo real de produção}} \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

2.3.6 Capacidade de produção

A capacidade de produção de uma empresa representa o potencial produtivo que esta possui, ou seja, a quantidade máxima de produtos que esta consegue produzir num determinado período de tempo (Staudt et al., 2011). De acordo com Watts et al. (2009), as medidas de capacidade permitem calcular, avaliar e comparar o desempenho de várias máquinas, sistemas ou atividades, auxiliando assim na tomada de decisão sobre investimentos. Peinado & Graeml (2007) decompõe o termo capacidade em vários tipos de capacidade mais específicos e fundamentais para a tomada de decisão de uma empresa:

Capacidade instalada: Esta representa a capacidade máxima de produção de uma empresa trabalhando vinte e quatro horas durante todos os dias da semana, sem qualquer tipo de interrupções. Esta é uma medida de capacidade teórica que geralmente não é utilizada para informações práticas



sobre capacidade uma vez que é praticamente impossível produzir interruptamente durante vinte e quatro horas, todos os dias.

Capacidade disponível: Representa a quantidade máxima que um sistema é capaz de produzir durante o tempo de trabalho disponível, sem interrupções. Esta pode ser obtida através da Equação 7.

$$\text{Cap. Disponível (seg.)} = \text{Tempo do turno} \times \text{Número de turnos} \quad \text{Equação 7}$$

Capacidade efetiva: Representa a capacidade disponível subtraindo as paragens planeadas. As paragens planeadas correspondem a tempos gastos com intervalos de operadores, mudanças de turno, *setups* e manutenções preventivas. A capacidade efetiva pode ser obtida a partir da Equação 8.

$$\text{Cap. Efetiva (seg.)} = \text{Capacidade Disponível} - \text{Paragens Planeadas} \quad \text{Equação 8}$$

Capacidade realizada: Representa a quantidade que foi produzida e obtém-se a partir da subtração das paragens não planeadas à capacidade efetiva (Equação 9).

$$\text{Cap. Realizada (seg.)} = \text{Capacidade Efetiva} - \text{Paragens Não Planeadas} \quad \text{Equação 9}$$

A capacidade realizada também pode ser obtida através da relação entre a capacidade efetiva com a eficácia operacional expressa pela Equação 10.

$$\text{Cap. Realizada (seg.)} = \text{Capacidade Efetiva} \times \text{OE} \quad \text{Equação 10}$$

A capacidade realizada ainda representa uma medida teórica dado que não considera os tempos gastos com refugo ou retrabalho. A medida real pode ser obtida a partir do cálculo da utilização dos recursos utilizados para produzir. Para tal, é necessário calcular a Capacidade Esperada que representa o tempo teoricamente necessário para produzir uma determinada quantidade de um produto. Esta pode ser obtida a partir da Equação 11:



$$\text{Cap. Esperada (seg.)} = TC \text{ do produto} \times \text{Volume de produção} \quad \text{Equação 11}$$

Uma vez calculada a Capacidade Esperada, é possível calcular a Utilização dos recursos em termos percentuais a partir da Equação 12.

$$\text{Utilização (\%)} = \frac{\text{Capacidade Esperada}}{\text{Capacidade Realizada}} \times 100 \quad \text{Equação 12}$$





3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo destina-se à apresentação da empresa onde foi realizada a presente dissertação de mestrado. Inicialmente faz-se uma breve apresentação da empresa a nível global com o intuito de dar a conhecer a sua dimensão. De seguida, são apresentadas as instalações da empresa em Braga juntamente com uma breve contextualização histórica da sua evolução. São apresentados também os produtos produzidos e os principais clientes da empresa. Posteriormente é feita uma descrição das áreas de produção existentes em Braga, dando maior ênfase à área de produção e montagem dos componentes eletrónicos onde foi realizado o projeto.

3.1 Grupo Aptiv

A Aptiv é uma empresa multinacional de tecnologia avançada que se dedica à produção de componentes eletrónicos para a indústria automóvel. Esta encontra-se sediada em Dublin na Irlanda e é considerada uma das maiores empresas fornecedoras de componentes para automóveis em todo o mundo.

A Aptiv surgiu em 2017 com a cisão da Delphi Automotive que se encontrava anteriormente organizada em cinco divisões distintas: *Electrical/Electronic Architecture*, *Electronics & Safety*, *Powertrain Systems* e *Product & Service Solutions*. O grupo Delphi Automotive teve a sua origem no ano de 1994 na cidade de Troy nos Estados Unidos da América. Esta possuía 126 unidades fabris e 15 centros técnicos localizados em mais de 30 países contando com cerca de 164 000 colaboradores.

Com a cisão da sua divisão *Powertrain Systems*, a Delphi Automotive deu origem a duas novas empresas: Aptiv e Delphi Technologies (Figura 11).



Figura 11 – Logótipos da Aptiv e da Delphi Technologies após a cisão da Delphi



A Aptiv passou assim a englobar as áreas de *Electronics & Safety*, bem como *Electrical/Electronic Architecture* focando-se nas áreas da segurança ativa e manuseamentos autónomos. Já a Delphi Technologies ficou com a área da *Powertrain* que se foca no desenvolvimento de sistemas de propulsão avançada de veículos.

Atualmente, o grupo Aptiv encontra-se disperso por 45 países, empregando aproximadamente 147 mil funcionários e operando 14 centros técnicos.

3.2 Identificação e localização

Em Portugal, a Aptiv está localizada em três cidades como se pode observar através da Figura 12. Em Braga e Castelo Branco a Aptiv dedica-se à produção de componentes eletrónicos para a indústria automóvel, já em Lumiar, a Aptiv não possui unidades de produção mas sim um centro técnico de excelência.

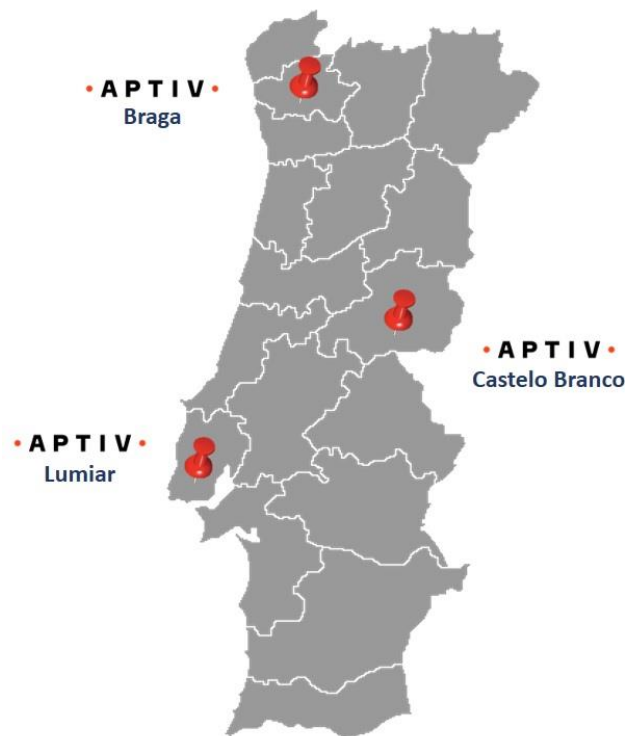


Figura 12- Aptiv em Portugal

O presente projeto foi desenvolvido na Aptiv de Braga (Figura 13) que se dedica, maioritariamente, à produção de autorrádios para a indústria automóvel. O complexo industrial de Braga integra cerca de 900 colaboradores e possui um volume anual de vendas de aproximadamente 301 milhões de euros.



Figura 13 - Instalações da Aptiv em Braga

Este complexo é atualmente constituído por quatro edifícios (Figura 14), que ocupam uma área total de 33.000m².



Figura 14 - Complexo industrial da Aptiv em Braga

O edifício 1 e 2 constituem as duas unidades produtivas da Aptiv em Braga, sendo que o primeiro se destina à produção de componentes eletrónicos e o segundo à produção dos componentes plásticos.

Para além dos componentes plásticos, o edifício 2 reativou, em 2017, uma área produtiva dedicada à montagem final de módulos controladores de automóveis. O edifício 4 que era antigamente utilizado para armazenar matéria-prima, passou a ser, em 2018, o centro de investigação e desenvolvimento da Aptiv em Braga onde será desenvolvida tecnologia de ponta para os maiores fabricantes da indústria automóvel da Europa. Por fim, edifício 3 é utilizado atualmente para armazenar a matéria-prima necessária à produção.



3.3 História e evolução da empresa em Braga

O complexo industrial de Braga conta com 53 anos de história e evolução. Na Figura 15 é apresentado um cronograma com os principais marcos da empresa ao longo da sua história em Braga.

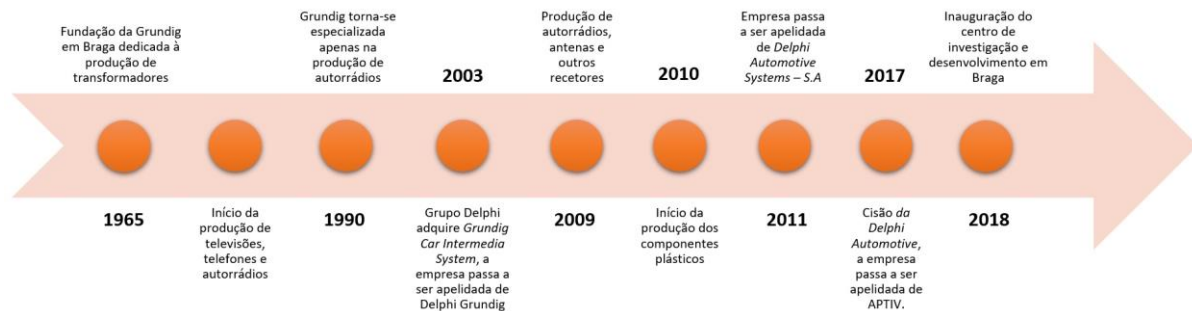


Figura 15 - Evolução da empresa em Braga

Tudo começou em 1965 com a instalação da Grundig em Braga por Max Grundig, fundador da empresa eletrónica Grundig AG. Nessa altura, a produção dedicava-se única e exclusivamente ao fabrico de transformadores. Nos anos seguintes, a Grundig passou a produzir também televisões, autorrádios e telefones, tornando-se, em 1990, especializada apenas na produção de autorrádios. Em 2003, o grupo multinacional americano Delphi, adquiriu a *Grundig Car Intermedia System*, unidade à qual pertencia a fábrica de Braga, que passou assim a ser denominada de Delphi Grundig. Em 2009, a gama de produtos aumentou passando a ser produzidas também antenas e outros recetores. Em 2010, iniciou-se a produção dos componentes plásticos não só na unidade industrial de Braga, mas também noutras fábricas Delphi à volta do mundo. Em 2011, a empresa passou a ser apelidada de *Delphi Automotive Systems – S.A*. Como explicado na secção 3.1, a Delphi global dividiu-se, em 2017, em duas novas empresas: Aptiv e Delphi Technologies devido à cisão da sua divisão *Powertrain Systems*. Por englobar as áreas de *Electronics & Safety* e *Electrical/Electronic Architecture*, a empresa de Braga passa a ser apelidada de Aptiv. Finalmente, em 2018 foi inaugurado o centro de investigação e desenvolvimento da Aptiv em Braga com o objetivo de fornecer tecnologia de ponta aos maiores fabricantes de automóveis da Europa.

3.4 Produtos e principais clientes

Em Braga, a Aptiv dedica-se à produção de uma diversidade de produtos com características complexas e de tecnologia avançada. Estes podem ser divididos em quatro categorias, nomeadamente, autorrádios, sistemas de navegação, *displays* e módulos controladores (Figura 16).



Figura 16 - Produtos produzidos na Aptiv em Braga

A Aptiv tem como clientes algumas das principais marcas de fabricantes de automóveis do mundo. Na Figura 17 estão representados alguns dos principais clientes.



Figura 17 - Principais clientes

3.5 Áreas de produção

Como mencionado anteriormente, a Aptiv possui duas unidades de produção. A primeira está situada no edifício 1, sendo responsável pela produção e montagem dos componentes eletrónicos dos autorrádios e *displays*. A segunda encontra-se no edifício 2 e é caracterizada por produzir os componentes plásticos que serão posteriormente fornecidos ao edifício 1 para executar a montagem eletrónica. Para além da produção dos plásticos, este edifício passou a conter uma área dedicada à montagem final de módulos controladores para automóveis. Na Figura 18 está representado o *layout* com as respetivas secções produtivas deste edifício.

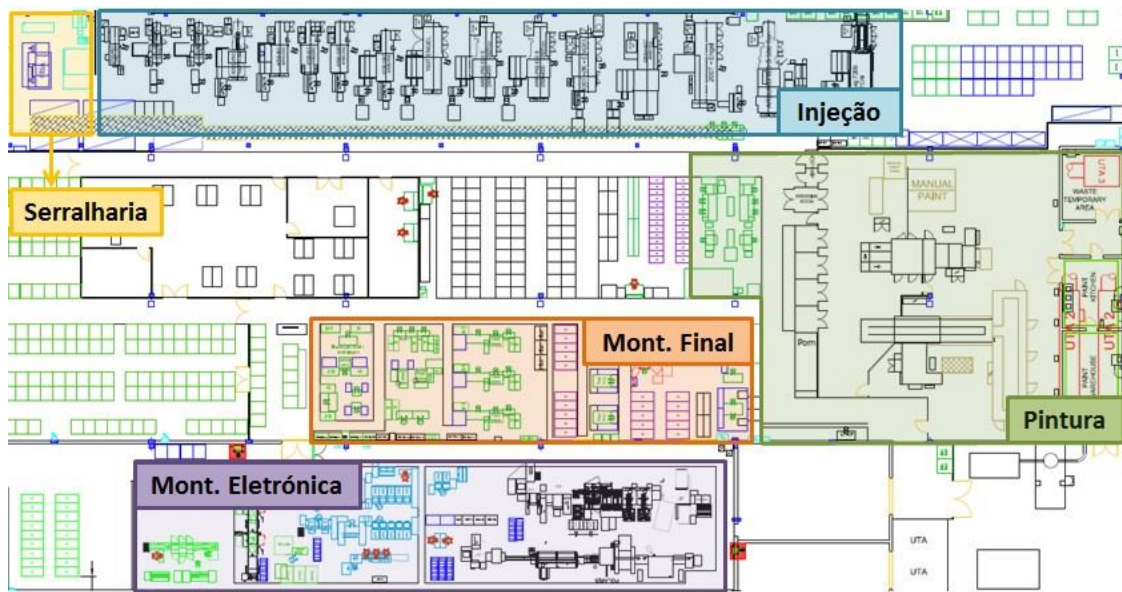


Figura 18 - Layout da área produtiva dos componentes plásticos

O processo produtivo da área dos componentes plásticos tem início na área de injeção onde são obtidos os componentes plásticos que serão necessários para a montagem. De seguida, as peças plásticas seguem para a área de pintura que se encontra dividida em três zonas: *kitting* (carregamento e preparação de peças para pintar), pintura, e inspeção de peças pintadas. Após cada uma destas fases, os componentes seguem para a área de montagem final onde será realizada a montagem manual das peças, soldadura, gravação a laser e, por fim, a inspeção dos produtos acabados. Finalmente, os produtos plásticos terminados são armazenados para serem posteriormente fornecidos ao edifício 1 onde será realizada a montagem eletrónica.

A área produtiva da montagem eletrónica é, neste edifício, dedicada à montagem final de módulos controladores cujos componentes necessários à montagem provêm do edifício 1.

O presente projeto de dissertação foi realizado na unidade produtiva do edifício 1 onde se realiza a produção e montagem dos componentes eletrónicos. Esta encontra-se dividida em três secções de produção (Figura 19): Montagem automática de componentes eletrónicos (*SMT – Surface Mount Technology*), montagem manual de componentes eletrónicos (*CBA – Circuit Board Assembly*) e a montagem final eletrónica (*FA – Final Assembly*). Nas subsecções seguintes procede-se à descrição de cada uma das secções deste edifício.

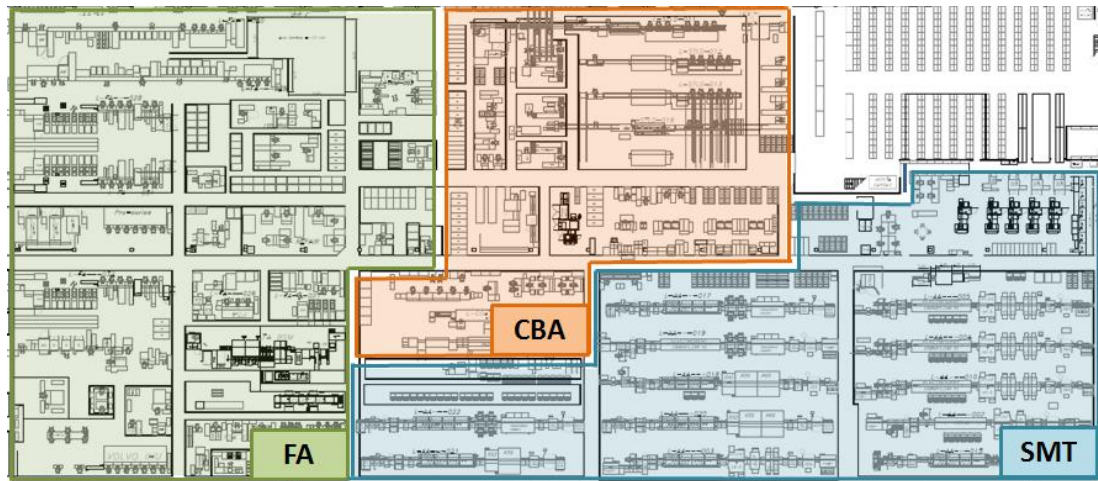
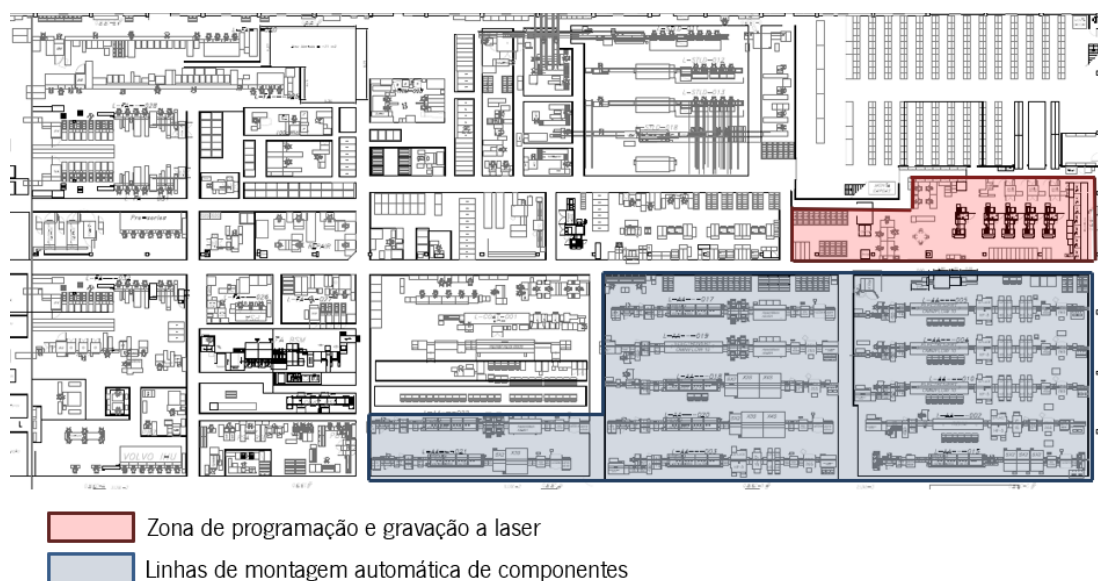


Figura 19 - Layout da área produtiva dos componentes eletrônicos

3.5.1 Montagem automática de componentes (SMT)

O processo produtivo tem início na secção de Montagem Automática ou *Surface Mount Technology* (SMT) onde se realiza a montagem automática dos componentes eletrônicos. O primeiro processo desta secção é denominado de “*Offline Programming*” e consiste na programação de IC’s (*Integrated Circuits*) que serão posteriormente introduzidos nas placas eletrónicas, ou *Printed Circuit Boards* (PCB). De seguida, as placas seguem para as máquinas de “*Laser Marking*” para efetuar a gravação a laser de um código QRC (*Quick Response Code*) que lhes permitirá assegurar a sua rastreabilidade e a conservação do seu histórico de montagem durante todo o processo produtivo. Na Figura 20, estão representadas cada uma das áreas mencionadas.



- Zona de programação e gravação a laser
- Linhas de montagem automática de componentes

Figura 20 - Layout da área produtiva de SMT



Uma vez programados os IC's e gravados os códigos QRC, as placas seguem para as linhas de inserção automática de componentes SMD¹ (*Surface Mount Devices*). Na Figura 21, está representada a implantação de uma linha de montagem automática da área de SMT.

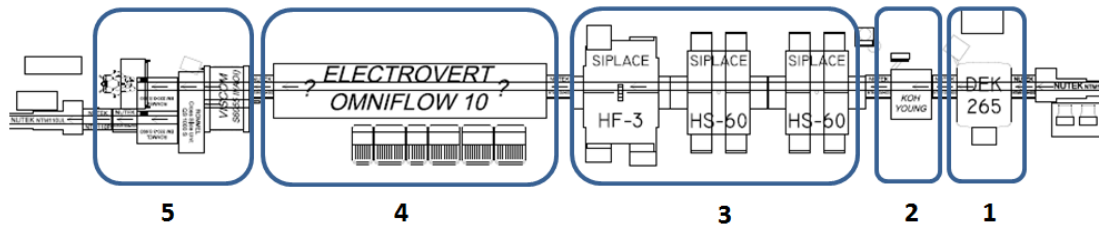


Figura 21 - Implantação de uma linha de produção de SMT

Cada uma das linhas de SMT representadas iniciam o seu processo com a colocação de uma pasta, denominada de *reflow* (1) que servirá para fixar os componentes eletrônicos à placa. De seguida, é realizado o processo de inspeção ao *reflow* (2) para averiguar a existência de possíveis problemas de qualidade. Aplicada e inspecionada a pasta nos *PCB's*, segue a inserção dos componentes eletrônicos a partir das máquinas *Pick & Place* (3). Os componentes são fixados a partir do processo de soldadura (4) que irá secar o *reflow* aplicado anteriormente. O processo de produção nas linhas de SMT termina com uma nova inspeção (5) com recurso a uma máquina AOI (*Automated Optical Inspection*) que irá averiguar a existência de problemas de qualidade nas placas. No final, os *PCB's* são colocados em *containers* e alocados no minimercado de SMT para ficarem disponíveis para os processos seguintes.

3.5.2 Montagem manual de componentes (CBA)

Após a montagem automática em SMT, os *PCB's* são reencaminhados para a secção de CBA onde se procede à montagem manual de componentes de maiores dimensões, também designados de componentes PTH² (*Pin Though Hole*), que não podem ser introduzidos nas linhas de montagem automática de SMT. Na Figura 22, estão representadas cada uma das subsecções existentes na área de CBA e que serão descritas posteriormente.

¹ Componentes eletrônicos minúsculos que são aplicados e devidamente soldados na superfície dos *PCB*.

² Componentes eletrônicos de grandes dimensões que requerem a perfuração do *PCB* para poderem ser aplicados sobre estes atravessando-os de um lado ao outro.

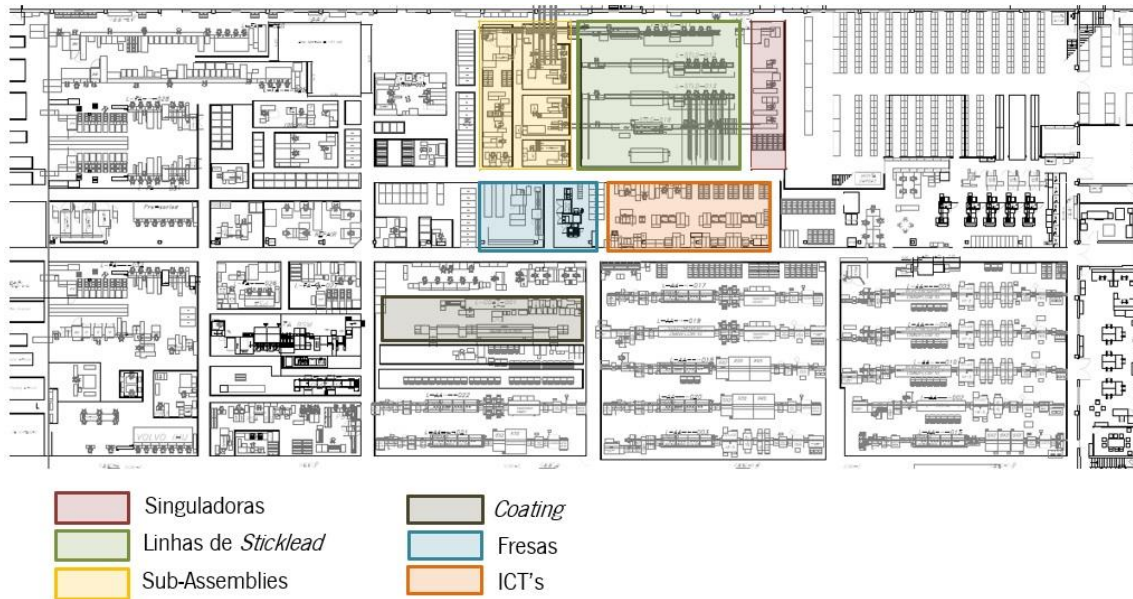


Figura 22 - Layout da área produtiva de CBA

A primeira operação nesta secção é denominada de *Blade Singulation* e é constituída por máquinas singuladoras que servem para remover os excessos de PCB, denominados de *arrays*, que dão suporte às placas principais que vêm em *containers* da área de SMT. Outro tipo de singulação é realizada na secção das Fresas onde se procede à individualização de placas que contêm conjuntos de PCB mais pequenas que necessitam de ser individualizadas. Uma vez singuladas as placas, estas são reencaminhadas para a zona de *Sticklead* ou *Through Hole Technology* (THT) onde se procede à montagem dos componentes PTH. Esta subsecção é composta atualmente por cinco linhas de montagem manual. Na Figura 23, está representada a implantação de uma linha de montagem manual de componentes.

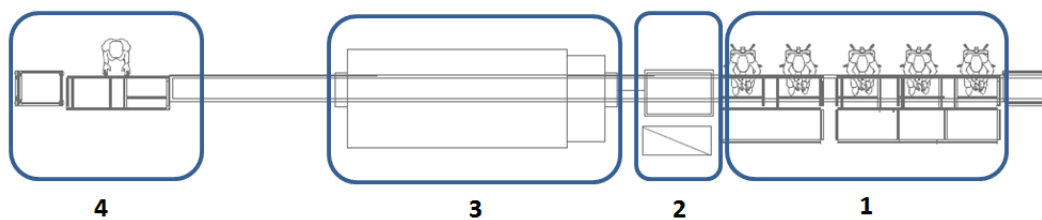


Figura 23 - Implantação de uma linha de produção de Sticklead da área de CBA

Em cada uma destas linhas são executadas quatro operações: colocação manual de componentes (1), fixação mecânica, designada de *clinch* (2), soldadura (3), e, por fim, inspeção visual às placas para verificar a conformidade da montagem e da soldadura (4). Com o intuito de assegurar a flexibilidade das linhas de montagem, existe ainda uma zona de *sub-assemblies* onde se realiza a pré-montagem de



outros componentes que são restritos a modelos específicos. Nesta secção existe ainda máquinas que executam processos de *coating* que consiste na colocação de uma camada protetora que protege as placas contra uma série de fatores relacionados, por exemplo, com a humidade e a temperatura. Finalmente, tem-se ainda a área dos ICT's (*In Circuit Test*) cujo objetivo é verificar a existência de curto-circuitos nas placas.

3.5.3 Montagem final eletrónica (FA)

A última secção para onde as placas são reencaminhadas, e onde grande parte deste projeto foi realizado, é a secção de montagem final. Na Figura 24 estão assinaladas as subsecções existentes nesta área produtiva.

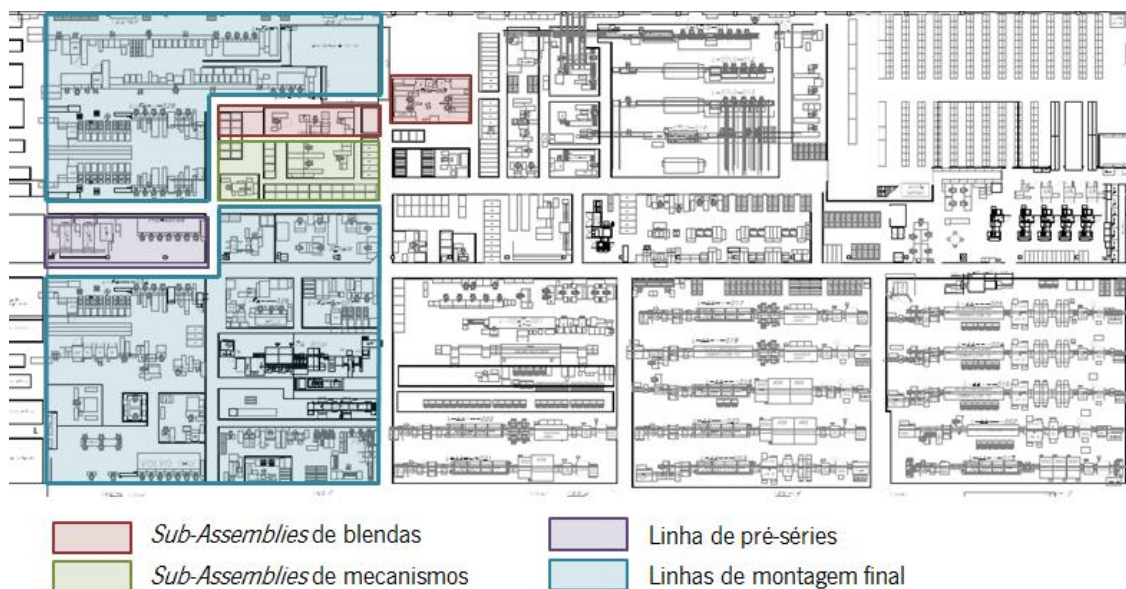


Figura 24 - Layout da área produtiva da montagem final

Como se pode observar pela figura, esta secção é constituída por células de pré-montagem (*sub-assemblies*), linhas de montagem final eletrónica, e por uma linha de pré-séries onde são produzidas as primeiras unidades de produtos correspondentes a novos projetos a ser implementados na fábrica.

Das quatro células de pré-montagem (*sub-assemblies*) existentes, duas são dedicadas à montagem de blindagens (parte frontal do autorrádio que fica visível no automóvel) e duas são dedicadas à montagem de mecanismos (leitor de CD). Nas células de blindagens procede-se ao “casamento” das blindagens provenientes do edifício 2 com as placas de serviço provenientes da área de CBA para, posteriormente, serem fornecidas às linhas de montagem final. Nos *sub-assemblies* de mecanismos realiza-se a montagem do mecanismo leitor de CD com uma chapa designada de *bracket*.



Todos os produtos semiacabados montados nas áreas descritas anteriormente, irão convergir nas linhas de montagem final eletrónica. Na Figura 25 está representada a implantação de uma linha de montagem final.

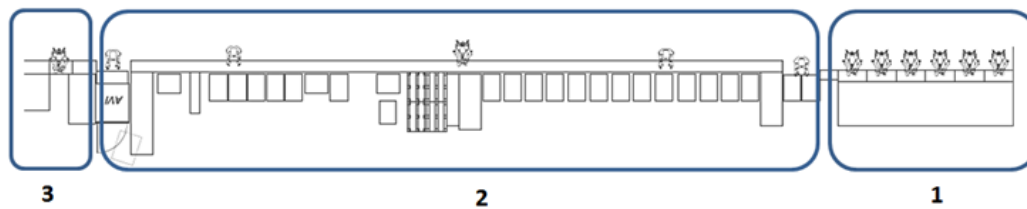


Figura 25 - Implantação de uma linha de produção da montagem final

Nas linhas de montagem manual (1) é realizada a montagem de blendas, placas principais e de serviço, mecanismos e tampas constituindo assim um autorrádio. Efetuada a montagem final, os produtos são sujeitos a testes mecânicos e elétricos (2) para assegurar a qualidade do produto final. Por fim, o produto é etiquetado e embalado (3).

3.6 Planeamento e controlo da produção

Na Aptiv de Braga, o planeamento da produção engloba três fases com horizontes temporais distintos (Figura 26).

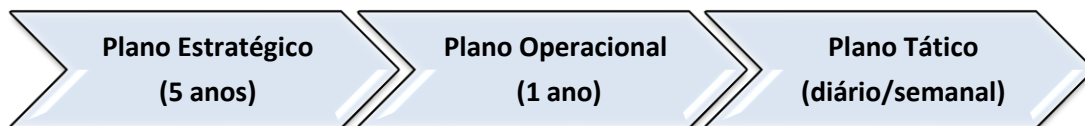


Figura 26 - Planeamento da produção na Aptiv Braga

O plano estratégico é projetado para um horizonte temporal de 5 anos e é executado pelo departamento de Engenharia, que é responsável pela implementação de novos produtos. Toda a informação relativa às especificações dos novos produtos e respetivos volumes a produzir são enviadas para este departamento através de um documento denominado de “*SPS Summary*”. Uma vez interpretada toda a informação do documento, é avaliada a situação atual do sistema produtivo com o objetivo de averiguar a necessidade de aumentar a capacidade produtiva ou a necessidade de incorporar novos equipamentos ou técnicas de produção.

O plano operacional é realizado pelo departamento de PC&L (*Planning Control & Logistics*) e é projetado para um horizonte temporal de um ano. Os primeiros cinco meses do ano são planeados



através de encomendas já existentes. Este plano é revisto diariamente com o intuito de analisar as atualizações de encomendas por parte dos clientes e realizar ajustes quando necessário para a que produção esteja devidamente nivelada.

O plano Tático é realizado diariamente e está ao encargo do departamento de PC&L e dos chefes de linha. No início de cada dia é definida a sequência de produção e são lançadas as ordens de produção. O chefe de linha imprime diariamente a sequência de produção do software SAP para poder dar início à produção dos diferentes modelos de acordo com a informação do documento.

As ordens de produção são lançadas em lotes de doze unidades sob a forma de manifestos (Figura 27). O supervisor do armazém é o responsável por, diariamente, distribuir os manifestos com as ordens de produção pelas linhas de montagem.



Figura 27 - Exemplo de um manifesto

O controlo da produção é realizado pelos chefes de linha através da análise diária dos indicadores de desempenho e da inspeção ao longo do processo produtivo para garantir a qualidade do produto. Os chefes de linha mantêm um envolvimento constante com o departamento de PC&L para o caso de existir a necessidade de realizar alterações e ajustar a produção face ao que foi planeado.



4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

O presente projeto de dissertação incidiu sobre as três secções produtivas do edifício 1 (SMT, CBA e FA) que foram descritas na secção 3.5. No entanto, o foco esteve sobre duas linhas de produção da secção de montagem final (FA). Este capítulo descreve e analisa a situação atual dessas linhas com base na informação adquirida no chão de fábrica e na informação documental recolhida. A fase inicial do projeto consistiu em observar diariamente o processo produtivo de ambas as linhas interagindo com os trabalhadores para obter conhecimento sobre os produtos, processos e fluxos de produção/informação. Neste capítulo descreve-se ainda o estado atual das torres de iluminação de advertência existentes em cada uma das três secções produtivas que foram também objeto de estudo para esta dissertação.

4.1 Processo produtivo das linhas de montagem final eletrónica

Como referido anteriormente, todos os componentes produzidos nas áreas de montagem SMT e CBA, vão convergir na área de FA para darem entrada nas linhas de montagem final e obter-se assim o produto acabado.

As linhas de montagem final em estudo são caracterizadas por serem as mais antigas e as mais longas da fábrica, ocupando uma área total de cerca de 259m². Assim como estas linhas, os produtos que nelas são produzidos contêm características particulares que já não se encontram nos produtos mais recentes da fábrica. Tendo em conta que os volumes destas linhas têm vindo a descer cada vez mais e que estas já não se encontram tão aptas como as restantes para receber produtos novos, foi criada uma equipa *kaizen*, na qual a autora foi inserida, para realizar um ajuste de capacidade através da sua reestruturação.

Assim, um dos objetivos deste projeto consistiu em analisar ambas as linhas de modo a que fosse recalculado o número de postos de trabalho necessários e sugerido um novo balanceamento. As linhas em estudo são denominadas de “Linha 1” e “Linha 2” e estão representadas na Figura 28.

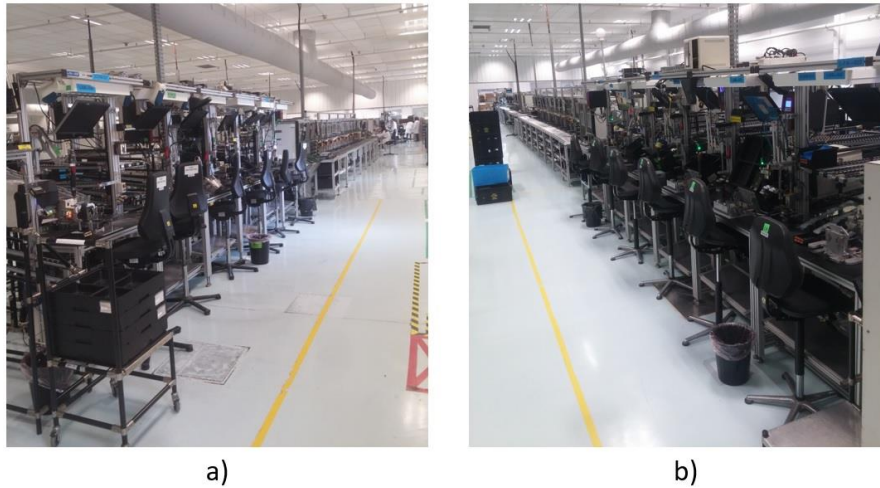


Figura 28 - a) Linha de montagem final 1; b) Linha de montagem final 2

Na Figura 29 está representado o *layout* das linhas com os postos de trabalho devidamente identificados. Nas subsecções 4.1.4 e 4.1.5 são dados a conhecer cada um dos diferentes postos através da sua descrição.

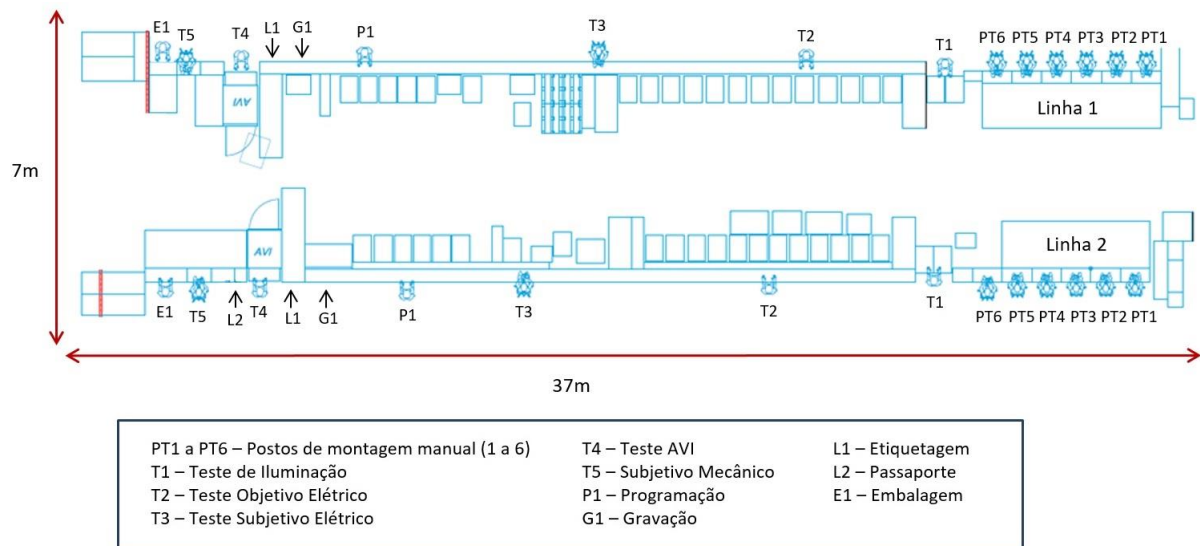


Figura 29 - Implantação das linhas de montagem final

Apesar da variedade de autorrádios produzidos na fábrica, a estrutura base é semelhante para todas as marcas, e, portanto, é possível definir os principais materiais que constituem a *Bill of Materials* dos aparelhos. Os materiais que estão presentes em praticamente todos os autorrádios são as placas principais provenientes das linhas *sticklead* de CBA, os caixilhos que correspondem à armação metálica dos aparelhos, as tampas superior e inferior, e os mecanismos e blendas provenientes das células pré-montagem (*sub-assemblies*) (Figura 30).

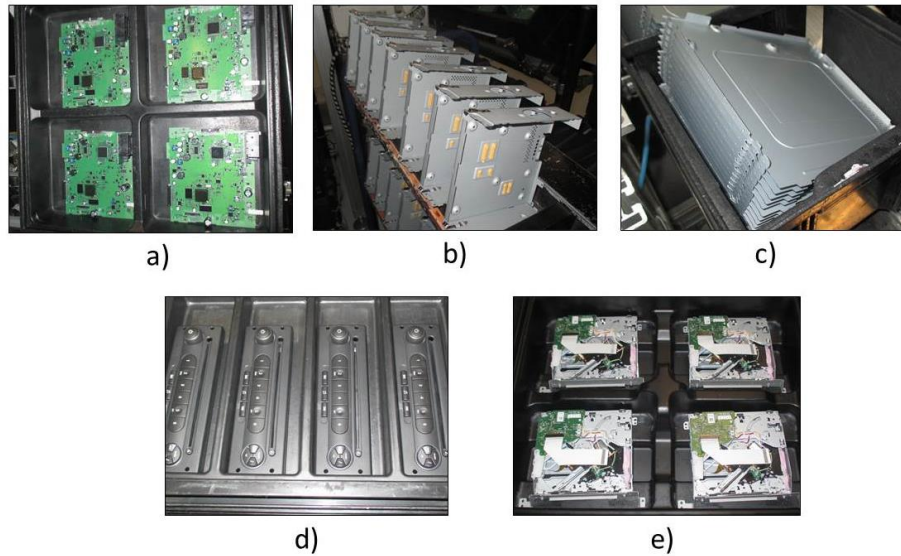


Figura 30 - a) Placas principais; b) Caixa; c) Tampas; d) Blendas; e) Mecanismos

Nas subsecções seguintes são apresentados os autorrádios e o processo produtivo das linhas de montagem final em estudo.

4.1.1 Produto Acabado

Nas linhas em estudo, são produzidos dez modelos diferentes de autorrádios, sendo que, três correspondem à linha 1 e sete à linha 2. Os três modelos de autorrádios produzidos na linha 1 são muito semelhantes, porém, o que os torna diferentes é apenas a blenda que corresponde à parte frontal do autorrádio que fica visível no automóvel. Já na linha 2, os modelos produzidos possuem diferenças relativas não só à blenda, mas também a alguns componentes que são colocados e respetiva quantidade, no entanto, o processo de montagem entre eles é bastante similar. Na Tabela 1 estão representados os produtos finais correspondentes a cada linha. Por uma questão de confidencialidade de informação, a marca do autorrádio será representada por uma letra e o modelo será representado por um número.



Tabela 1 - Produtos acabados da linha 1 e 2

Produto Acabado			
Linha 1	A1	A2	A3
			
	B1	B2	B3
Linha 2			
	C1	C2	C3
			
		C4	
			

4.1.2 Lista de materiais

Nesta subsecção são apresentadas as listas de componentes dos diferentes modelos produzidos nas linhas de montagem. Na Tabela 2 estão representados os principais componentes utilizados para a montagem dos autorrádios da linha 1. Na totalidade, são colocados 31 componentes em cada um dos modelos.

Tabela 2 - Componentes dos produtos acabados da linha 1

Componente	Qtd.	Produto
Placa principal	1	Todos os modelos
Caixilho	1	
Parafuso tipo A	16	
Parafuso tipo B	7	
Etiqueta	1	
Blenda	1	
Mecanismo	1	
Tampa superior	1	
Cabo FFC	1	
Conetor	1	

Na linha 2, os componentes utilizados diferem de acordo com o modelo a ser produzido. Na Tabela 3 estão representados os componentes utilizados para a montagem final dos diferentes modelos de



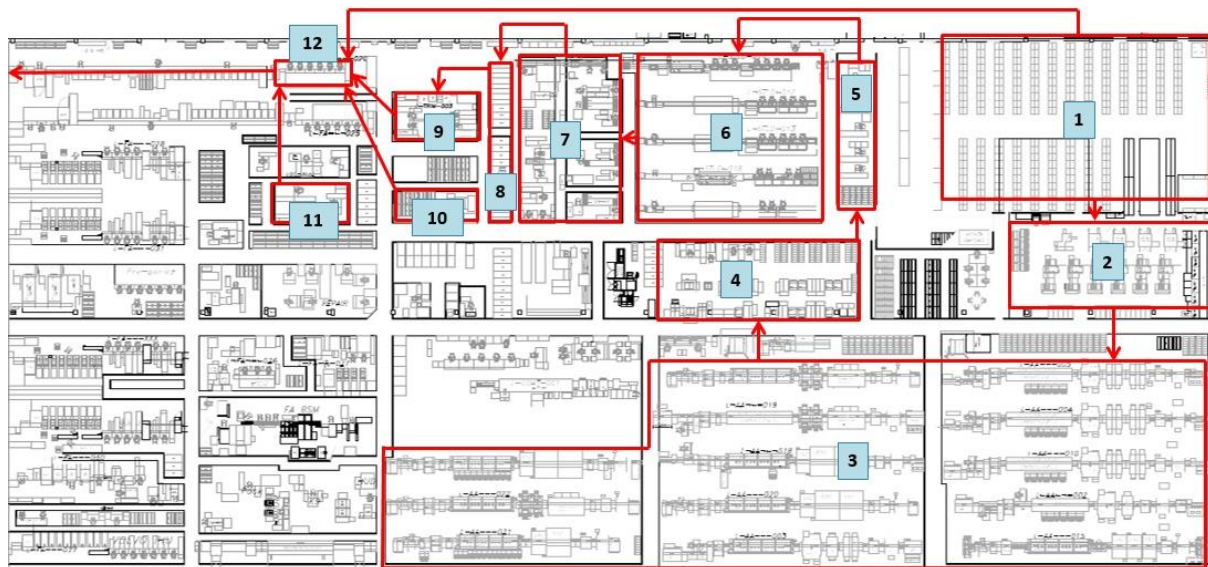
autorrádios produzidos nesta linha. Na totalidade são colocados 19 componentes no modelo B1, 22 nos modelos B2 e C2, 25 no modelo B3, 27 no modelo C3, 23 no modelo C1 e 29 no modelo C4.

Tabela 3 - Componentes dos produtos acabados da linha 2

Componente	Qtd.	Produto
Placa principal	1	Todos os modelos
Caixilho	1	Todos os modelos
Parafuso tipo A	10	B1, B2
	15	B3
Parafuso tipo B	2	C1, C2, C3, C4
Parafuso tipo C	3	B2
	10	C1, C2
Parafuso tipo D	13	C3
	14	C4
Parafuso tipo E	2	C3, C4
Gap Pad	1	B1, B2
Tampa inferior	1	Todos os modelos
Etiqueta intermédia	1	Todos os modelos
Blenda	1	Todos os modelos
Suporte do condensador	1	B1, B2, B3
Tampa superior	1	Todos os modelos
Chapa de refrigeração	1	B3, C1, C2, C3, C4
Bullet	1	B1, B2, B3, C1, C2
Mecanismo	1	B3, C3, C1, C4
Mola	2	C1, C2, C3, C4
Cover Back	1	C4

4.1.3 Fluxo dos materiais das linhas 1 e 2

Os componentes utilizados para a montagem dos autorrádios em ambas as linhas 1 e 2 provêm de várias secções do edifício 1. As matérias-primas utilizadas na montagem provêm do supermercado de CBA (1), já os restantes componentes são semiacabados, sendo todos eles produzidos e montados na área produtiva do edifício 1. Na Figura 31 está representado o fluxo de materiais dos modelos produzidos na linha 1, na Figura 32 e Figura 33 estão representados os fluxos de materiais dos modelos produzidos na linha 2.



- | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 - Supermercado de matérias primas | 6 - Sticklead | 9 - Sub-assembly 1 de blendas |
| 2 - Programação e gravação | 4 - ICT's | 10 - Gap-Filler dos caixilhos |
| 3 - SMT | 7 - Sub-assemblies de CBA | 11 - Sub-assembly de mecanismos |
| 5 - Singuladoras | 8 - Mini mercado de Main Boards | 12 - Postos de montagem da linha 1 |

Figura 31 - Fluxo de materiais dos modelos A1, A2 e A3

Dado que os modelos produzidos na linha 1 são bastante semelhantes em termos de componentes e de montagem, o fluxo de materiais é praticamente o mesmo para os três modelos. Após a programação dos IC's e gravação a laser (2), as placas passam para as linhas de SMT para se proceder à montagem automática dos componentes (3). De seguida, seguem para os ICT's (4) para se proceder à verificação da existência de curto-circuitos para, posteriormente, serem singuladas (5). Uma vez singuladas, as placas são reencaminhadas para as linhas de sticklead (6) para serem montados os componentes na placa principal. Montados os componentes, as placas seguem para os sub-assemblies de CBA (7) para ser efetuada a montagem de componentes que não são inseridos nas linhas de sticklead por uma questão de flexibilidade, nomeadamente a montagem de ventoinhas nas placas. De seguida, as placas são armazenadas no minimercado de main boards (8) para, posteriormente, serem abastecidas no posto 1 da linha 1. O "casamento" das placas de serviço com as blendas é realizado no sub-assembly 1 de blendas (9) para posteriormente serem fornecidas ao posto 3. No gap-filler (10) é colocada uma pasta dissipadora de calor sobre os caixilhos que serão depois reencaminhados para o posto 1 para serem montados juntamente com as placas principais. Finalmente, nos sub-assemblies de mecanismos (11) são montados os mecanismos que serão fornecidos ao posto 5.

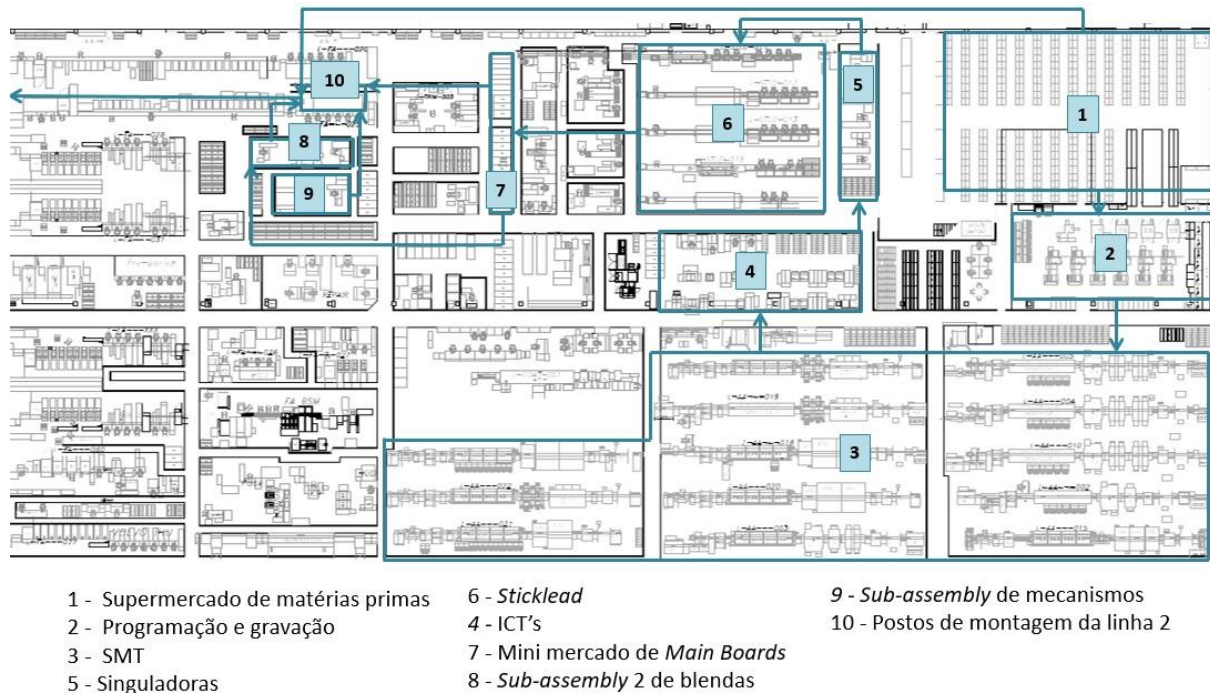


Figura 32 - Fluxo de materiais dos modelos B1, B2 e B3 da linha 2

Relativamente aos modelos B1, B2 e B3 da linha 2, o fluxo é um pouco diferente. Neste, as placas provenientes de *sticklead* (6) não realizam montagens nos *sub-assemblies* de CBA, sendo diretamente armazenadas no minimercado de *main boards* (7) para, posteriormente, serem montadas na linha de montagem final (10). As blendas correspondentes a estes modelos são montadas num *sub-assembly* diferente (8) e são depois abastecidas no posto 3 da linha 2. Os caixilhos destes modelos não passam pelo processo de *gap-filler* e são, portanto, abastecidos diretamente no posto 1. Os mecanismos são montados no mesmo local (9) e são posteriormente abastecidos no posto 3 no caso do modelo B3, já que o B1 e B2 não possuem mecanismo.

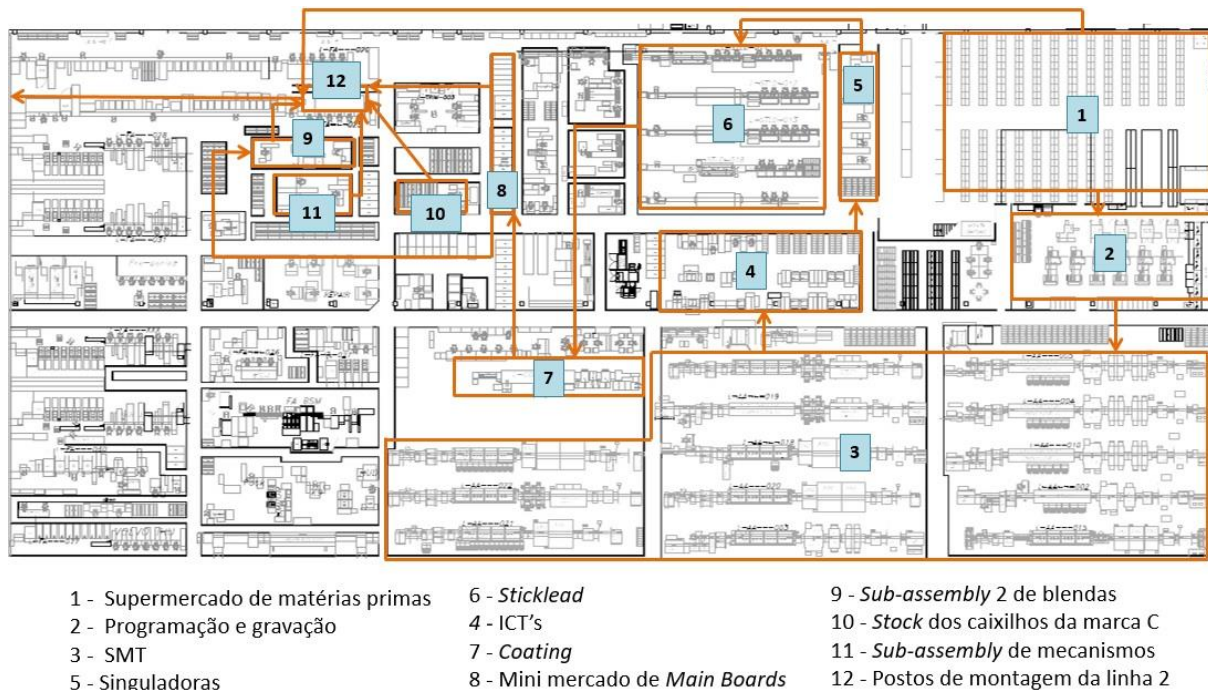


Figura 33 - Fluxo de materiais dos produtos C1, C2, C3 e C4 da linha 2

O fluxo dos modelos C1, C2, C3 e C4 diferem dos restantes porque após a montagem dos componentes nas linhas de *sticklead* (6), as placas passam por um processo extra, o “*coating*” representado por (7) na figura. Estas placas são depois reencaminhadas para o minimercado de *main boards* (8) para serem posteriormente abastecidas no posto 1 da linha 2. Para estes modelos, as blendas são montadas no *sub-assembly* de blendas (9) para depois serem reencaminhadas para o posto 5. Os mecanismos também são montados no mesmo local que os modelos anteriores (11) e depois são abastecidos no posto 3 da linha 2 para o modelo C1 e no posto 4 para os modelos C3 e C4. O modelo C2 não possui mecanismo e, portanto, não passa por este *sub-assembly*. Os caixilhos e tampas destes modelos provêm da área (10) e são abastecidos depois no posto 1.

4.1.4 Postos de montagem manual

Nos postos de trabalho manual das linhas procede-se à montagem e aparafusamento dos componentes provenientes das secções anteriores e que foram mencionados na secção 4.1.2. De seguida, são descritos cada um dos postos de trabalho para dar a conhecer as operações que são realizadas em cada um deles.



4.1.4.1 Posto de trabalho 1

Em ambas as linhas de montagem, o posto de trabalho 1 (PT1) é caracterizado por se efetuar a montagem e aparafusamento das placas principais nos caixilhos. No PT1 correspondente à linha 1 (Figura 34a) também se procede à colagem da etiqueta intermédia no aparelho para todos os modelos.

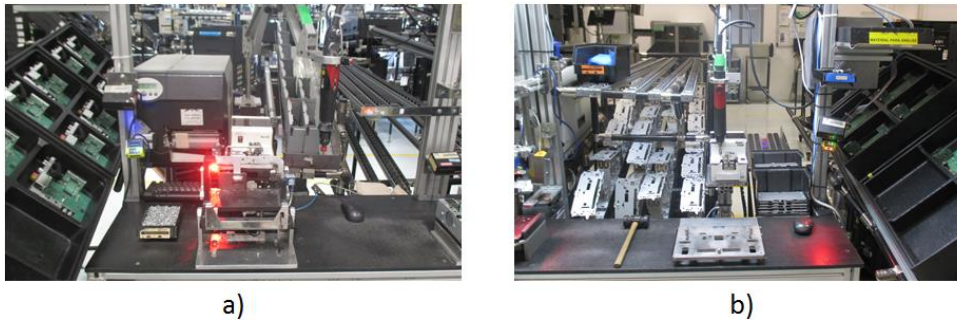


Figura 34 - a) PT1 da linha 1; b) PT1 da linha 2

Para além da montagem e aparafusamento de caixilhos com placas principais, no PT1 correspondente à linha 2 (Figura 34b), são também realizadas operações de montagem e aparafusamento de molas, chapas de refrigeração e tampas inferiores.

Na Tabela 4 encontram-se as operações realizadas neste posto, em cada uma das linhas, para cada modelo produzido.

Tabela 4 - Gama operatória do PT1 da linha 1 e 2

Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Montar a placa no caixilho	Todos	Montar a placa no caixilho	B1, B2, B3, C1, C2, C4
Aparafusar na parte traseira do caixilho	Todos	Aparafusar a placa principal	B3, C1, C3, C4
Colar a etiqueta intermédia no caixilho	Todos	Colar <i>Gap Pad</i> no IC da placa principal	B1, B2
		Colocar a tampa inferior no aparelho	B1, B2, C1
		Inserir e aparafusar as molas	C2
		Colocar a chapa de refrigeração	C3, B3
		Aparafusar a chapa de refrigeração	B3

4.1.4.2 Posto de trabalho 2

No posto de trabalho 2 (PT2) correspondente à linha 1 (Figura 35a), procede-se à colocação de cabos FFC nas placas principais e ao aparafusamento da parte inferior do caixilho.

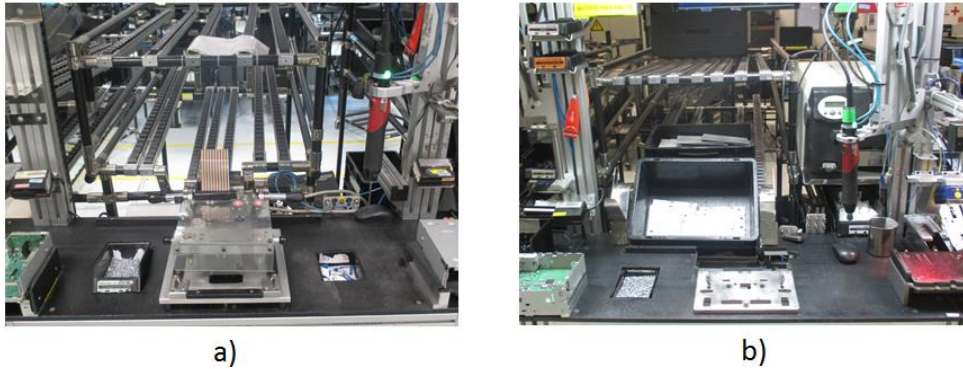


Figura 35 - a) PT2 da linha 1; b) PT2 da linha 2

No PT2 correspondente à linha 2 (Figura 35b), são realizadas operações de colocação e aparafusamento de tampas inferiores, placas principais, chapas de refrigeração e molas. Para além disso, são montadas *bullets* e *cover backs*. Neste posto também se procede à colocação da etiqueta intermédia em todos os modelos desta linha.

Na Tabela 5 encontram-se as operações realizadas neste posto, em cada uma das linhas, para cada modelo.

Tabela 5 - Gama operatória do PT2 da linha 1 e 2

Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Colocar cabo FFC no conector ZIF da placa	Todos	Aparafusar a tampa inferior	B1, B2
Aparafusar a parte inferior do caixilho	Todos	Aparafusar a chapa de refrigeração	B1, B2
		Colar a etiqueta intermédia	Todos
		Colocar a <i>bullet</i>	B2
		Colocar a tampa inferior	B3
		Aparafusar a tampa inferior	B3
		Montar a placa principal no caixilho	C2
		Aparafusar a placa principal	C2, C4
		Colocar e aparafusar chapa de refrigeração	C3
		Colocar e aparafusar molas	C1

4.1.4.3 Posto de trabalho 3

O posto de trabalho 3 (PT3) de ambas as linhas é caracterizado por serem efetuadas montagens e aparafusamentos de blendas com os caixilhos.

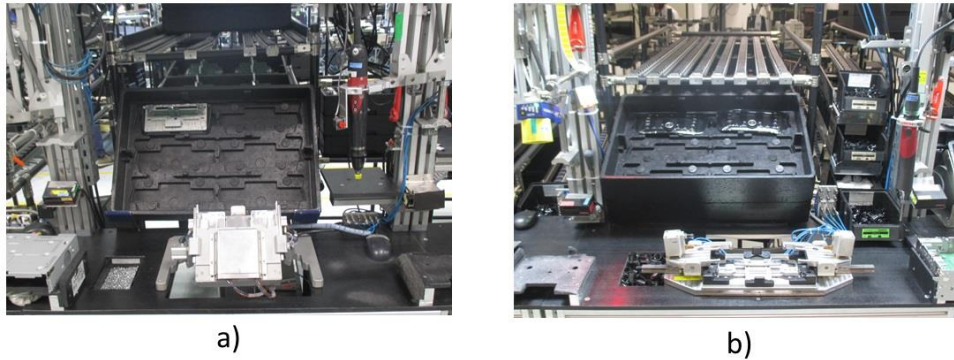


Figura 36 - a) PT3 da linha 1; b) PT3 da linha 2

O PT3 correspondente à linha 2 (Figura 36b), é caracterizado por se proceder à montagem e aparafusamento de blendas da marca B uma vez que está apto para conectar dispositivos preparados para que a blenda seja colocada com a frente virada para baixo sem causar defeitos com o encaixe e pressão do aparelho sobre esta. Para além das blendas, também são montadas *bullets*, chapas de refrigeração, molas e placas. Também são colocados suportes de condensador, tampas inferiores, caixilhos e mecanismos para os modelos da marca C.

Na Tabela 6 estão representadas as operações realizadas neste posto.

Tabela 6 - Gama operatória do PT3 da linha 1 e 2

Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Colocar a blenda	Todos	Inserir a <i>bullet</i>	B1
Aparafusar a blenda	Todos	Colocar e aparafusar a <i>bullet</i>	B3, C1, C2
		Colocar suporte do condensador	B3
		Aparafusar o caixilho	A
		Colocar a tampa inferior	C2, C4
		Aparafusar a placa	C2
		Colocar o mecanismo	C1
		Aparafusar a chapa de refrigeração	C3
		Colocar e aparafusar as molas	C3, C4
		Montar blenda no aparelho	B1, B2, B3
		Aparafusar a blenda	B2

4.1.4.4 Posto de trabalho 4

No posto de trabalho 4 (PT4) correspondente à linha 1 (Figura 37a), é realizada a ligação das fitas da blenda com a placa principal e o aparafusamento da mesma.

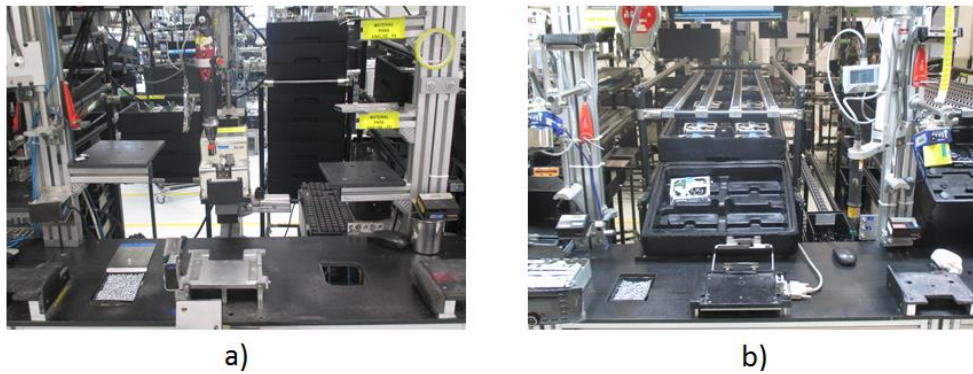


Figura 37 - a) PT4 da linha 1; b) PT4 da linha 2

Já o PT4 correspondente à linha 2 (Figura 37b), é especialmente caracterizado pela realização da montagem e aparafusamento dos mecanismos provenientes da célula de *sub-assembly*, no entanto, também se procede à colocação de tampas e suportes de condensador.

Na Tabela 7 encontram-se as operações realizadas neste posto para cada modelo de ambas as linhas.

Tabela 7 - Gama operatória do PT4 da linha 1 e 2

Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Ligar a ficha da blenda à placa principal	Todos	Colocar o suporte do condensador	B1, B2
Aparafusar a placa principal	Todos	Aparafusar a tampa inferior	B1, B2, C2
		Colocar o mecanismo	B3, C3, C4
		Aparafusar o mecanismo	B3, C1, C3, C4
		Colocar a tampa superior	C1, C2

4.1.4.5 Posto de trabalho 5

No posto de trabalho 5 (PT5) da linha 1 (Figura 38a), é realizada a colocação e aparafusamento dos mecanismos que são fornecidos pela célula de *sub-assembly* de mecanismos.

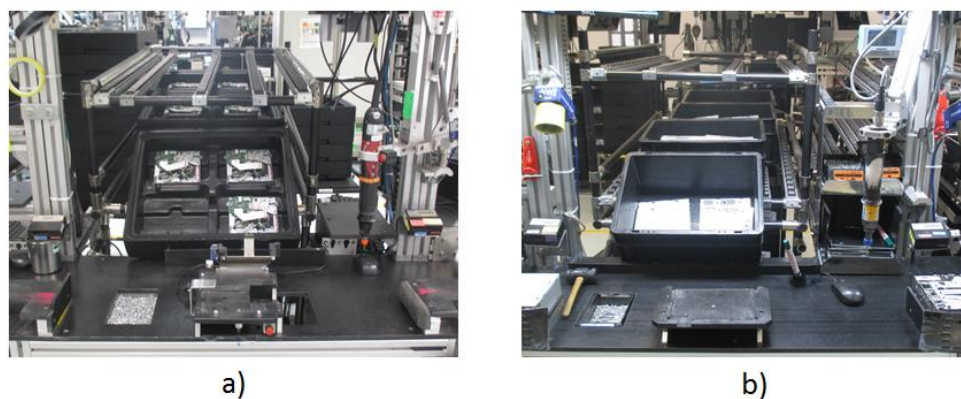


Figura 38 - a) PT5 da linha 1; PT5 da linha 2



No PT5 da linha 2 (Figura 38b), são realizadas operações de montagem e aparafusamento de tampas e blendas.

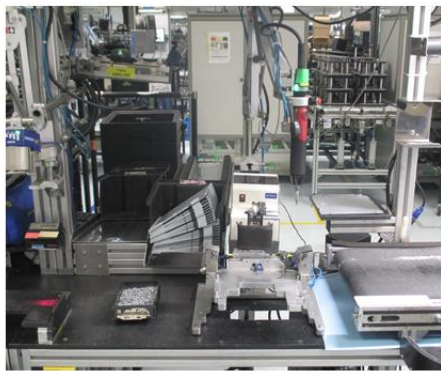
Na Tabela 8 estão descritas as operações realizadas neste posto para cada modelo de ambas as linhas de montagem.

Tabela 8 - Gama operatória do PT5 da linha 1 e 2

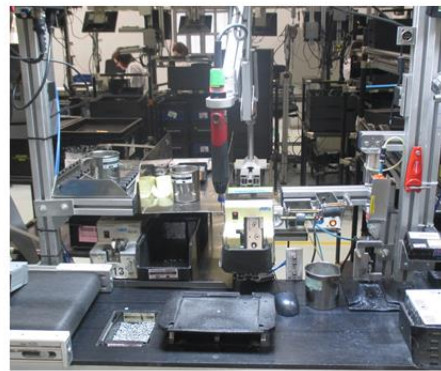
Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Colocar o mecanismo	Todos	Colocar visto para confirmar suporte do condensador	B1, B2
Aparafusar o mecanismo	Todos	Colocar a tampa superior	B1, B2, B3
		Aparafusar a tampa inferior	B1, B2, B3, C1, C2
		Aparafusar a tampa superior	B3
		Colocar a tampa inferior	C3
		Colocar a blenda	C1, C2, C3, C4

4.1.4.6 Posto de trabalho 6

No posto de trabalho 6 (PT6) da linha 1 (Figura 39a), é realizada a montagem e aparafusamento de tampas superiores.



a)



b)

Figura 39 - a) PT6 da linha 1; b) PT6 da linha 2

No PT6 da linha 2 (Figura 39b), são realizadas operações de montagem e aparafusamento de tampas, chapas de refrigeração e caixilhos.

Na Tabela 9 estão representadas as operações realizadas neste posto, em cada uma das linhas, para cada um dos modelos produzidos.



Tabela 9 - Gama operatória do PT6 da linha 1 e 2

Gama operatória – Linha 1		Gama operatória – Linha 2	
Operação	Modelo	Operação	Modelo
Aparafusar a tampa superior	Todos	Aparafusar a tampa inferior	B1, B2, B3
Aparafusar o caixilho	Todos	Colocar a chapa de refrigeração	C1, C2, C3, C4
Montar a tampa superior	Todos	Aparafusar a chapa de refrigeração	C1, C2, C3, C4
		Montar a tampa superior	C4

4.1.5 Postos de teste das linhas

Uma vez realizada a montagem final dos autorrádios, segue a fase de testes para verificar a conformidade dos produtos. Ambas as linhas, 1 e 2, possuem a mesma sequência de testes, no entanto variam em termos de número de máquinas alocadas. Estes testes são denominados de “*Tests Like Costumer*” e têm como finalidade simular a utilização do cliente final de modo a garantir a conformidade do aparelho. Se um autorrádio não passar em alguma fase da linha de testes, é testado de novo e, no caso de não passar novamente, é colocado de parte no local que lhe é destinado e reencaminhado para a reparação. Na Tabela 10, encontra-se representada a quantidade de máquinas existentes e de operadores alocados nos respectivos postos de teste.

Tabela 10 - Quantidade de máquinas e operadores alocados nas linhas 1 e 2

Marcas Testes	Linha 1		Linha 2			
	A		B		C	
	Máquina	Operador	Máquina	Operador	Máquina	Operador
Iluminação (T1)	2	1	2	1	2	1
Objetivo Elétrico (T2)	13	1	12	1	12	1
Subjetivo Elétrico (T3)	2	1	2	1	2	1
Programação (P1)	7	0,5	6	0,5	6	0,5
Gravação (G1)	2	-	2	-	2	-
Etiquetagem (E1)	1	0,5	1	0,5	1	0,5
Passaporte (E2)	-	-	1	0,5	1	-
AVI (T4)	1	1	1	0,5	1	1
Subjetivo Mecânico (T5)	1	1	1	1	1	1
Embalamento (E1)	1	1	1	1	1	1

O primeiro posto das linhas de teste é dedicado ao teste de Iluminação – Figura 40a). Neste posto, o operador coloca o aparelho na unidade de teste fazendo a conexão elétrica do aparelho à máquina. O aparelho permanece assim numa câmara escura para ser realizada a verificação da luminosidade dos botões e do *display*. Se a luminosidade estiver de acordo com os parâmetros definidos, o operador tira o aparelho da máquina e passa-o para o posto seguinte.



O segundo posto é denominado de “Objetivo Elétrico” e tem como finalidade testar as funções elétricas do autorrádio – Figura 40b). Neste posto, o operador coloca o aparelho na unidade de teste e insere um *SD Card* e um *CD* de modo a que a máquina possa iniciar a sequência de testes. Desta forma, a máquina verifica o acesso do *SD Card* e do *CD*, o funcionamento do *Bluetooth*, realiza ajustes de frequências AM e FM e testa o ruído do aparelho.

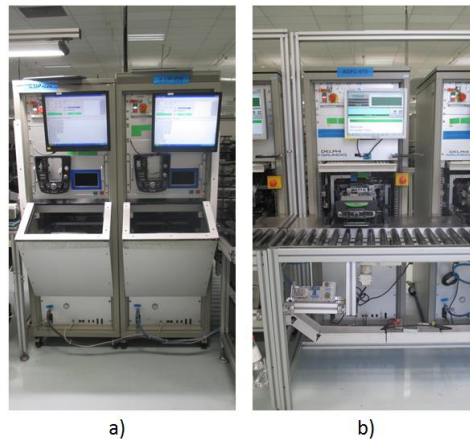


Figura 40 - a) Iluminação; b) Objetivo Elétrico

O próximo teste corresponde ao Subjetivo Elétrico – Figura 41a). Neste posto, o operador interage com a máquina durante o teste com o objetivo de testar as funções elétricas e mecânicas dos botões, bem como a qualidade do *display*. Após o operador realizar o *click* de todos os botões e a máquina aprovar o aparelho, o operador remove o rádio e passa para o posto seguinte.

O quarto posto é denominado de “Programação” – Figura 41b). Como o próprio nome indica, é neste posto que o autorrádio é programado com o conteúdo que lhe é destinado tendo em conta a marca e o modelo.

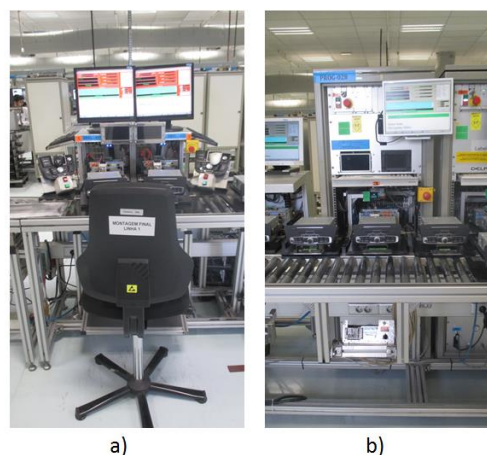


Figura 41 - a) Subjetivo Elétrico; b) Programação



O próximo posto corresponde à etiquetagem – Figura 42a). Como o próprio nome indica, neste posto é colocada a etiqueta do cliente no produto. Cada etiqueta contém informações relativas à marca, ao modelo, ao número de série e ao local de fabrico e de destino.

O posto seguinte corresponde ao *Automated Vision Inspection* (AVI) – Figura 42b). Neste posto é efetuada a inspeção visual ao aparelho através de um equipamento que avalia se o autorrádio está visualmente conforme. O equipamento AVI contém câmaras de alta resolução e algoritmos de processamento de imagem que realizam a inspeção ao aparelho.

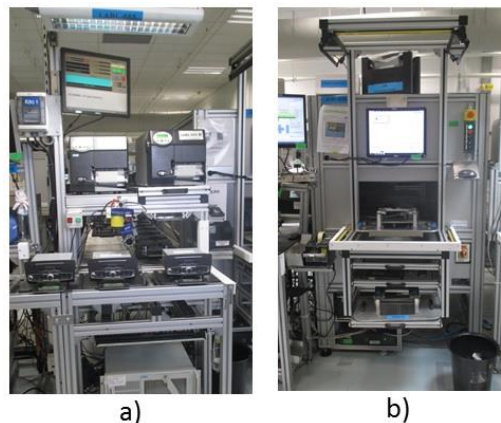


Figura 42 - a) Etiquetagem; b) AVI

Posteriormente, encontra-se o posto do Subjetivo Mecânico - Figura 43a). Neste posto é o operador que verifica o aparelho em termos de mecânica e estética. Este tem a responsabilidade de examinar a qualidade da montagem, das teclas, dos botões giratórios e da blenda. No final, o operador limpa a blenda e o *display* para eliminar qualquer presença de sujidade e gordura. No posto de trabalho existe uma sequência de códigos de barras (assinalado na Figura 43a) em que cada um deles corresponde a um tipo de defeito, assim, caso seja detetado um desses defeitos, o operador deve fazer a sua leitura e colocar o aparelho para reparação. Ao realizar a leitura do código de barras, o defeito fica imediatamente associado ao *part number* do autorrádio em questão e essa informação fica devidamente registada no sistema de gestão da informação da empresa, denominado de FIS (*Factory Information System*) para que, posteriormente, seja possível analisar o defeito.

O último posto da linha corresponde ao posto de Embalagem - Figura 43b). Neste posto, o operador realiza o embalamento do produto consoante as especificações da marca e modelo do autorrádio. Após o processo de embalamento os produtos são colocados em paletes para serem expedidos.

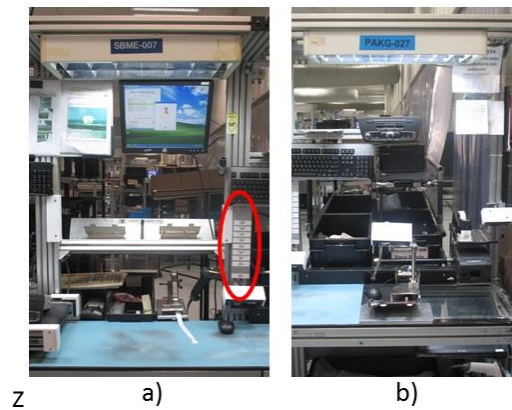


Figura 43 –a) Subjetivo Mecânico; b) Embalagem

A sequência de postos de teste correspondentes às linhas 1 e 2 são bastante semelhantes, no entanto variam em termos do número de máquinas alocadas. Para além disso, a linha 2 contém um posto de trabalho extra dedicado à colocação do passaporte (livrete com o código de acesso e informação extra sobre o autorrádio) nos modelos B1, B2 e B3 - Figura 44a). Neste posto, o operador é responsável por imprimir o passaporte, colocá-lo num saco protetor e fixá-lo à tampa superior do aparelho. Desta forma, para os modelos da marca B, o operador do posto AVI é também dedicado ao posto do passaporte (L2).

Em cada uma das linhas existe também um posto de gravação (Figura 44b) onde se procede à gravação da marca, modelo e número de série no caixilho do autorrádio. Apenas passam por este posto os autorrádios cujo cliente exige o requisito da gravação. Uma vez que os produtos para os quais era necessário efetuar a gravação, já não se encontram a ser produzidos nas linhas, os postos de gravação encontram-se atualmente em desuso.

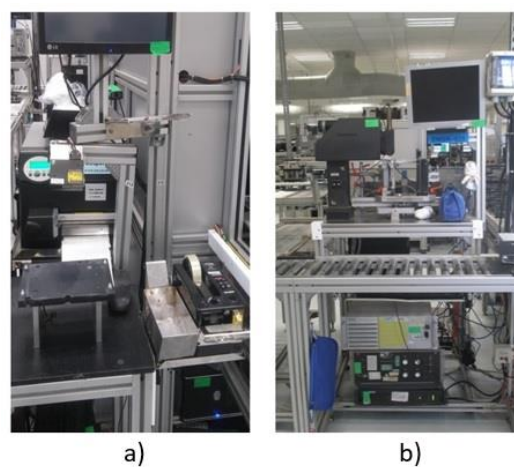


Figura 44 - a) Passaporte; b) Gravação



4.1.6 Abastecimento dos materiais nos postos de trabalho

O abastecimento de materiais às linhas de montagem é da responsabilidade do Departamento de Planeamento e Controlo Logístico (PC&L). Todos os dias são impressos manifestos que contêm as ordens de produção com informação sobre os materiais e as quantidades necessárias para o produto a ser produzido. Para além disso, são impressos os planos diários das rotas que os operadores de PC&L devem executar ao longo do dia. Assim, consoante o plano, o operador de PC&L responsável por abastecer as duas linhas de montagem final, desloca-se ao longo destas para fazer a troca das caixas vazias por caixas abastecidas com material.

No Anexo I – Abastecimento dos materiais nas linhas, encontra-se representada uma tabela com as características das caixas onde são colocados os materiais e em que posto de trabalho são colocados. Cada uma das caixas é abastecida no posto de trabalho correspondente através das rampas de abastecimento. No Anexo II – Rotas de abastecimento encontram-se as instruções de trabalho relativas às rotas de abastecimento das linhas 1 e 2 que os operadores têm que seguir.

4.1.7 Mecanismos *poka-yoke* das linhas

A Aptiv utiliza sistemas *poka-yoke* em praticamente todos os postos de trabalho com o intuito de garantir a eficiência e a fluidez dos processos tornando-os mais simples e com a menor probabilidade possível de ocorrer erros.

Nas linhas de produção da empresa existem vários métodos para prevenir a ocorrência de erros de montagem e aparafusamento. No Anexo III – Dispositivos *poka-yoke* das linhas estão representados alguns dos dispositivos *poka-yoke* que são utilizados nas linhas 1 e 2. O primeiro método consiste na utilização de dispositivos anti erro para impedir a montagem incorreta do autorrádio. Estes são munidos de sensores de movimento e de presença que garantem a posição e a movimentação correta dos produtos. Para além disso, os dispositivos contêm proteções para impedir a ocorrência de danos em áreas críticas do aparelho e contem tapamentos para impedir a entrada de objetos estranhos. Na Figura 45 estão representados alguns exemplos de dispositivos deste género implementados nas linhas.

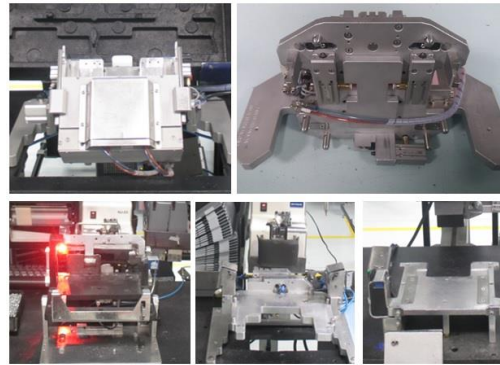


Figura 45 - Exemplos de dispositivos

A leitura dos manifestos e dos códigos QR constituem um método *poka-yoke* que permite evitar a montagem errada de componentes. Uma vez lido o código do manifesto, é acionado o programa correspondente ao produto a ser produzido, e, portanto, quando se procede à leitura do código QR de cada um dos componentes, o programa identifica se o componente é o correto, caso contrário, o componente é rejeitado e o produto não pode passar para o posto seguinte. Desta forma, com o uso destes métodos, a probabilidade de ocorrer a montagem de um componente errado é praticamente nula. Na Figura 46 estão representados alguns dos sensores existentes nos postos de trabalho.

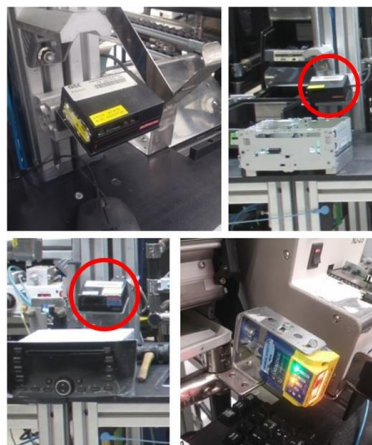


Figura 46 - Exemplos de sensores implementados nas linhas

Outro método está inserido nos robôs de aparafusamento dos postos de trabalho para evitar a colocação errada dos parafusos (Figura 47). Com este tipo de dispositivos, os parafusos têm que ser obrigatoriamente colocados na sequência indicada e no local apropriado. Assim, o aparelho não pode passar para o posto seguinte sem que todos os parafusos tenham sido colocados corretamente.

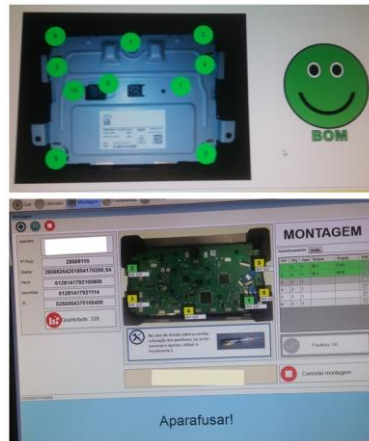


Figura 47 - Exemplo de sistema poka-yoke para aparafusamento

Finalmente, outro método *poka-yoke* presente nos postos de trabalho corresponde às câmaras (Figura 48) que permitem verificar se todos os componentes foram colocados de forma correta.



Figura 48 - Exemplos de câmaras implementadas nas linhas

Os mecanismos *poka-yoke* existentes na empresa são constantemente atualizados e melhorados ao longo do tempo à medida que surgem novos problemas nos produtos ou nos processos.

4.2 Torres de iluminação de advertência das áreas produtivas de SMT, CBA e FA

As linhas de montagem descritas acima estão enquadradas na área da montagem final eletrónica (FA), tal como referido na secção 4.1 e tal como acontece nas outras áreas, é possível encontrar torres de iluminação de advertência (Figura 49). Estas torres constituem uma ferramenta de gestão visual fundamental para alertar os trabalhadores de possíveis problemas existentes no sistema produtivo, quer seja em linhas de produção, máquinas ou outros equipamentos.



Figura 49 - Exemplo de uma torre de iluminação de advertência

Na área produtiva do edifício 1, existem cerca de 284 torres de iluminação alocadas no cimo dos equipamentos com o intuito de alertar os trabalhadores para possíveis problemas, principalmente quando estes não se encontram a 100% no mesmo equipamento. Assim, as torres de iluminação permitem identificar rapidamente a existência de problemas ou outros alertas, e, portanto, o operador desloca-se imediatamente ao local cuja torre de iluminação emite um alerta visual.

A área de SMT corresponde à zona com o maior número de torres de iluminação uma vez que existem centenas de equipamentos de montagem automática de componentes eletrônicos. Para além disso, os operadores das máquinas de SMT nunca se dedicam a uma só máquina, podendo estar dedicados a uma linha inteira de SMT onde estão alocados vários equipamentos diferentes. Portanto, é fundamental o alerta visual do estado de cada máquina a médias e longas distâncias nesta área produtiva para que o operador possa identificar imediatamente a existência de problemas. Na Figura 50 estão assinaladas algumas das torres de iluminação presentes nesta área produtiva.



Figura 50 - Torres de Iluminação em SMT

Na área produtiva de CBA existem torres de iluminação alocadas nas linhas de montagem manual de componentes, nas máquinas de *clinch* e soldadura dessas linhas, em máquinas de *coating* e *gap-filler* (máquina dispensadora de uma pasta dissipadora de calor que servirá para fazer contacto com os IC's das placas) e nos ICT's. Na Figura 51, estão representadas algumas das torres de iluminação desta área.



Figura 51 - Torres de iluminação em CBA

Na área da montagem final, são poucas as torres de iluminação existentes, dado que os operadores se encontram praticamente a 100% nos seus locais de trabalho onde existem monitores para alertar possíveis problemas. Nesta área, as torres de iluminação existentes estão alocadas em máquinas de *gap-filler*, máquinas de teste, e numa máquina de *potting* que dispensa um líquido cujas funções estão associadas à proteção de componentes em módulos controladores contra fatores como a temperatura. Na Figura 52, estão representadas algumas das torres de iluminação desta área.



Figura 52 - Torres de iluminação na área da Montagem Final

No Anexo IV – Torres de iluminação existentes nas áreas produtivas, encontram-se os *layouts* de cada uma das áreas produtivas com as torres de iluminação assinaladas em cada uma das máquinas correspondentes.

4.3 Análise crítica e identificação de problemas

Uma vez descritos os objetos de estudo, segue a fase de análise crítica cujo objetivo é identificar os problemas existentes. Esta secção inicia-se com a identificação dos modelos mais produzidos que serão alvo de análise em cada uma das linhas de produção. Para estes, faz-se uma análise aos tempos de ciclo e à sequência operatória, aos seus volumes de produção e à capacidade produtiva necessária.



Com base na análise realizada são salientados os problemas identificados para os quais serão desenvolvidas ações de melhoria. Nesta secção é realizada também uma análise às torres de iluminação existentes nas áreas produtivas e apresentação dos problemas identificados.

4.3.1 Identificação dos modelos mais produzidos

Dado que ambas as linhas de montagem final produzem modelos diferentes de autorrádios com operações e fluxos ligeiramente distintos, é importante priorizar os modelos de acordo com os seus volumes de produção para ser possível efetuar uma análise detalhada daqueles que se consideram ser os mais relevantes. Para tal, procedeu-se à realização de uma análise ABC por quantidade produzida para identificar os modelos mais produzidos em cada uma das linhas de montagem final e que, portanto, têm mais impacto no desempenho das mesmas. Na Tabela 11 encontram-se organizadas, por ordem decrescente, as quantidades anuais previstas para 2018 de cada um dos modelos da linha 1, a percentagem das quantidades e a percentagem acumulada.

Tabela 11 - Análise ABC dos modelos produzidos na linha 1

Modelos	Quantidade anual	% Quantidade	% Acumulada da quantidade
A1	370 757	94,10%	94,10%
A2	22 814	5,79 %	99,89%
A3	416	0,11%	100,00%
Total	393 986	100,00%	

Na Figura 53 está representada a curva ABC dos modelos da linha 1 obtida através dos dados da Tabela 11.

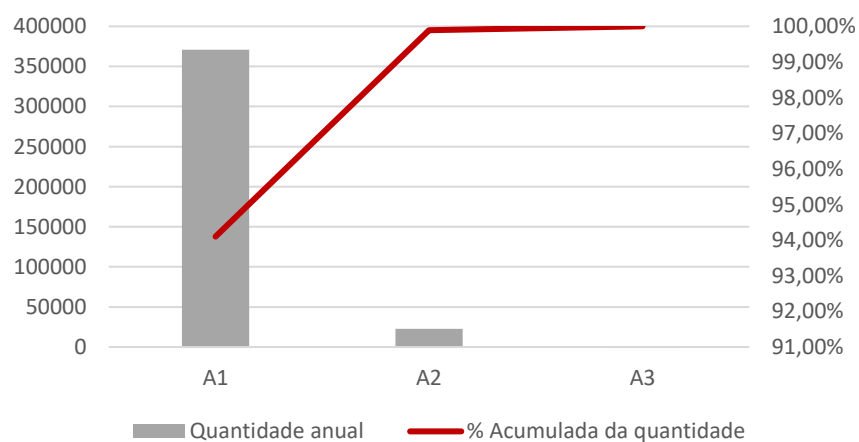


Figura 53 - Curva ABC dos modelos da linha 1



A partir do gráfico da Figura 53, é possível observar a diferença significativa dos volumes de produção do modelo A1 comparativamente aos modelos A2 e A3. Desta forma, conclui-se facilmente que o modelo A1 constitui a classe A dos artigos mais produzidos na linha 1, representando 94,10% da produção.

A Tabela 12 apresenta a mesma análise ABC mas desta vez para os modelos produzidos na linha 2.

Tabela 12 - Análise ABC dos modelos da linha 2

Modelos	Quantidade anual	% Quantidade	% Acumulada da quantidade
B1	147 639	35,48%	35,48%
C1	112 373	27,01%	62,49%
B3	95 411	22,93%	85,42%
B2	34 298	8,24%	93,66%
C2	25 808	6,20%	99,86%
C3	454	0,11%	99,97%
C4	118	0,03	100,00%
Total	416 102	100,00%	

Na Figura 54 está representada a curva ABC resultante dos dados da Tabela 12.

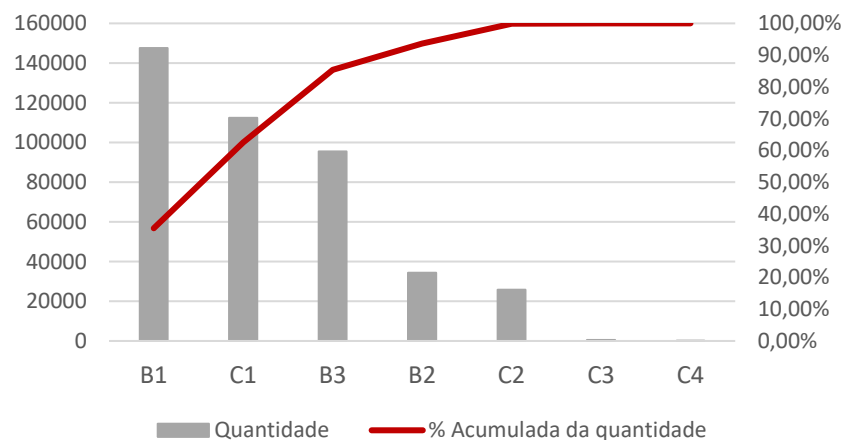


Figura 54 - Curva ABC dos modelos da linha 2

Da análise ABC realizada à linha 2, conclui-se que os modelos B1, B3 e C1 representam 85,42% da produção da linha, e, portanto, serão alvo de análise crítica nas secções seguintes.

4.3.2 Sequência operatória e estudo de tempos

Identificados os modelos mais produzidos, foi necessário conhecer a sequência operatória de cada um bem como os seus tempos de ciclo. Para auxiliar na visualização da sequência operatória das linhas,



foram construídos diagramas de análise de processo (Figura 55) para os modelos *high runners*, sendo que o A1 corresponde ao *high runner* da linha 1 e o B1 corresponde ao *high runner* da linha 2.

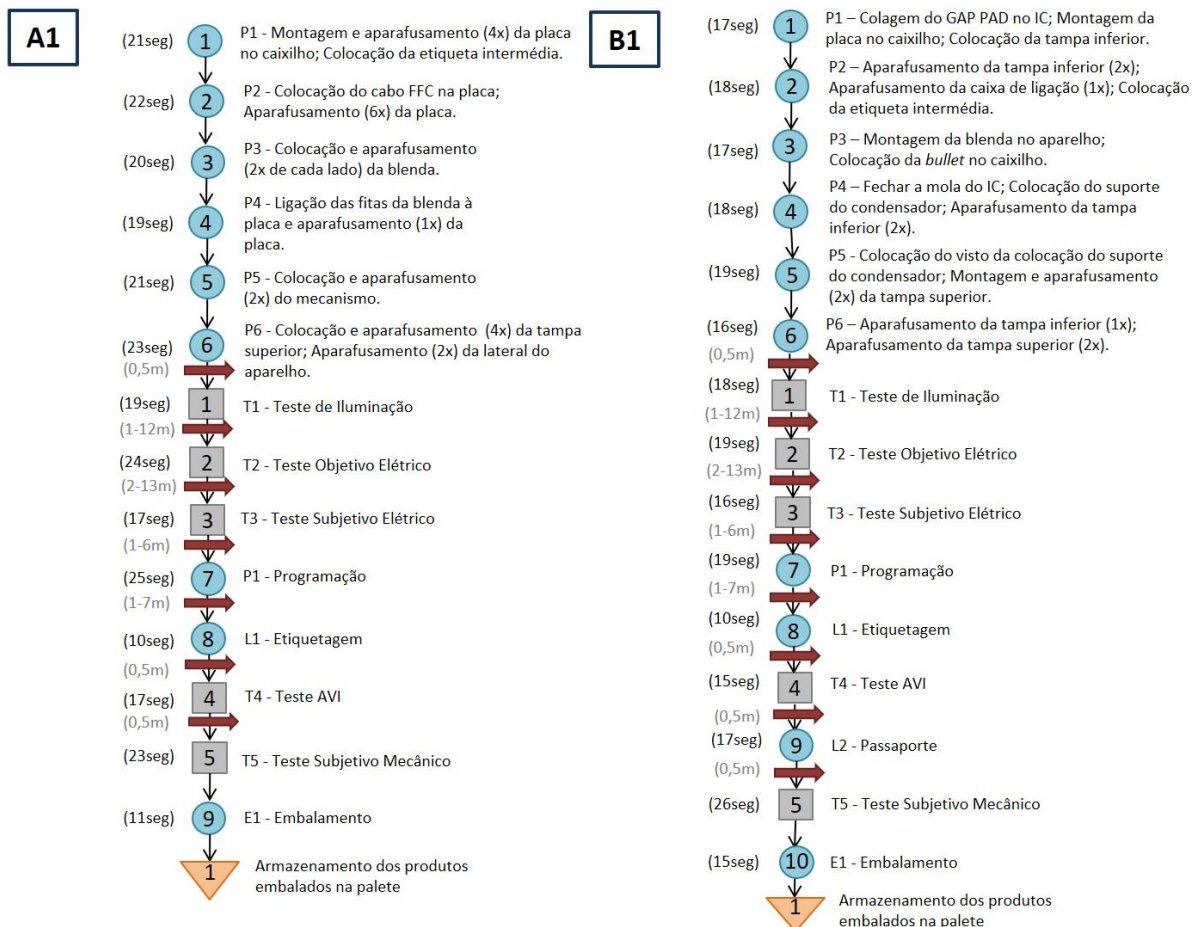


Figura 55 - Diagramas de análise de processo dos *high runners* das linhas 1 e 2

Como se pode observar na Figura 55, a sequência operatória é bastante semelhante para ambas as linhas, sendo que a única coisa que as difere é a existência de um posto de colocação de passaportes (L2) na linha 2.

Os tempos representados nos diagramas resultaram de um estudo de tempos realizado pela autora dado que estes se encontravam desatualizados devido a alterações que foram feitas ao longo do tempo no conteúdo de trabalho dos diferentes postos das linhas. Na Tabela 13 encontram-se os tempos obtidos através do estudo realizado aos postos de trabalho manual. No Anexo V – Estudo de tempos, encontra-se o estudo de tempos completo para cada um dos modelos.



Tabela 13 – Tempos de ciclo (seg.) dos operadores nos postos de trabalho manual

Linha	Modelo	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	L1	L2	T5	E1
1	A1	21,0	21,5	20,0	18,8	21,1	22,6	10,0	-	22,6	10,9
2	C1	19,4	17,9	17,7	18,5	17,0	18,0	9,5	-	20,5	15,9
2	B1	16,9	17,5	16,8	17,9	18,9	16,4	10,3	16,8	25,9	14,8
2	B3	18,7	20,4	20	20,3	20,8	18,2	10,3	18,2	21,1	18,1

Para além do tempo de ciclo dos operadores dos postos de trabalho manual, foi necessário conhecer o tempo de ciclo de cada posto de teste. Para tal, foi realizado um levantamento dos tempos de teste de cada equipamento para, posteriormente, calcular o tempo de ciclo de cada posto de trabalho.

Através da razão entre o tempo total de teste de uma máquina e do número de máquinas disponíveis na linha foi possível obter o tempo de ciclo de cada equipamento. No entanto, é necessário acrescentar a esse tempo de ciclo o tempo de colocar/retirar o aparelho da máquina, ou seja, do *handling* existente no posto em questão. Desta forma, foi considerado um *handling* de 3 segundos para os testes de iluminação (T1) e 2 segundos para os testes de objetivo elétrico (T2), subjetivo elétrico (T3), programação (P1) e AVI (T4). Na Tabela 14 estão representados os tempos de ciclo de cada posto de teste.

Tabela 14 - Tempo de ciclo dos postos de teste

Linha	Modelo	T1	T2	T3	P1	T4
1	A1	18,5	23,7	17,0	24,6	17,0
2	B1	18,0	19,0	16,0	18,8	14,8
2	B3	18,0	20,3	15,5	21,2	14,0
2	C1	15,5	19,5	12	19,5	15,0

No Anexo VI – Tempos das máquinas de teste encontra-se a recolha que foi realizada dos tempos de cada equipamento de teste para cada modelo em estudo juntamente com o cálculo dos seus tempos de ciclo tendo em conta o *handling* existente no posto em questão.

4.3.2.1 Falta de balanceamento

O correto balanceamento das linhas de produção é fundamental para garantir a sua eficiência. Um dos problemas imediatamente identificado após o estudo de tempos foi a falta de balanceamento existente entre os postos de trabalho dos modelos das linhas 1 e 2. Nos gráficos da Figura 56 é possível verificar essa falta de balanceamento para os modelos em estudo.

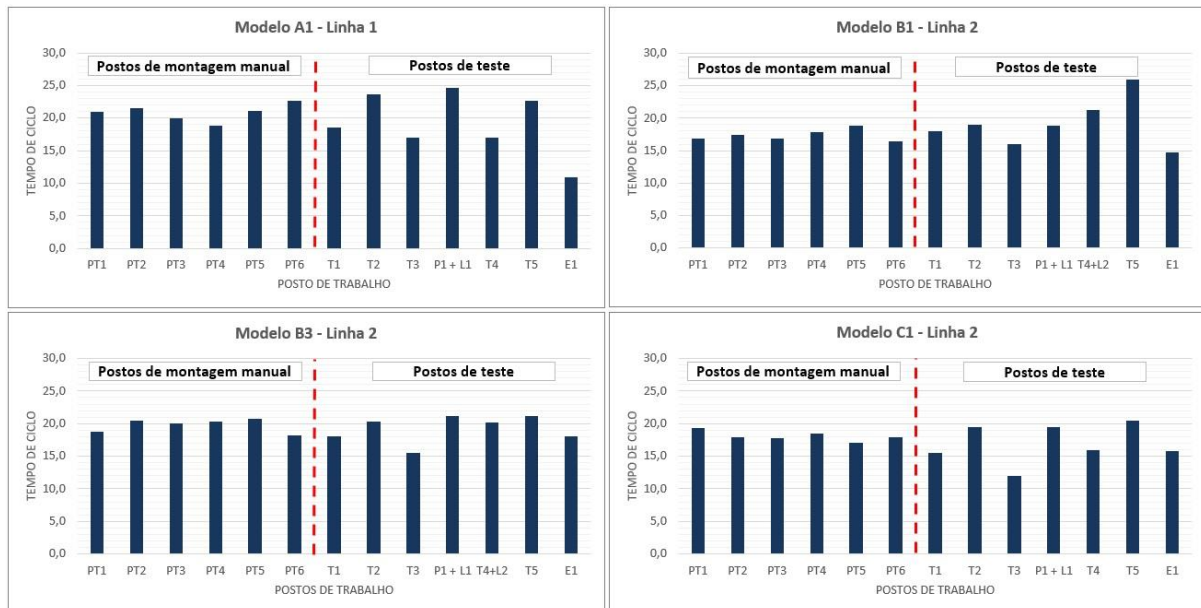


Figura 56 - TC (em segundos) dos modelos A1, B1, B3 e C1

Como se pode observar pelos gráficos da figura, os postos de teste são aqueles que apresentam um desbalanceamento maior estragando a cadência da produção das linhas. Esta falta de equilíbrio entre os tempos de ciclo das máquinas de teste está relacionada com o número de máquinas alocadas, sendo necessário fazer um novo estudo de quantidade de máquinas necessárias de modo a que os tempos de ciclo fiquem alinhados entre os diferentes postos de trabalho.

4.3.2.2 Existência de *bottlenecks*

Para além da falta de balanceamento, foi identificado um *bottleneck* correspondente ao posto de subjetivo mecânico (T5) do *highrunner* B1 da linha 2 (Figura 57) que se encontrava a gerar desperdícios relacionados com *stocks*, movimentações e defeitos.

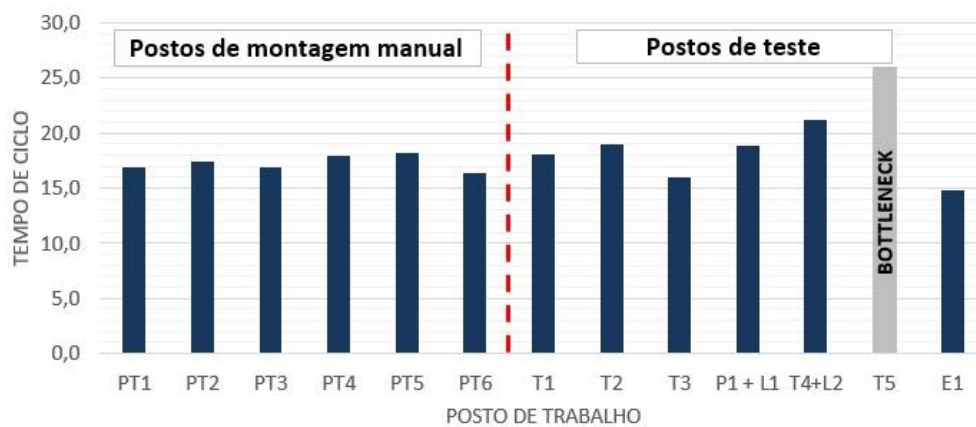


Figura 57 - TC (em segundos) do *highrunner* B1 da linha 2



Juntamente com uma equipa *kaizen*, observou-se o processo produtivo do *high runner* para averiguar se o *standard work* estava a ser cumprido para, posteriormente, fazer a recolha do seu tempo de ciclo. Na Tabela 15 estão representadas as operações que são realizadas no posto T5, bem como os tempos correspondentes a cada uma delas. Os tempos são representados por *motions* que corresponde à quantidade de movimentos que o operador tem que fazer para executar as operações. Cada *motion* corresponde a 0,6 segundos.

Tabela 15 - Conteúdo de trabalho do posto T5 para o modelo B1

Nº	Operações	Motions (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e pousar no posto de trabalho	2	1,2
2	Colar a fita cola no passaporte	5	3
3	Abanar o aparelho para verificar a presença de corpos estranhos	4	2,4
4	Verificar os parafusos e encaixes da blenda	5	3
5	Rodar os <i>knobs</i> uma vez para cada lado	3	1,8
6	Verificar funcionamento do <i>joystick</i>	4	2,4
7	Verificar o funcionamento (<i>feeling</i>) das 12 teclas	8	4,8
8	Efetuar inspeção visual à blenda	5	3
9	Colar o selo de garantia	5	3
10	Fazer a leitura e passar o aparelho para o próximo posto	3	1,3
		44	25,9

Para além de atrasar a cadência da produção, a acumulação de produto gerada pelo *bottleneck* levava à necessidade de acumular *stock* de autorrádios em caixas cuja acomodação e manuseamento aumentava a probabilidade de ocorrência de riscos na blenda do autorrádio. Para analisar melhor o impacto do *bottleneck* nos defeitos das blendas do modelo B1 foi realizada uma análise de Pareto aos mesmos. Na secção seguinte é apresentada essa análise.

4.3.2.3 Ocorrências de defeitos

Como referido na secção 4.1.5, no posto T5 de cada linha, existe uma sequência de códigos de barras associados a determinados tipos de defeitos. Assim, de cada vez que o operador identifica um defeito, realiza a leitura do código correspondente registando essa informação no sistema de gestão de informação da empresa, denominado de FIS (*Factory Information System*). Na Tabela 16 estão representados os dados obtidos relativamente à quantidade, percentagem da quantidade e percentagem acumulada dos defeitos registados no posto T5 para o modelo B1 durante o mês de maio.



Tabela 16 - Análise de Pareto dos defeitos do modelo B1

Defeitos	Quantidade	% Quantidade	% Acumulada da quantidade
BL Cosméticos	216	62,61%	62,61%
Botões	49	14,20%	76,81%
Lixo no display/Lente	43	12,46%	89,28%
Bucha de antena	25	7,25%	96,52%
Teclas presas/Feeling	5	1,45%	97,97%
Tampa Encaixes	5	1,45%	99,42%
Parafusos	2	0,58%	100%
Total	345	100%	

Na Figura 58 está representada a curva ABC dos defeitos resultantes dos dados da Tabela 16.

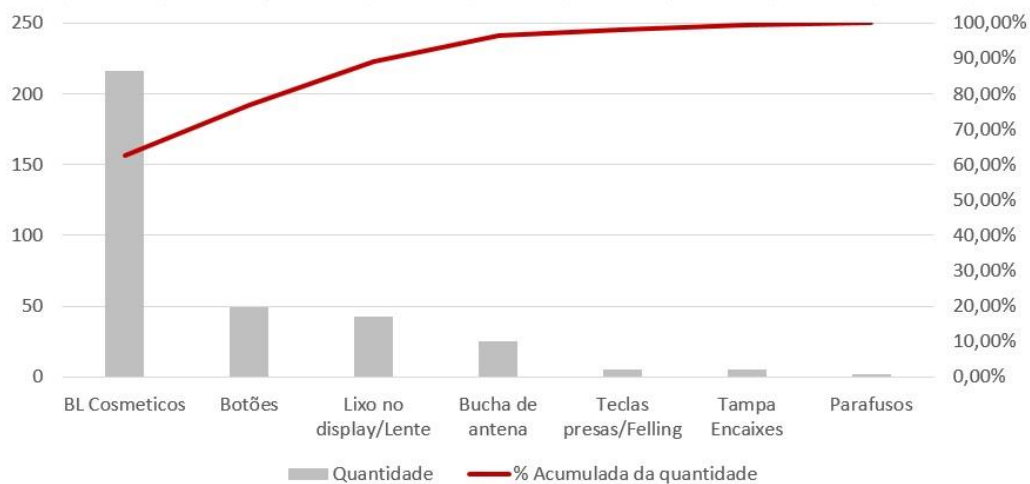


Figura 58 - Curva ABC dos defeitos do modelo B1

A partir da análise da curva ABC representada na Figura 58 é possível concluir de imediato que os defeitos relacionados com o aspeto visual da blenda do autorrádio denominados como “BL Cosméticos” foram os que predominaram no mês de maio representando 62,61% dos defeitos registados nesse mês. Tal percentagem pode estar diretamente relacionada com o manuseamento excessivo e acomodação dos aparelhos em locais impróprios devido ao *bottleneck* que foi identificado nesse mesmo mês.

4.3.2.4 Atividades que não acrescentam valor ao produto

No posto L2 (mencionado na secção 4.1.5) da linha 2, correspondente à colocação do passaporte, o operador é responsável por imprimi-lo, dobrá-lo ao meio, inseri-lo dentro de um saco plástico protetor e fixá-lo sobre a tampa superior do autorrádio. Nos modelos B2 e B3, o operador deste posto é também



responsável por colocar fita-cola para fixar o saco na tampa superior do aparelho. Na Figura 59 estão representadas, de forma sequencial, as operações que são realizadas neste posto de trabalho.



Figura 59 - Sequência de operações realizadas no posto L2

Na Tabela 17 estão descritas, detalhadamente, as operações que são realizadas, os respectivos *motions* associados e o tempo de processamento correspondente.

Tabela 17 - Operações e respetivo tempo de ciclo do posto L2

Posto L2		
Operação	Motions	Tempo (seg)
Pegar no passaporte e dobrar ao meio	4	2,4
Colocar passaporte dentro do saco plástico e dobrar	14	8,4
Colocar o saco sobre a tampa superior do aparelho	3	1,8
Colocar fita cola para fixar o saco ao aparelho	5	3
	26	15,6

Todas as operações representadas na tabela não acrescentam qualquer valor ao produto, e, portanto, a criação de um *design* mais simples para este passaporte poderia vir a reduzir significativamente o tempo de ciclo deste posto de trabalho.

O operador associado a este posto, está também dedicado à máquina AVI, perfazendo um tempo de ciclo de aproximadamente 17,6 segundos, em que 15,6 segundos correspondem à colocação do passaporte e 2 segundos correspondem ao *load* e *unload* do produto na máquina.

Desta forma, eliminando o *bottleneck* do posto T4 e removendo as operações que não acrescentam qualquer valor ao produto no posto T4+L2 seria possível diminuir o tempo de ciclo destes postos obtendo-se um melhor balanceamento relativamente aos restantes postos da linha 2.

4.3.3 Instruções de trabalho desatualizadas

As instruções de trabalho (IT's) são documentos fundamentais para a correta execução do trabalho por parte dos operadores, para além disso, são frequentemente consultadas por vários trabalhadores de diversas secções para obter conhecimento acerca dos processos produtivos de determinado modelo.



Assim sendo, é fundamental que estas se encontrem devidamente atualizadas e disponíveis para consulta de qualquer pessoa da organização.

Durante a fase de análise ao processo produtivo dos modelos da linha 2, foram identificadas várias instruções de trabalho desatualizadas cujo conteúdo de trabalho de alguns postos já não correspondia à realidade.

4.3.4 Análise de volumes, cálculos do Takt Time e capacidade das linhas

Para se proceder ao ajuste de capacidade das linhas de montagem final, é necessário conhecer os volumes de produção. Na Figura 60 estão representadas as previsões para os volumes diários de produção fornecidos pelo departamento de PC&L das linhas 1 e 2 desde janeiro a dezembro de 2018.

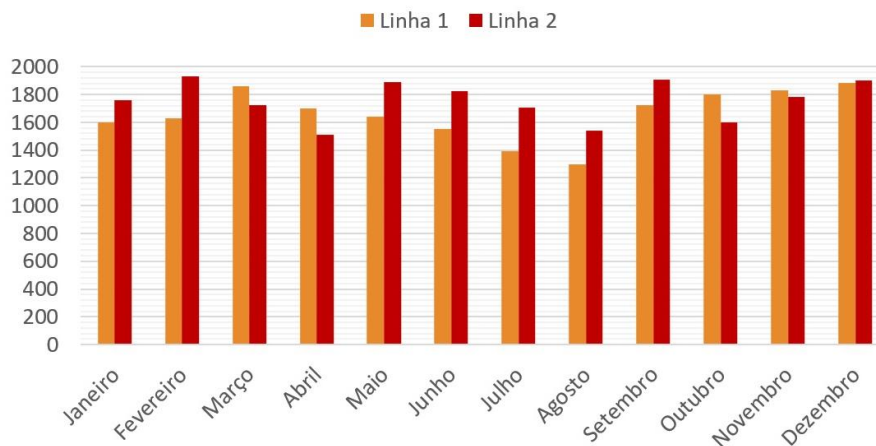


Figura 60 - Volumes de produção das linhas 1 e 2 para o ano 2018

Atendendo ao estudo de tempos realizado, o objetivo passou por analisar a folga existente entre o *takt time* (TT) e o tempo de ciclo dos produtos de ambas as linhas. Para realizar o cálculo do TT foi necessário conhecer o tempo disponível para produzir tendo em conta os períodos de paragem de cada uma das linhas. Na Tabela 18 está representado o tempo disponível incluindo as paragens planeadas.

Tabela 18 - Cálculo do tempo disponível para 2 turnos de trabalho

	Horas	Minutos	Segundos
Horas/dia	17	1 020	61 200
Almoço/Jantar	1	60	3 600
Intervalos	0,6	36	2 160
Tempo disponível	15,4	924	55 440



Considerando os volumes representados na Figura 60 e que o tempo disponível para produzir é de 55 440 segundos para cada uma das linhas, procedeu-se ao cálculo do *takt time* com base na Equação 1 da secção 2.1.1.1. Na Tabela 19 estão representados os valores obtidos.

Tabela 19 - Takt Time das linhas 1 e 2

	Linha 1		Linha 2	
	Qtd. Diária	TT	Qtd. Diária	TT
Janeiro	1598	35	1759	32
Fevereiro	1631	34	1928	29
Março	1858	30	1722	32
Abril	1700	33	1513	37
Mai	1642	34	1892	29
Junho	1554	36	1823	30
Julho	1389	40	1704	33
Agosto	1300	43	1539	36
Setembro	1725	32	1905	29
Outubro	1798	31	1602	35
Novembro	1832	30	1785	31
Dezembro	1885	29	1901	29
Média	1659	34	1756	32

Na Tabela 20 estão representados os tempos de ciclo e o *takt time* de cada um dos modelos das linhas.

Tabela 20 - TC vs. TT dos modelos da linha 1 e 2

	A1	B1	B3	C1
TC	24,6	25,9	21,2	20,5
TT	34	32	32	32
Diferença	9,4	6,1	10,8	11,5

Através da tabela acima, é possível observar a folga existente entre o TC e o TT dos modelos em estudo, sendo que o modelo C1 é o que apresenta uma folga maior com uma diferença de 11,5 segundos. Tal folga, significa que, no seu estado atual, a linha 2 está a fornecer um autorrádio do modelo C1 a cada 20,5 segundos quando na realidade deveria produzir 1 a cada 32 segundos.

Com base nos volumes representados na Figura 60 foram realizados cálculos da capacidade produtiva de ambas as linhas de montagem final para ser perceptível a diferença entre a capacidade necessária



para produzir e a que está realmente a ser utilizada. No Anexo VII – Cálculos da capacidade produtiva, encontram-se os cálculos efetuados para obter os dados representados na Tabela 21.

Tabela 21 - Cálculo de capacidades das linhas 1 e 2

	Capacidade instalada (seg/dia)	Capacidade disponível (seg/dia)	Capacidade efetiva (seg/dia)	Capacidade realizada (seg/dia)	Capacidade necessária (seg/dia)	Utilização
Linha 1	86 400	57 600	55 440	54 387	40 811	75,0%
Linha 2	86 400	57 600	55 440	53 943	45 480	84,3%
Total	172 800	115 200	110 880	108 330	86 291	77,8%

Através dos dados da tabela é possível observar que a capacidade necessária é bastante inferior à capacidade efetiva, perfazendo cerca de 7 horas de produção a mais do que seria efetivamente necessário para cumprir a procura diária destas linhas. Na Tabela 22 está representado o tempo disponível e o tempo utilizado, por turno, em cada uma das linhas de montagem.

Tabela 22 - Utilização dos turnos de trabalho nas linhas 1 e 2

	Linha 1		Linha 2	
	Turno 1	Turno 2	Turno 1	Turno 2
Tempo disponível (seg/dia)	27 720	27 720	27 720	27 720
Tempo utilizado (seg/dia)	27 720	13 091	27 720	17 760
Diferença (seg/dia)	0	14 629	0	9 960
Utilização do turno (%)	100%	47,23%	100%	64,07%

O que acontece na realidade é que, uma vez que o 2º turno da linha 1 apenas trabalha 47% do tempo total disponível, as pessoas são encaminhadas para outras secções produtivas durante o restante tempo do turno. O mesmo acontece na linha 2 em que o 2º turno trabalha 64% do tempo total, e, portanto, uma vez cumprida a produção diária da linha, as pessoas são, da mesma forma, encaminhadas para outras secções durante o tempo que resta.

Para colmatar esta situação terão que ser tomadas medidas de ajuste de capacidade com o intuito de aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos recursos de produção.

4.3.5 Falta de standard das torres de iluminação e torres desnecessárias

A Aptiv é uma empresa que lida constantemente com auditorias de clientes exigentes, e, portanto, existem sempre pontos na fábrica que os clientes exigem que sejam melhorados para se poder produzir os seus produtos com a maior qualidade possível. Um deles foi relativo às torres de



iluminação da fábrica por revelarem falta de cumprimento do *standard* da Aptiv (Anexo VIII – Standard das torres de iluminação da Aptiv) e de legendas informativas sobre os seus alertas dificultando a sua correta interpretação. Um dos casos identificados pela auditoria foi a existência de operadores a trabalhar em máquinas cuja torre de iluminação de advertência se encontrava com a luz vermelha ativada, e, portanto, a máquina não deveria estar a ser operada, mas sim em paragem de emergência. Foi neste sentido que as primeiras semanas de estágio foram dedicadas ao levantamento e análise de cada uma das torres de iluminação existentes.

A primeira fase da análise consistiu em fazer o levantamento de todas as torres de iluminação existentes nas áreas produtivas do edifício 1, nomeadamente, SMT, CBA e Montagem Final (FA) e analisar a sua conformidade com o *standard*. Face à diversidade de torres de iluminação existentes, o objetivo foi compreender o comportamento de cada uma delas para cada sinal de alerta. Para além da observação direta no chão de fábrica e de conversas com os responsáveis de manutenção das máquinas, a autora também usou como recurso os manuais de operação para entender o significado de cada alerta. Na Figura 61 estão representados os tipos de torres existentes nas áreas produtivas.



Figura 61 - Tipos de torres de iluminação

No Anexo IX – Interpretação das Torres de Iluminação encontra-se o ficheiro Excel com o levantamento que foi feito nas primeiras semanas. Nesse levantamento consta a interpretação de cada umas das torres de iluminação bem como a ação que é necessária executar por parte do operador face a cada sinal de luz.

A falta de preocupação relativamente a estes tipos de alerta visual tem vindo a gerar uma grande diversidade de torres com diferentes interpretações para cada cor e, portanto, a falta de *standard* é



evidente. No Anexo X – Plano de ações para as torres de iluminação que não cumprem o standard da Aptiv, estão descritas as várias torres identificadas durante o levantamento que não cumprem as especificações deste documento.

Para além da falta de *standard*, foram identificadas diversas torres de iluminação em desuso (Figura 62).

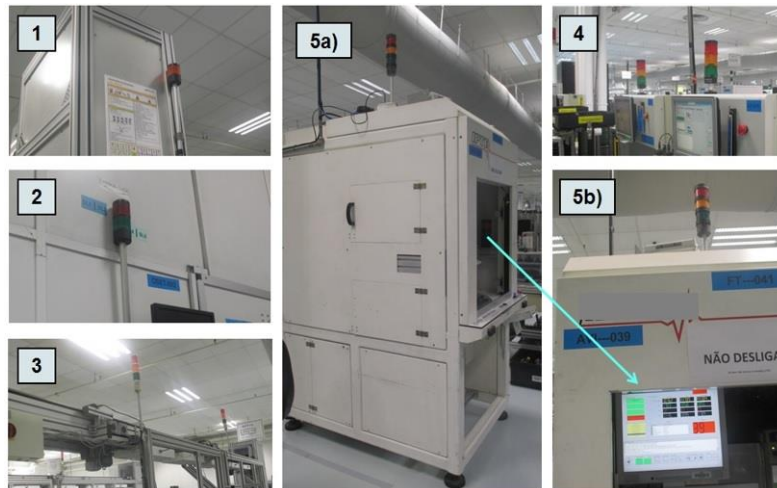


Figura 62 - Torres de iluminação desativadas

As torres de iluminação representadas pelas imagens 1, 2, 3 e 4 da Figura 62 correspondem à área de CBA, já as imagens 5a) e 5b) correspondem à área da montagem final. A torre de iluminação correspondente à imagem 1 encontra-se afixada no final de uma das linhas de CBA, e tinha como objetivo alertar para possíveis problemas no elevador que transporta as paletes de soldadura para o cimo da linha para estas serem levadas, através do tapete rolante, até ao primeiro posto de trabalho. Todas as linhas de CBA contêm um elevador para transportar as paletes, no entanto, apenas o da linha 2 tem a torre de iluminação que, por sinal, se encontra desativada há imenso tempo, o que leva a pensar que não faz sentido a existência desta torre.

Para além desta, as linhas de CBA contêm três torres de iluminação alocadas no topo da linha (imagem 3), que serviam para indicar o estado atual das linhas de montagem, correspondendo a cada torre um posto de trabalho. De acordo com os trabalhadores, estas torres já se encontram desativadas há imenso tempo e também não se têm revelado ser necessárias uma vez que o chefe responsável de cada linha está frequentemente por perto.

A torre de iluminação representada na imagem 2 da Figura 62 era anteriormente utilizada para alertar os *changeovers* de produto nas linhas, no entanto, foi deixando de ser utilizada porque os operadores



de PC&L eram mais facilmente alertados dos *changeovers* pelas suas chefias através das ordens de produção, e assim procediam à troca dos materiais nas linhas. Os ICT's representados na imagem 4 da Figura 62, contêm torres de iluminação no cimo dos equipamentos que não são atualmente utilizados, dado que o operador se encontra a 100% na máquina e o monitor o alerta de possíveis problemas. O mesmo acontece para as máquinas de teste funcional representadas nas imagens 5a) e 5b) cujo operador se encontra a operar a máquina 100% do tempo, e, portanto, qualquer tipo de problema é imediatamente identificado através do monitor.

4.4 Síntese dos problemas identificados

Através da análise realizada, foi possível identificar vários desperdícios existentes, e, portanto, várias oportunidades de melhoria. Na Tabela 23, encontram-se os problemas que foram identificados ao longo da análise e respetivas consequências.

Tabela 23 - Síntese dos problemas identificados

	Problema	Áreas afetadas	Consequência
Linhas de montagem final	Falta de balanceamento	Linha de montagem final 1 e 2	Perda de eficiência e aumento das esperas
	Existência de <i>bottlenecks</i>	Linha de montagem final 2	Fluxo de produção ineficiente e aumento do WIP
	Existência de defeitos	Linha de montagem final 2	Aumento do <i>scrap</i> de autorrádios
	Existência de tarefas sem valor acrescentado	Linha de montagem final 2	Desperdícios relacionados com consumo de material e tempo
	Instruções de trabalho desatualizadas	Linha de montagem final 2	Formação errada aos operadores
	Desajuste da capacidade produtiva	Linha de montagem final 1 e 2	Desperdícios relacionados com a baixa produtividade e utilização dos recursos
Torres de iluminação	Falta de <i>standard</i> , legendagem e torres de iluminação desnecessárias	SMT, CBA e FA	Aumento de defeitos e esperas



5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria idealizadas para colmatar os problemas identificados ao longo do processo da análise crítica realizada ao sistema produtivo. Estas propostas estão descritas na Tabela 24 na forma de um plano de ações, utilizando a ferramenta 5W1H.

Tabela 24 - Plano de ações das melhorias

	What	Why	How	Who	When	Where
Instruções de trabalho desatualizadas	Atualização das instruções de trabalho	Informação errada nas IT's levam à formação errada dos operadores	Observação dos processos e atualização no sistema informático	Miriam Oliveira	Out/18 - Dez/18	Produtos da linha 2 de FA
Existência de <i>bottlenecks</i>	Remoção do <i>bottleneck</i> do modelo B1	Ineficiências no fluxo de produção	Redistribuição do conteúdo de trabalho do posto T5	Equipa <i>kaizen</i>	Mai/18 - Jul/18	Linha 2 de montagem final
Existência de tarefas sem valor acrescentado	Alteração do <i>design</i> do passaporte	TC elevado	Criação de CR para alteração do design	António Morais	Mar/18	Autorrádios da marca B
Falta de balanceamento / Desajuste da capacidade produtiva	Rebalanceamento dos postos de montagem manual das linhas 1 e 2	Linha 1 e 2 com recursos a mais para a quantidade de volumes existentes	Rebalanceamento dos postos de montagem manual	Equipa <i>kaizen</i>	Nov/18 - Fev/18	Linhas de montagem final
	Rebalanceamento dos postos de teste	Necessário adequar o TC dos testes às linhas de montagem manual	Rebalanceamento dos postos de teste	Miriam Oliveira	Mar/18 - Mai/18	Linhas de montagem final
Falta de <i>standard</i>, legendagem e torres de iluminação desnecessárias	Remoção das torres de iluminação desnecessárias	Torres de iluminação desativadas e em desuso geram questões em auditorias	Remoção das torres	Equipa de manutenção	Dez/18 - Fev/18	CBA e FA
	Normalização das torres de iluminação	Muita diversidade de torres de iluminação e de interpretações diferentes	Alteração de cores e configurações	Miriam Oliveira, Equipa de manutenção	Fev/18 - Abr/18	SMT, CBA e FA
	Legendagem das torres de iluminação	Necessidade de informar os operadores sobre a interpretação dos alertas	Colocação de legendas nas máquinas com a interpretação de cada uma das cores	Miriam Oliveira	Abr/18 - Jun/18	SMT, CBA e FA



As secções seguintes apresentam, de forma detalhada, as propostas de melhoria expostas no plano acima.

5.1 Reestruturação das linhas de montagem final

Nesta secção são apresentadas as propostas de melhoria idealizadas para resolver os problemas identificados na análise às linhas de montagem final. Primeiramente, são apresentadas as propostas relativas às instruções de trabalho, ao *bottleneck* identificado na produção do modelo B1 e à remoção das atividades que não acrescentam valor no posto L2 dos modelos da marca B da linha 2. As subsecções seguintes são dedicadas à apresentação das propostas de reestruturação das linhas que servem para colmatar o problema do excesso de capacidade.

5.1.1 Atualização das instruções de trabalho

Como mencionado na secção 4.3.3, durante a análise do processo produtivo da linha 2, foram identificadas várias instruções de trabalho desatualizadas cuja descrição da sequência operatória de alguns dos postos já não correspondia à realidade. Com o intuito de disponibilizar as IT's devidamente atualizadas no sistema informático e de utilizar a sua informação para a construção das *Work Combination Tables* que serviram de apoio ao balanceamento, a autora procedeu à atualização de cada uma das instruções. Para tal, fizeram-se observações diretas ao processo produtivo para verificar as sequências de montagem dos aparelhos para, posteriormente, construir as instruções de trabalho de forma clara e objetiva para cada posto. No Anexo XI – Instruções de trabalho do modelo B1, encontram-se algumas das instruções de trabalho que foram atualizadas.

5.1.2 Remoção do *bottleneck* do modelo B1 da linha 2

Para remover o *bottleneck* do posto T5, foi necessário avaliar alternativas para diminuir o conteúdo de trabalho deste posto. Juntamente com a equipa *kaizen*, pensou-se na possibilidade de remover a inspeção ao *click* das teclas do modelo B1 uma vez que esta verificação já é, de certa forma, realizada no posto de subjetivo elétrico (T3), no entanto, é avaliada apenas a conexão elétrica das teclas a partir da máquina de teste, não se procedendo ao correto “*feeling*” do *click* de cada uma delas. Para averiguar a possibilidade de remover esta inspeção, optou-se por analisar a percentagem de defeitos do



high runner para verificar a frequência com que ocorriam defeitos relacionados com as teclas, nomeadamente, teclas presas.

Na secção 4.3.2.3 encontra-se uma análise de Pareto realizada à quantidade de defeitos registados neste posto onde se concluiu que a percentagem de defeitos relacionados com teclas presas é mínima, representando apenas 1,45% dos defeitos identificados. Desta forma, com a remoção desta verificação, seria possível obter um TC satisfatório uma vez que se obteria uma redução de aproximadamente 5 segundos. Assim sendo, foi sugerida a remoção desta inspeção durante, pelo menos, duas semanas para averiguar se apareceriam defeitos relacionados com as teclas deste modelo. Após várias reuniões, e com a aprovação dos responsáveis, optou-se então por remover esta inspeção do posto T5 e transferi-la para a fase posterior do GP12, que corresponde à secção do departamento da qualidade que é responsável por executar o controlo de qualidade de produtos específicos cuja taxa de certos defeitos tem maior impacto. Na Figura 63 estão representados os tempos de ciclo do *high runner* após a remoção da inspeção das teclas no posto T5.

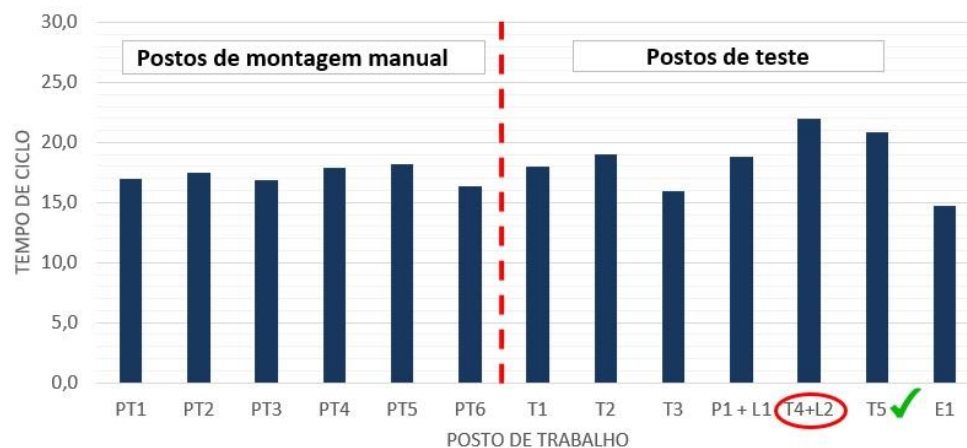


Figura 63 – TC (em segundos) do modelo B1 após remoção do bottleneck

Através da Figura 63 é possível observar que, com a redução de 5 segundos do TC do posto T5, o novo *bottleneck* passaria a ser o posto de teste AVI + Passaporte (T4+L2) uma vez que possui uma carga de trabalho elevada para os modelos da marca B devido à colocação do passaporte. Desta forma, com o intuito de reduzir o tempo de ciclo deste posto e remover as atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto, foi sugerida a alteração do *design* do passaporte.



5.1.3 Alteração no design do passaporte

Com o intuito de reduzir esta sequência de operações, foi criada uma *CR (Change Request)* para introduzir a ideia de alteração do *design* do passaporte. O novo *design* consistiria numa etiqueta que, dum lado teria os logótipos dos modelos e do outro, os códigos do passaporte. Esta teria cola do lado esquerdo para que fosse possível abrir a etiqueta para ser possível visualizar ambos os lados da mesma (Figura 64).



Figura 64 - Esquema ilustrativo da nova proposta de design

Desta forma, seria necessário trocar a impressora existente no posto do passaporte por uma que estivesse apta para fazer a impressão deste tipo de etiquetas. Na Figura 65 está representado o rolo das etiquetas e a forma como estas devem ser colocadas na tampa superior do autorrádio.

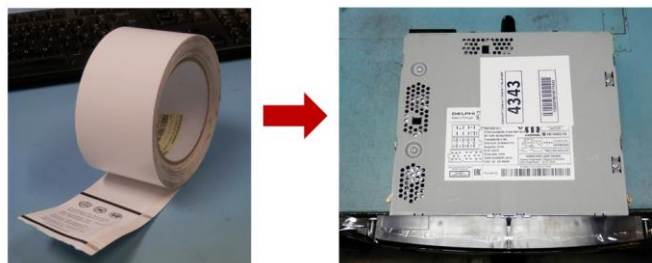


Figura 65 - Demonstração real do design futuro do passaporte

Na Tabela 25 estão representadas as operações que seriam realizadas e o respetivo tempo após a alteração do *design*.

Tabela 25 - Tempo total das operações do posto L2 após a alteração do design

Posto L2		
Operação	Motions	Tempo (seg)
Pegar no passaporte da impressora	3	1,8
Colar passaporte sobre a tampa superior do aparelho	3	1,8
	6	3,6



Comparando os dados da Tabela 17 da secção 4.3.2.4 com os dados da Tabela 25 é possível observar uma redução de 12 segundos no tempo de ciclo do posto L2.

5.1.4 Rebalanceamento dos postos de montagem manual

Na secção 4.3.4 foi realizado um estudo à capacidade produtiva das linhas 1 e 2 de montagem final, onde se constatou que, durante o ano de 2018, a utilização de ambas seria bastante reduzida. Para colmatar a descida de volumes, foi tomada a decisão de reduzir ambas as linhas em postos de trabalho aumentando o tempo de ciclo dos produtos de modo a obter melhorias em termos de produtividade, utilização de recursos e libertação de espaço fabril.

A primeira fase do projeto consistiu em calcular o número de postos de trabalho que seriam efetivamente necessários para a montagem manual dos componentes em cada uma das linhas tendo em conta as informações do *takt time* (calculado na secção 4.3.4) e do tempo de processamento total de cada modelo que foi obtido através do estudo de tempos realizado (Tabela 26).

Tabela 26 - Tempos de processamento da montagem manual das linhas 1 e 2

	Linha 1		Linha 2	
	A1	B1	B3	C1
T. Processamento da Mont. Manual (seg)	125	104	118	109

Considerando uma eficiência de 96%, que corresponde ao valor *standard* considerado para a secção de montagem final, procedeu-se ao cálculo do número de postos de trabalho para cada linha através do uso da Equação 13.

$$N^{\circ} PT = \frac{\text{Tempo de processamento}}{TT \times \text{Eficiência}} \quad \text{Equação 13}$$

Na Tabela 27 estão representados os resultados obtidos.



Tabela 27 - Número de postos de montagem das linhas 1 e 2

		Nº Postos	
		Linha 1	Linha 2
2018	Janeiro	3	4
	Fevereiro	4	4
	Março	4	4
	Abril	4	3
	Maiο	4	4
	Junho	3	4
	Julho	3	4
	Agosto	3	3
	Setembro	4	4
	Outubro	4	4
	Novembro	4	4
	Dezembro	4	4
	Média	4	4

A partir dos dados da tabela conclui-se que, para ambas as linhas 1 e 2, seriam necessários quatro postos de trabalho para realizar a montagem manual dos componentes para garantir que se cumprem os objetivos de produção no futuro, evitando que o tempo de ciclo exceda o *takt time*.

Para realizar o rebalanceamento para quatro postos de trabalho, procedeu-se à criação de *Work Combination Tables* (WCT) para cada um dos modelos produzidos. Esta ferramenta consiste num ficheiro Excel onde são colocadas as tarefas de cada posto de trabalho e os respetivos *motions* (movimentos). O ficheiro converte, automaticamente, os *motions* em segundos e constrói, em simultâneo, um diagrama que permite visualizar de forma fácil e rápida a diferença entre os tempos de processamento de cada tarefa.

Na construção das WCT's, foram atribuídos os *motions* às tarefas de acordo com o estudo de tempos realizado, de modo a que, o tempo de processamento de cada posto, coincidissem o máximo possível com a realidade.

Construídas as WCT's de cada modelo, procedeu-se à redistribuição do conteúdo de trabalho tendo em conta alguns fatores fundamentais:

- Sequência de montagem (precedências);
- Tempos de processamento;



- Aparafusamentos;
- Dispositivos *poka-yoke*;
- *Parts presentation* (Local onde está disposto e onde se abastece o material a ser consumido no posto de trabalho).

Para além da necessidade de conhecer muito bem as sequências de montagem (precedências) e os tempos das tarefas, foi fundamental conhecer os tipos de componentes a ser colocados, nomeadamente, os tipos de parafusos existentes em cada modelo. As linhas 1 e 2 contêm aparafusadoras que são dedicadas ao aparafusamento de um tipo de parafusos específico, e, portanto, foi importante garantir que, num posto de trabalho, existisse apenas um tipo de parafusos a ser colocado. No Anexo XII – Desenhos técnicos encontra-se um exemplo de documento designado de “Desenho técnico”, correspondente ao modelo A1, que foi fundamental para identificar os diferentes componentes e compreender a montagem final do autorrádio. Todos os modelos têm um desenho técnico associado à sua estrutura.

Para além do cuidado com os aparafusamentos, o balanceamento foi realizado de modo a que fosse possível aproveitar os dispositivos já existentes para cada modelo, em cada posto de trabalho, de modo a que os custos em alterações físicas fosse o menor possível. O mesmo foi pensado relativamente ao *parts presentation* de cada posto, para além de garantir que seria possível dar entrada aos componentes em cada posto, o balanceamento foi feito de forma a tentar aproveitar ao máximo as rampas de abastecimento já existentes.

Grande parte do processo de redistribuição do conteúdo de trabalho foi realizado junto às linhas de montagem final, em horários de paragem da produção, com o auxílio do chefe de linha.

5.4.1.1. Balanceamento dos modelos da linha 1

Como foi referido anteriormente, a linha 1 produz 3 modelos (A1, A2 e A3) que contêm processos de montagem manual exatamente iguais, sendo que a única diferença está no aspeto visual da blenda.

Na Tabela 28 está representado o resultado do balanceamento destes modelos para quatro postos de trabalho.



Tabela 28 - Alterações na distribuição do conteúdo de trabalho para o modelo A1

Posto antes das alterações	Operações	Posto depois das alterações
Posto 1	Ler placa principal e montar no caixilho	Posto 1
	Aparafusar 4x na parte traseira da placa	Posto 2
	Colocar a etiqueta intermédia	Posto 1
Posto 2	Colocar cabo FFC na placa principal	Posto 3
	Aparafusar 6x na placa principal	Posto 1
Posto 3	Ler e encaixar a blenda no aparelho	Posto 2
	Aparafusar 2x na lateral direita	
	Aparafusar 2x na lateral esquerda	
Posto 4	Inserir cabos da blenda na placa principal	Posto 3
	Aparafusar 1x na placa principal	Posto 1
Posto 5	Ligar fita do mecanismo	Posto 3
	Montar mecanismo no aparelho	
	Aparafusar 2x no mecanismo	
Posto 6	Colocar a tampa superior	Posto 4
	Aparafusar 4x na tampa superior	
	Aparafusar 2x na lateral do aparelho	

Na Figura 66 estão representados os tempos de processamento dos atuais seis postos de trabalho e os tempos de processamento obtidos pela criação da WCT com a nova distribuição das operações por quatro postos, ou seja, os tempos que se esperam obter após as alterações.

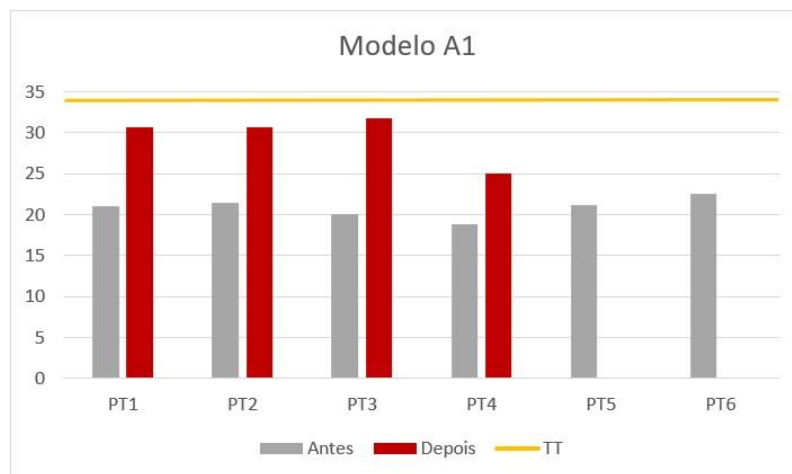


Figura 66 - Comparação dos tempos de processamento antes e depois do balanceamento

No Anexo XIII – *Work Combination Table (WCT)* encontram-se as WCT's que foram elaboradas para este modelo.



5.4.1.2. Balanceamento dos modelos da linha 2

O processo de rebalanceamento dos modelos da linha 2 revelou ser mais complexo dada a variedade de modelos e respetivas diferenças nos processos de montagem. A estratégia adotada foi iniciar o balanceamento pelos modelos *high runners* B1 e C1 uma vez que, para além de serem os modelos mais produzidos, representam marcas distintas e, portanto, processos de montagem também relativamente diferentes. Assim, após o balanceamento destes dois modelos, seria possível balancear os restantes a partir das restrições criadas pelo balanceamento dos *high runners* para cada um dos quatro postos de trabalho.

Dada a variedade de modelos nesta linha, procedeu-se à criação de diagramas de precedências para auxiliar na redistribuição do trabalho permitindo visualizar as precedências a ser respeitadas. Na Figura 67 está representado o diagrama de precedências correspondente ao modelo B1.

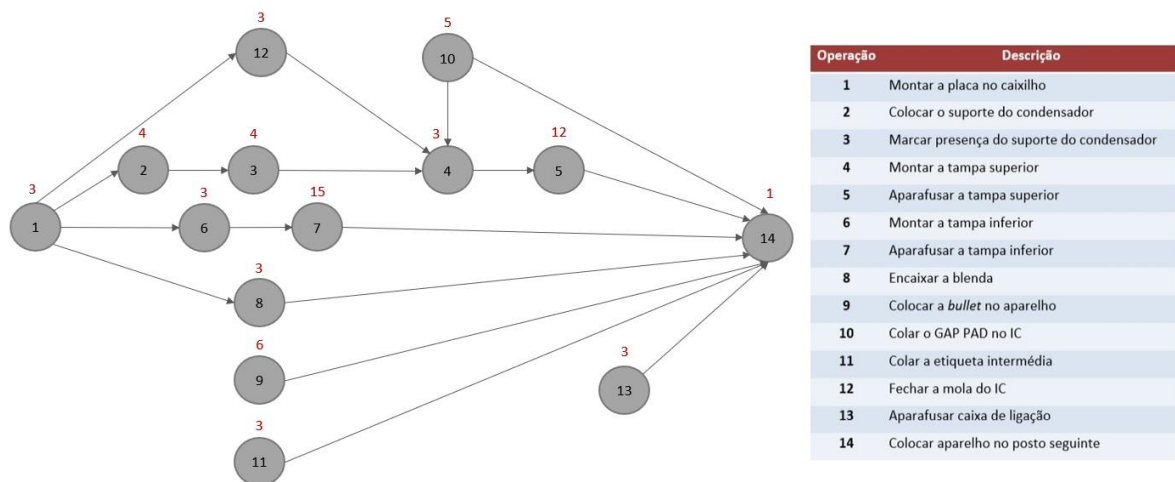


Figura 67 - Diagrama de precedências do modelo B1

Na Figura 68 está representado o diagrama de precedências correspondente ao modelo C1.

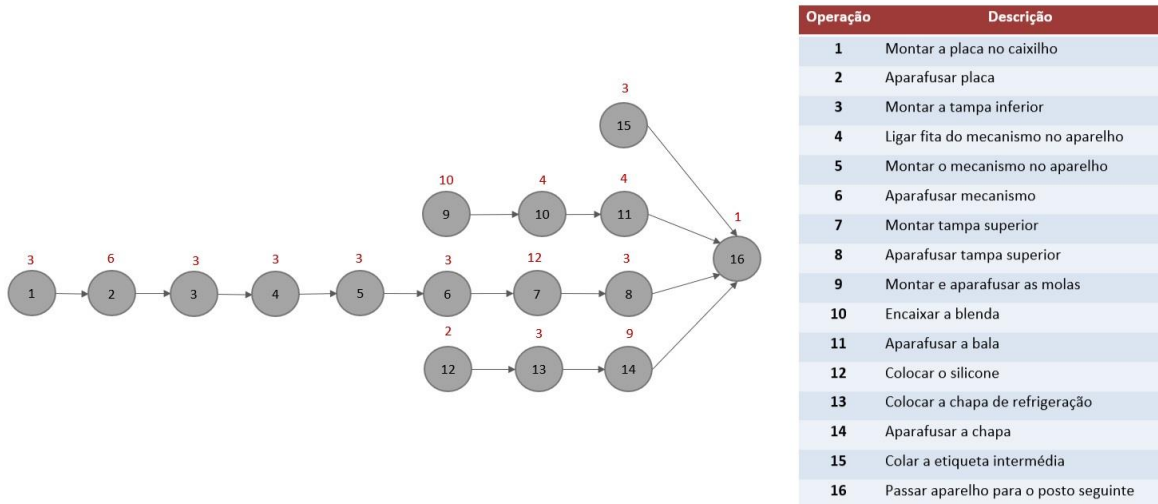


Figura 68 - Diagrama de precedências do modelo C1

Com o auxílio dos diagramas de precedências procedeu-se à redistribuição do conteúdo de trabalho pelos diferentes postos com o uso das WCT's.

Na Tabela 29 está representada a nova distribuição do conteúdo de trabalho para o modelo B1.

Tabela 29 - Alterações na distribuição do trabalho para o modelo B1

Posto antes das alterações	Distribuição do trabalho	Posto depois das alterações
Posto 1	Colar GAP PAD no IC da placa	Posto 1
	Ler placa e montar no caixilho	
	Colocar a tampa inferior	
Posto 2	Aparafusar 2x na tampa inferior	Posto 3
	Aparafusa 1x na caixa de ligação	Posto 1
	Colocar a etiqueta intermédia	
Posto 3	Ler blenda e encaixar no aparelho	Posto 2
	Montar a <i>bullet</i>	
Posto 4	Aparafusar 2x tampa inferior	Posto 4
	Colocar suporte do condensador	Posto 2
	Fechar mola do IC	
Posto 5	Marcar com caneta a presença do suporte do condensador	Posto 3
	Colocar a tampa superior	
	Aparafusar 2x na tampa	
Posto 6	Aparafusar 1x na tampa inferior	Posto 4
	Aparafusar 2x na tampa superior	



Na Tabela 30 está representada a nova distribuição para o modelo C1.

Tabela 30 - Alterações na distribuição do trabalho para o modelo C1

Posto antes das alterações	Distribuição do trabalho	Posto depois das alterações
Posto 1	Ler placa e montar no caixilho	Posto 1
	Aparafusar 2x placa principal	
	Colocar a tampa inferior	
Posto 2	Aparafusar 1x mola na lateral esquerda	Posto 3
	Aparafusar 1x mola na lateral direita	Posto 1
	Colocar a etiqueta intermédia	
Posto 3	Aparafusar a <i>bullet</i> na parte traseira	Posto 4
	Montar o mecanismo no aparelho	Posto 2
Posto 4	Aparafusar 4x no mecanismo	
	Colocar a tampa superior	Posto 4
Posto 5	Aparafusar 1x na tampa inferior	Posto 1
	Ler blenda e encaixar no aparelho	Posto 3
Posto 6	Colocar silicone na parte traseira do aparelho	Posto 4
	Aparafusar 3x na chapa de refrigeração	

Balanceados os high runners, foi possível proceder ao balanceamento dos restantes modelos tendo em conta as restrições representadas na Tabela 31 para cada um dos quatro postos de trabalho.

Tabela 31- Características dos postos de trabalho após o balanceamento dos high runners

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4
Parts Presentation e Dispositivos	- Montagem e aparafusamento de placas com caixilhos, caixas de ligação, tampas; - Colocação da etiqueta intermédia.	Montagem de blendas/mecanismos, tampas	Montagem de molas, blendas, tampas	- Colocação de silicone; - Montagem e aparafusamento de tampas, chapas de refrigeração; - Colocação e aparafusamento de <i>bullets</i>
Aparafusamento	Parafusos tipo A	Parafusos tipo A	Parafusos tipo A e B (molas)	Parafusos tipo D (chapas) e A



Na Figura 69 estão representados os tempos de processamento dos atuais seis postos de trabalho e os tempos de processamento obtidos pela criação das WCT's com a nova distribuição das operações por quatro postos de trabalho.

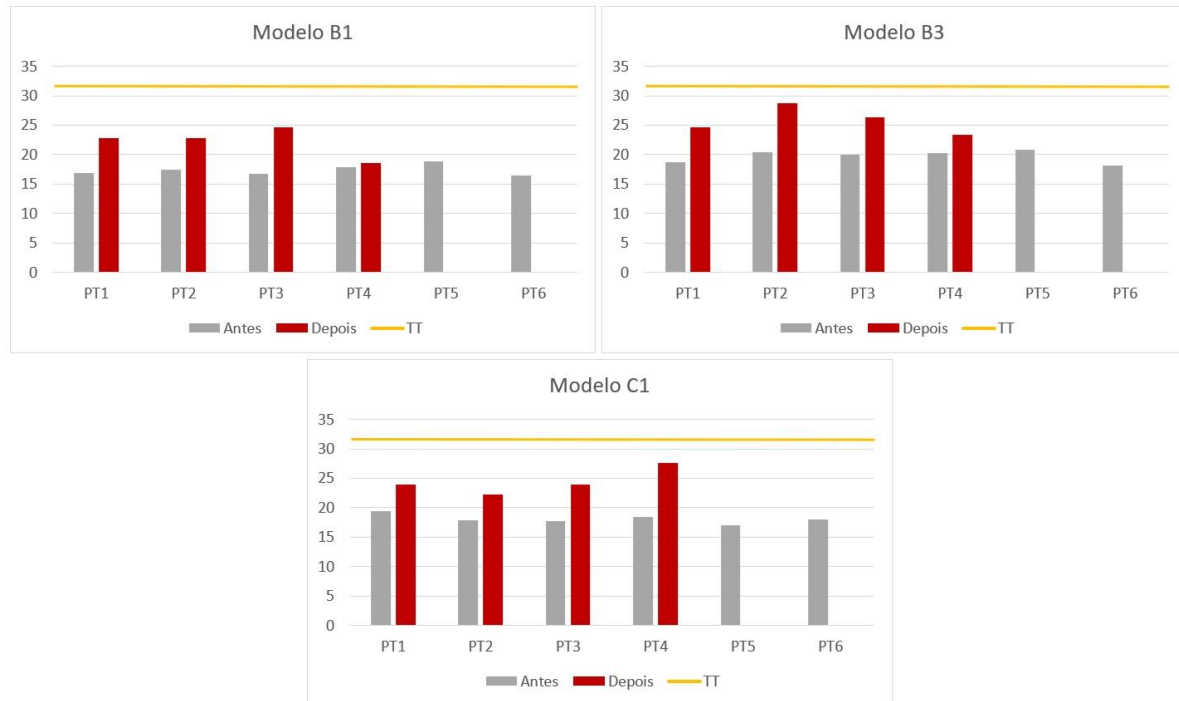


Figura 69 - Comparação dos tempos de processamento (em segundos) antes e depois do balanceamento

No Anexo XIII – *Work Combination Table (WCT)* encontram-se todas as WCT's que foram elaboradas para os modelos desta linha.

5.1.5 Rebalanceamento dos postos de teste

Realizado o balanceamento dos postos de montagem manual das linhas, surge a necessidade de rebalancear os postos de teste de modo a que o tempo de ciclo destes fique o mais alinhado possível com o tempo de ciclo resultante do balanceamento da montagem manual. Nesta secção procede-se ao cálculo do número de máquinas necessárias e ao balanceamento de cada posto de teste.

5.1.5.1. Cálculo de número de máquinas de teste

O cálculo do número de máquinas de teste necessárias foi realizado com base no tempo total de teste de cada máquina e no tempo de ciclo da montagem manual para cada um dos modelos da linha correspondente. Os tempos de teste das máquinas foram obtidos a partir da extração do registo existente na base de dados de cada uma delas (Anexo VI – Tempos das máquinas de teste).

Na Figura 70 está representada a implantação da linha 1 (similar à linha 2) onde está sinalizada a montagem manual com quatro postos de trabalho e as máquinas de teste que se pretende balancear.

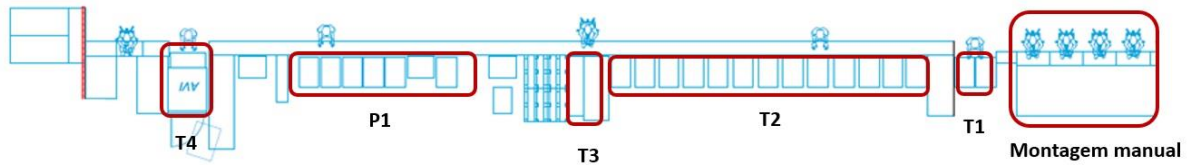


Figura 70 – Implantação da linha 1 com 4 postos de montagem manual

A partir do cálculo da razão entre o tempo de processamento de cada máquina e o tempo de ciclo da montagem manual é possível obter o número de máquinas de teste necessárias para cumprir o tempo de ciclo pretendido. Na Tabela 32 encontra-se o número de máquinas necessárias para a linha 1.

Tabela 32 – Cálculo do número de máquinas de teste para a linha 1

Modelo	A1	Nº. Máquinas
T1	31	1
T2	282	9
T3	30	1
P1	158	5
TC (Montagem manual)	32	

Desta forma, será necessária uma máquina para o teste de iluminação (T1), nove máquinas de teste objetivo elétrico (T2), uma máquina de subjetivo elétrico (T3) e cinco máquinas de programação (P1).

Os mesmos cálculos foram realizados para as máquinas de teste da linha 2, mas desta vez, tendo em conta vários modelos diferentes pois o tempo de processamento da máquina varia de acordo com o modelo que se pretende testar. Desta forma, é necessário que as máquinas de teste estejam alinhadas com o tempo de ciclo da montagem manual do modelo a ser produzido. Na Tabela 33 encontra-se o tempo de processamento de cada máquina e o tempo de ciclo da montagem manual para cada modelo da linha 2.

Tabela 33 – Cálculo do número de máquinas de teste para a linha 2

Modelo	B1	B3	C1
T1	30	30	25
T2	204	220	210
T3	28	27	20
P1	101	115	105
TC (Montagem manual)	25	29	28



Na Tabela 34 encontra-se o número de máquinas que seria necessário para cada um dos modelos em estudo.

Tabela 34 – N° máquinas para a linha 2

Modelo	B1	B3	C1	N° máquinas necessárias
T1	1	1	1	1
T2	8	8	8	8
T3	1	1	1	1
P1	4	4	4	4

A partir da tabela acima, é possível observar que o número de máquinas necessárias é o mesmo para os três modelos, e, portanto, será necessária uma máquina de teste de iluminação (T1), oito máquinas de objetivo elétrico (T2), uma máquina de subjetivo elétrico (T3) e quatro máquinas de programação (P1). No caso de o número de máquinas necessárias variar de modelo para modelo, a solução passaria por escolher o número máximo de máquinas de teste que seria efetivamente necessário ter na linha para que fosse possível cumprir a produção diária para todos os modelos.

Na Tabela 35 está representado o tempo de ciclo de cada máquina, para os modelos em estudo, de acordo com o número de máquinas calculadas anteriormente. O tempo de ciclo foi obtido a partir da razão entre o tempo de processamento de cada máquina e o número de máquinas.

Tabela 35 – Tempo de ciclo futuro das máquinas de teste para cada modelo

	Linha 1		Linha 2	
TC	A1	B1	B3	C1
T1	31	30	30	25
T2	31	26	28	26
T3	30	28	27	20
P1	32	25	29	26
TC (Montagem manual)	32	25	29	28

5.1.5.2. Balanceamento dos postos de teste, etiquetagem e embalagem

Calculado o número de máquinas de teste necessárias para cumprir o tempo de ciclo pretendido, surge a necessidade de alocar os operadores e redistribuir o conteúdo de trabalho dos postos de teste por cada um destes.

Para ambas as linhas de montagem final, a autora pensou na estratégia de alocar um só operador nas máquinas de teste de iluminação e objetivo elétrico (T1 e T2), um operador no teste de subjetivo

elétrico (T3) uma vez que este posto é sentado, um operador dedicado às máquinas de programação, etiquetagem e AVI (P1, L1, L2 e T4) e, por fim, um operador dedicado ao embalamento (E1). No entanto, será posteriormente necessário redistribuir o conteúdo de trabalho do posto do subjetivo mecânico de forma equilibrada pelos postos para esta distribuição de operadores.

Na Tabela 36 está representada a nova distribuição proposta para os operadores pelos postos de teste, etiquetagem e embalagem para cada uma das linhas.

Tabela 36 - Nova distribuição dos operadores nos postos de teste, etiquetagem e embalagem da linha 1

	Marca	Testes	T1	T2	T3	P1	L1	L2	T4	T5	E1
Linha 1	A	Nº Op. Antes	1	1	1	0,5	0,5	-	1	1	1
		Nº Op. Depois	0,5	0,5	1	0,3	0,3	-	0,3	0,5	0,5
Linha 2	B	Nº Op. Antes	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
		Nº Op. Depois	0,5	0,5	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5
	C	Nº Op. Antes	1	1	1	0,5	0,5	-	1	1	1
		Nº Op. Depois	0,5	0,5	1	0,3	0,3	-	0,3	0,5	0,5

Na Figura 71 está representada a nova distribuição de operadores descrita na Tabela 36 para o número de máquinas calculado anteriormente.

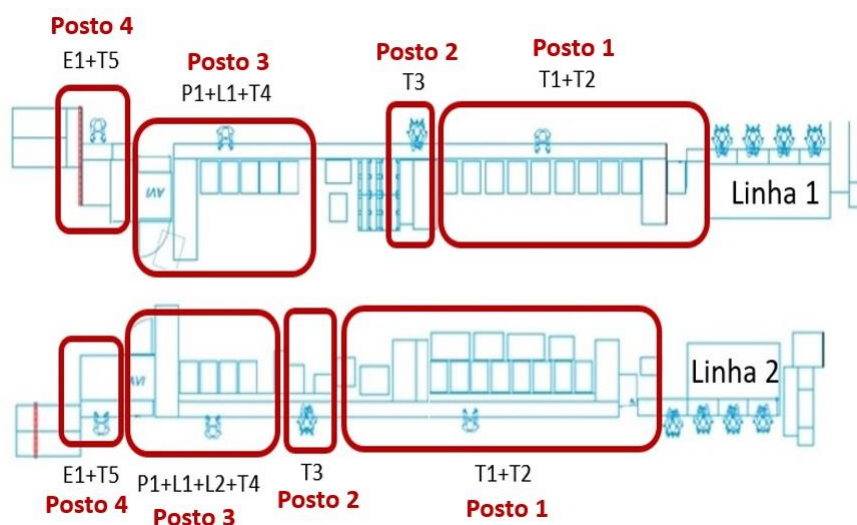


Figura 71 - Nova distribuição dos operadores nos postos de teste, etiquetagem e embalagem

Com a nova distribuição dos operadores pelas máquinas de teste, surge a necessidade de redistribuir a carga de trabalho de modo a que o tempo de ciclo das máquinas de teste fique alinhado com a carga de trabalho do operador para que este não tenha muitos tempos de espera. Para tal, foram elaboradas WCT's para cada modelo de cada linha com o tempo de ciclo de cada tipo de máquina e a distribuição

atual do trabalho pelos operadores de tal forma que fosse possível redistribuir as tarefas de acordo com o novo tempo de ciclo proposto.

A partir da Figura 72 é possível observar, através dos gráficos de barras, as diferenças entre os tempos de operação das máquinas e dos operadores. Assim, é mais fácil visualizar para que postos é possível atribuir a carga de trabalho do posto do subjetivo mecânico.

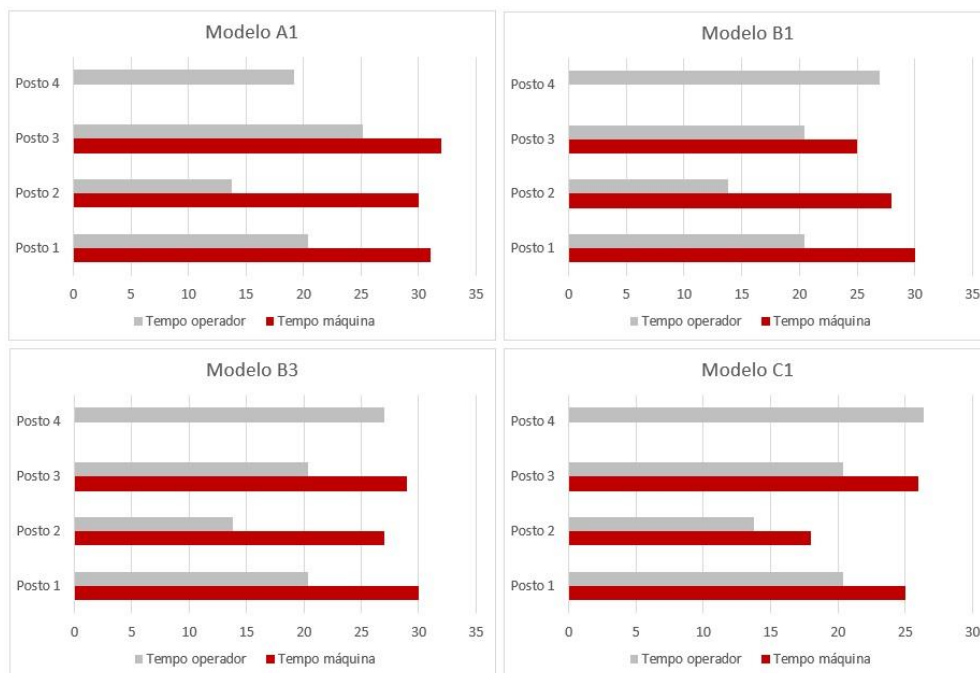


Figura 72 – TC máquina vs TC operador (em segundos) antes do balanceamento

Para realizar esta distribuição, a autora optou por dividir o posto de subjetivo mecânico em três tipos de inspeção diferentes, e redistribuir estas pelos postos com maior folga. Na Tabela 37 está representada essa divisão.

Tabela 37 - Nova distribuição das inspeções

Categoria	Tarefas de controlo	Modelos
Inspeção à montagem final	Verificação da existência de corpos estranhos no interior do aparelho	A1, B1, B3
	Verificação da qualidade dos aparafusamento e encaixes do aparelho	A1, B1, B3
	Verificação de conetores	A1, C1
Inspeção às teclas	Verificação do <i>click</i> das teclas	A1, B1, B3
	Verificação da existência de defeitos nas teclas	A1, B1, B3
	Inspeção aos <i>knobs</i>	A1, B1, B3
Inspeção à blenda	Efetuar inspeção visual à blenda (manchas, brilhos, riscos)	A1, B1, B3



Para equilibrar a distribuição do trabalho pelos postos do modelo A1 da linha 1, optou-se por atribuir a inspeção das teclas ao operador responsável pelo posto T3 e as inspeções da montagem final e da blenda ao operador do posto de embalagem (E1) uma vez que estes possuem tempo e condições físicas para executar estas operações

Para os modelos da marca B da linha 2, optou-se por atribuir a inspeção da montagem final ao operador do posto T1+T2, a inspeção das teclas ao operador do posto T3 e a inspeção da blenda ao operador do posto E1. Uma vez que os modelos da marca C não realizam a verificação do *click* das teclas, decidiu-se atribuir parte da inspeção da montagem final ao posto T1+T2 e outra parte ao posto T3. Desta forma, o tempo de ciclo dos postos de trabalho ficariam minimamente nivelados para não gerar tempos de espera.

No Anexo XIII – *Work Combination Table (WCT)* encontram-se as WCT's que foram elaboradas para efetuar o rebalanceamento dos postos de teste, etiquetagem e embalagem. Na Figura 73 estão representados os gráficos relativos aos tempos de ciclo das máquinas e dos operadores após o balanceamento.

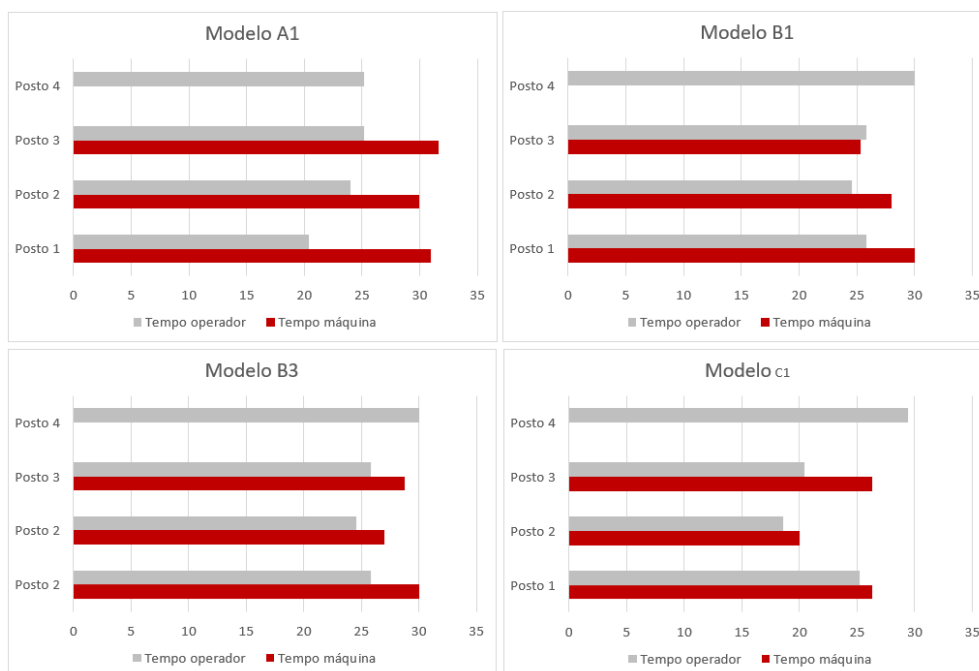


Figura 73 - TC máquina vs TC operador (em segundos) depois do balanceamento

Através dos gráficos da Figura 73 é possível observar que os tempos de operação do operador e da máquina se encontram bastante mais nivelados quando comparados com os gráficos da Figura 72, e, portanto, ambos trabalham a um ritmo similar.



5.1.6 Organização dos postos de montagem manual

Uma vez realizado o balanceamento, surge a necessidade de readequar fisicamente os postos de montagem manual de cada uma das linhas à nova distribuição das tarefas. Essas alterações estão ligadas maioritariamente a alterações em dispositivos, *parts presentation*, programas de aparafusamento entre outras necessidades técnicas. Nesta secção são apresentadas as alterações físicas que seriam necessárias realizar.

5.1.6.1. Alterações na linha 1

Após o balanceamento do modelo A1 da linha 1, decidiu-se que o posto 1 corresponderia ao atual posto 2, o posto 2 ao atual posto 3, o posto 3 ao atual posto 5 e o posto 4 ao atual posto 6 uma vez que se adequam fisicamente à distribuição do trabalho realizada (Figura 74).

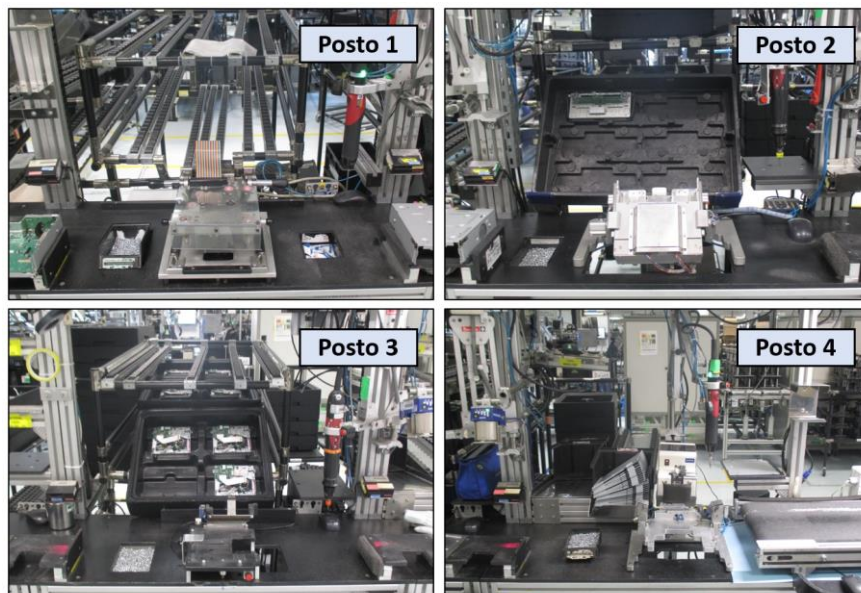


Figura 74 - Postos de montagem manual futuros da linha 1

No entanto, para cada um destes postos de trabalho, são necessárias alterações que serão explicadas de seguida.

5.1.6.1.1. *Parts Presentation*

Em termos de *parts presentation*, o único posto que sofreria alterações seria o posto 1 representado na Figura 74 acima. A alteração consistiria em substituir a rampa de abastecimento deste posto pela impressora das etiquetas intermédias e pelas rampas de abastecimento existentes no posto 1 antigo uma vez que seria necessário dar entrada a caixilhos e a placas. O *parts presentation* dos restantes



postos não sofreriam qualquer alteração uma vez que se encontram aptos para receber o material correspondente ao novo balanceamento.

5.1.6.1.2. Dispositivos

Na Figura 94 do Anexo III – Dispositivos poka-yoke das linhas, encontram-se os dispositivos correspondentes aos postos de montagem manual da linha 1. Desses dispositivos, apenas os correspondentes ao posto 1 e 2 teriam que sofrer pequenas alterações. Para o dispositivo do posto 1 seria necessário criar uma reentrância no local assinalado na Figura 75 – A para posicionar o *scanner* de leitura do aparelho. Para além disso, seria necessário reabrir a cavidade que está tapada para aparafusar o sétimo parafuso (Figura 75 - B).

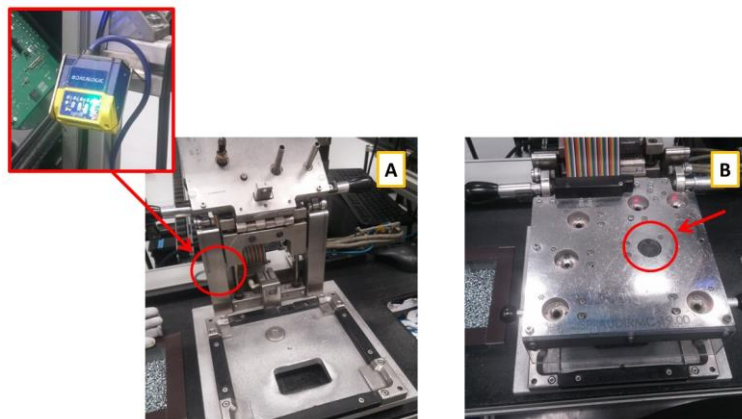


Figura 75 - DISP-27 da linha 1

No que toca ao dispositivo do posto 2, seria necessário alterar o posicionamento inicial para permitir a entrada do caixilho com as patilhas frontais para o interior do dispositivo (Figura 76) para que fosse possível o aparafusamento dos quatro parafusos na traseira do mesmo.

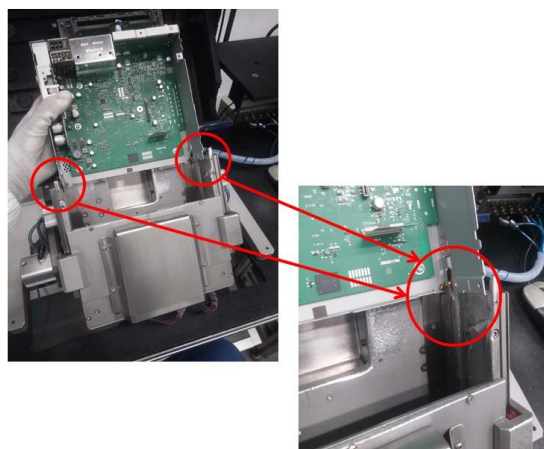


Figura 76 - DISP-28 da linha 1



Realizadas as alterações, seria necessário ativar o *trigger* para o fim de ciclo de quatro aparafusamentos de modo a fazer o dispositivo retornar à posição inicial.

5.1.6.1.3. Programas de aparafusamento

Como mencionado na secção 4.1.7, os postos de trabalho das linhas possuem dispositivos *poka-yoke* inseridos nos programas de aparafusamento que impedem que os parafusos sejam colocados no local errado ou com a sequência errada. Uma vez que no posto 2 seria necessário aparafusar 7 parafusos ao invés dos seis atuais, surge a necessidade de alterar o programa de aparafusamento atual para que seja possível aparafusar os 7 na sequência correta e no local apropriado. No posto 3 acontece exatamente a mesma situação, mas desta vez, alterar o programa para o aparafusamento de quatro parafusos.

5.4.3.1.4. Outras necessidades técnicas

Dado que a leitura do manifesto, da placa principal e do caixilho passaria a ser realizada no posto 2, é necessário alocar os 3 *scanners* atualmente presentes no posto 1, no posto 2 (Figura 77). Do mesmo modo, seria necessário colocar um *scanner* de leitura de blendas no posto de trabalho 3.



Figura 77 - *Scanners* de leitura do posto 1 atual

Uma vez que a operadora do posto 3 passará a colocar o cabo FFC para fazer a ligação entre a placa de serviço e a placa principal, será necessário colocar a ficha de fecho (Figura 78) neste posto.



Figura 78 - Ficha de fecho

Realizadas as alterações mencionadas, a linha 1 estaria apta para fazer a montagem manual dos componentes em apenas quatro postos de trabalho.

5.1.6.2. Alterações na linha 2

Após o balanceamento dos modelos da linha 2, foi decidido que o posto 1 permaneceria o atual, o posto 2 passaria a ser o atual posto 3, o posto 3 o atual posto 4 e o posto 4, o atual posto 6 (Figura 79).

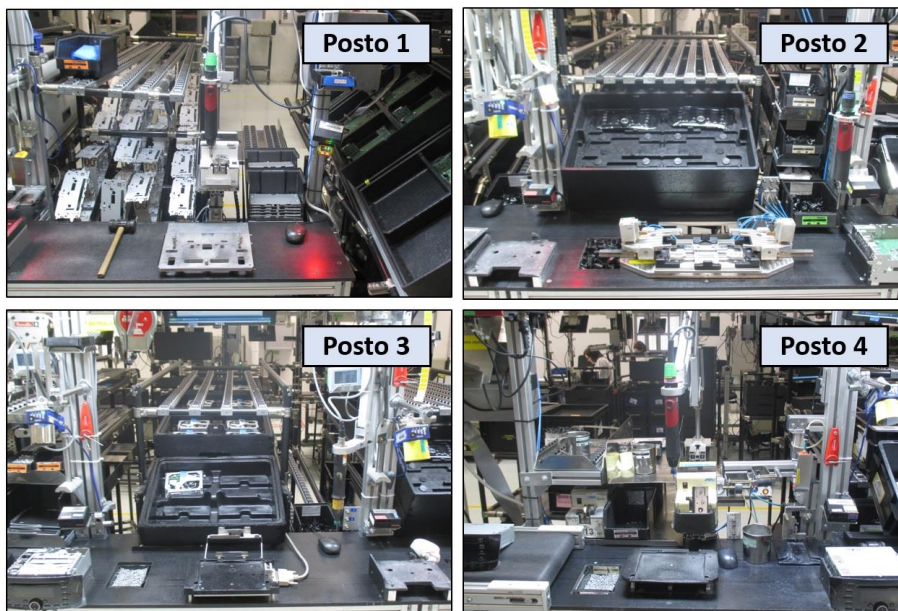


Figura 79 - Postos de montagem manual futuros da linha 2

Tal como na linha 1, os postos da linha 2 também teriam que sofrer algumas mudanças que serão explicadas de seguida.



5.1.6.2.1. Parts Presentation

O único posto que teria que sofrer alterações em termos de *parts presentation* seria o posto 4. A alteração consistiria apenas em colocar um suporte para os *dispensers* de parafusos uma vez que o local onde eles se encontram alocados atualmente será utilizado para outros efeitos.

5.1.6.2.2. Dispositivos

Dada a variedade de dispositivos existentes para cada modelo, foi necessário escolher aqueles que fariam parte dos futuros quatro postos e, se necessário, fazer alterações nos mesmos caso surgisse a necessidade de os readaptar às novas tarefas a ser realizadas no posto em questão. No Anexo III – Dispositivos poka-yoke das linhas, encontram-se os dispositivos dos diferentes modelos que são utilizados atualmente em cada posto de trabalho. Na Tabela 38 encontra-se a nova distribuição dos dispositivos pelos diferentes postos de trabalho, para cada um dos modelos, e respectivas necessidades de alteração.

Tabela 38 - Dispositivos dos modelos da linha 2 para os 4 postos

Modelo	Posto	Dispositivo
B1	1	DISP-01
	2	DISP-03
	3	DISP-04
	4	DISP-06
B3	1	DISP-08
	2	DISP-10
	3	DISP-11
	4	Criar nova base
C1	1	DISP-14
	2	DISP-16
	3	DISP-15
	4	Criar nova base

Como se pode observar através da tabela, a grande maioria dos dispositivos/bases pode ser reaproveitada, no entanto, para o posto 4 dos modelos B3 e C1 seria necessário criar novas bases. Para o posto 4 do modelo B3 será necessária a criação de uma base específica que permita o posicionamento da blenda virado para baixo para realizar o aparafusamento da *bullet* sem que ocorram danos na blenda, e que permita também posicionar o aparelho na horizontal para realizar o aparafusamento na tampa superior. O mesmo acontece para o posto 4 do modelo C1, mas para este, terá que ser possível também posicionar o aparelho na vertical com a blenda virada para a direita.



5.1.6.2.3. Programas de aparafusamento

Uma vez que vai ser necessário aparafusar diferentes quantidades de parafusos em diferentes componentes, surge a necessidade de readequar os *softwares* de aparafusamentos para as quantidades futuras de parafusos a apertar em cada um dos postos de trabalho. Para tal, foi elaborada uma tabela com os modelos e respetivos postos em que será necessário alterar o *software* de aparafusamento (Tabela 39).

Tabela 39 - Necessidades de alteração nos programas de aparafusamento dos modelos da linha 2

Modelo	Posto	Aparafusamento
B1	1	Adicionar 1x parafuso na Caixa de Ligação
	2	Sem alterações
	3	Adicionar 2x tampa superior
	4	Adicionar 2x tampa inferior
B3	1	Sem alterações
	2	Alterar para apenas 4x tampa inferior
	3	2x tampa inferior
	4	Alterar para 2x tampa superior e 1x bullet
C1	1	Adicionar 1x parafuso tampa inferior
	2	Alterar para apenas 4x parafusos mecanismo
	3	Alterar para 2x parafusos mola
	4	Adicionar 1x Bullet

5.1.7 Organização dos postos de teste das linhas

As alterações a realizar nas linhas de teste seriam maioritariamente relacionadas com a remoção das máquinas e postos de trabalho que não seriam necessários. Assim sendo, estas alterações passariam por remover as máquinas de teste que não seriam necessárias tendo em conta os cálculos da secção 5.1.5.1. Cálculo de número de máquinas de teste, os postos de gravação uma vez que estes não são utilizados atualmente e do posto de subjetivo mecânico dado que as operações deste posto vão ser distribuídas pelos postos de teste anteriores e pelo posto de embalagem. Como referido anteriormente, o posto do subjetivo mecânico contém, em ambas as linhas, uma sequência de códigos de barras para registar os defeitos identificados pelo operador (Figura 80).



Figura 80 - Códigos de barras dos defeitos

Uma vez que as funções deste posto vão passar para postos anteriores, será necessário alocar os *scanners* de leitura e os códigos de barras no posto em que é realizada a verificação correspondente. Por exemplo, se a verificação do “*feeling*” das teclas vai passar para o posto do subjetivo elétrico, então os códigos de barras correspondentes a “teclas presas/feeling” e “botões” terão que passar para esse posto para ser feito o registo desses defeitos.

O futuro posto 3 da linha 2 (P1+T4+L1+L2) também teria que sofrer alterações. Uma vez que o operador dedicado ao posto P1+T4+L1 terá que colocar também o passaporte para os modelos da marca B, e dado que este passará a ter a forma de uma etiqueta, sugere-se que a impressora deste seja colocada ao lado da impressora da etiqueta do cliente (L1) para que não haja desperdícios de tempo com deslocações (Figura 81).



Figura 81 - Impressoras das etiquetas

Desta forma, o posto que era anteriormente dedicado à colocação do passaporte teria que ser removido.



5.2 Normalização, remoção e legendagem das torres de iluminação

Nesta secção são apresentadas as propostas de melhoria idealizadas para colmatar as falhas existentes nas torres de iluminação, nomeadamente, a falta de *standard*, legendagem e existência de torres desnecessárias.

5.2.1 Normalização e remoção das torres de iluminação desnecessárias

Para realizar a normalização das torres de iluminação, a autora comparou o estado atual destas com o *standard* da Aptiv e propôs mudanças para aquelas que não cumpriam as especificações do documento na forma de um plano de ações que se encontra no Anexo X – Plano de ações para as torres de iluminação que não cumprem o *standard* da Aptiv. Após a elaboração do plano, foram marcadas reuniões com as pessoas responsáveis por cada uma das secções produtivas para obter a aprovação das mudanças a realizar. Uma vez obtida a aprovação, foram marcadas reuniões de *follow-up* com a equipa de manutenção para acompanhar o processo de mudança.

A normalização envolveu, na sua maioria, a alteração das cores de alguns alertas de modo a que, a cada cor, pudesse corresponder o significado que lhe é suposto de acordo com o *standard* da Aptiv. Na Figura 82 estão representadas algumas alterações que foram realizadas nas cores de algumas das torres de iluminação. O objetivo passou também por reduzir ao máximo a variedade de torres existentes na fábrica.

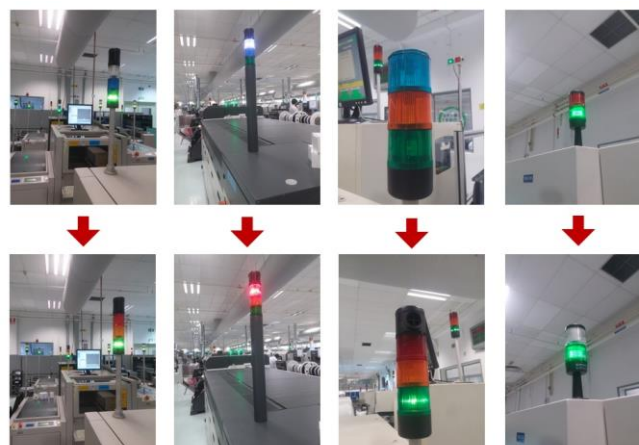


Figura 82 - Exemplos de alterações realizadas nas cores nas torres de iluminação

Para além da alteração de cores, existiram torres de iluminação de máquinas cujo cumprimento ao *standard* obrigava a fazer mudanças na sua configuração. As máquinas de *gap-filler* ativavam a luz



vermelha de cada vez que fosse necessário fazer a troca dos baldes da pasta, no entanto, a máquina podia continuar operacional até se esgotar completamente o material (Figura 83).



Figura 83 - Alerta luminoso para o abastecimento de material no *gap-filler*

De acordo com o *standard* este tipo de situações não podem ocorrer uma vez que a cor vermelha alerta uma paragem. Desta forma, o objetivo passou por contactar o fornecedor das máquinas de *gap-filler* para que o alerta de abastecimento de material fosse alterado para a cor amarela. Com estas alterações, as torres de iluminação ficariam em conformidade com o *standard* da empresa.

Para além da normalização, foi sugerida a remoção das torres de iluminação mencionadas na secção 4.3.5 uma vez que estas se revelavam ser totalmente desnecessárias. No Anexo IV – Torres de iluminação existentes nas áreas produtivas encontram-se rodeadas a preto as torres que se pretenderam remover destas áreas.

5.2.2 Legendagem das torres de iluminação

Uma vez normalizadas e removidas as torres de iluminação que não faziam falta, surgiu a necessidade de criar legendas para facilitar a interpretação das torres de iluminação por parte dos trabalhadores. Estas teriam que ficar afixadas nas máquinas e conter informação sobre o significado de cada alerta da torre de iluminação e qual a ação que o operador teria de realizar. Na Figura 84 está representada uma das máquinas da área de CBA com a legenda da sua torre de advertência.



Figura 84 - Legenda da torre de iluminação da máquina de soldadura seletiva

Desta forma, todas as torres do edifício 1 teriam a sua própria legenda informativa permitindo que os operadores conseguissem facilmente interpretar os seus alertas.





6. AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é dedicado à avaliação e análise dos resultados obtidos e daqueles que se esperam obter após a implementação das melhorias apresentadas. Para tal, analisam-se os indicadores de desempenho que se consideraram importantes para medir o impacto das melhorias e os ganhos monetários que se esperam obter com estas.

6.1 Ganhos na reestruturação das linhas de montagem final

Ao longo desta subsecção são apresentados os ganhos obtidos e os que se esperam obter com as alterações realizadas nas linhas 1 e 2 de montagem final.

6.1.1 Remoção do *bottleneck* do modelo B1

Como referido na secção 5.1.2, para reduzir o tempo de ciclo do posto T5 correspondente ao *bottleneck*, optou-se por eliminar a inspeção que era realizada ao *click* das teclas. Para garantir que, de facto, os defeitos nas teclas eram praticamente inexistentes, atribuiu-se esta inspeção ao GP12 durante 3 semanas para averiguar a ocorrência de defeitos deste tipo. Na Figura 85 estão representadas as percentagens de defeitos identificados pelo GP12 durante esse horizonte temporal.

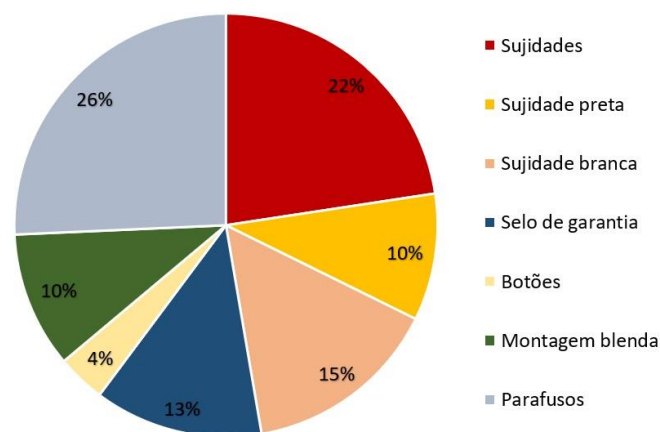


Figura 85 - Resultados do GP12

Como se pode observar pelo gráfico circular, não houve ocorrências de teclas presas no modelo B1 durante as 3 semanas de análise. Face a tais resultados optou-se por deixar de realizar, definitivamente, a inspeção ao *click* das teclas deste modelo no posto T5.



6.1.2 Redução dos defeitos nas blendas do modelo B1

Como referido anteriormente, o *bottleneck* correspondente ao posto T5, obrigada à acumulação de autorrádios em caixas cuja acomodação e manuseamento gerava defeitos nas blendas, nomeadamente, riscos. Após a redução do tempo de ciclo deste posto, procedeu-se a uma nova recolha de dados relativos à quantidade de *scrap* de blendas nos dois meses seguintes (Tabela 40).

Tabela 40 - *Scrap* de blendas após a remoção do *bottleneck* do posto T5

	Antes	Depois	
	Maio	Junho	Julho
Qtd. Produzida (uni)	14 091	10 659	9 876
Qtd. Scrap blendas (uni)	312	86	63
Scrap blendas (%)	2,21	0,81	0,64
Scrap blendas (€)	1.999,92	551,26	403,83

Através da tabela é possível observar uma redução significativa da percentagem de blendas que foram para refugo nos meses de junho e julho comparativamente ao mês de maio.

Tais resultados comprovam que os defeitos das blendas estavam diretamente relacionados com a acumulação de autorrádios gerada pelo *bottleneck*, e, portanto, pela remoção deste, os defeitos começaram a diminuir significativamente.

6.1.3 Remoção de atividades que não acrescentam valor ao produto

Como referido na secção 5.1.3, foi criada uma CN para introduzir a ideia de alterar o *design* do passaporte. Após a aprovação da CN, o objetivo é criar uma CR (*Change Requirement*) para avançar com todas as alterações necessárias. Na Tabela 41 encontram-se descritas as sequências de operações antes e após a alteração do design no posto L2.



Tabela 41 - Conteúdo de trabalho antes e após a alteração no design do passaporte

Antes			Depois		
Operação	Motions	Tempo (seg)	Operação	Motions	Tempo (seg)
Pegar no passaporte e dobrar ao meio	4	2,4	Pegar no passaporte da impressora	3	1,8
Colocar passaporte dentro do saco plástico e dobrar	14	8,4	Colar passaporte sobre a tampa superior do aparelho	3	1,8
Colocar o saco sobre a tampa superior do aparelho	3	1,8		6	3,6
Colocar fita cola para fixar o saco ao aparelho	5	3			
	26	15,6			

Como se pode observar pelas tabelas acima, a alteração do *design* levará a uma redução do número de operações a realizar, diminuindo assim 12 segundos no tempo de ciclo deste posto de trabalho.

6.1.4 Redução do espaço ocupado

Um dos objetivos do rebalanceamento das duas linhas de montagem final foi reduzir o espaço ocupado. Com o encurtamento destas seria possível obter uma redução de cerca de 8m no comprimento de cada uma, obtendo-se uma redução de 56m² do espaço total. Na Figura 86 está representada a implantação de cada uma das linhas antes e após a remoção dos postos de trabalho.

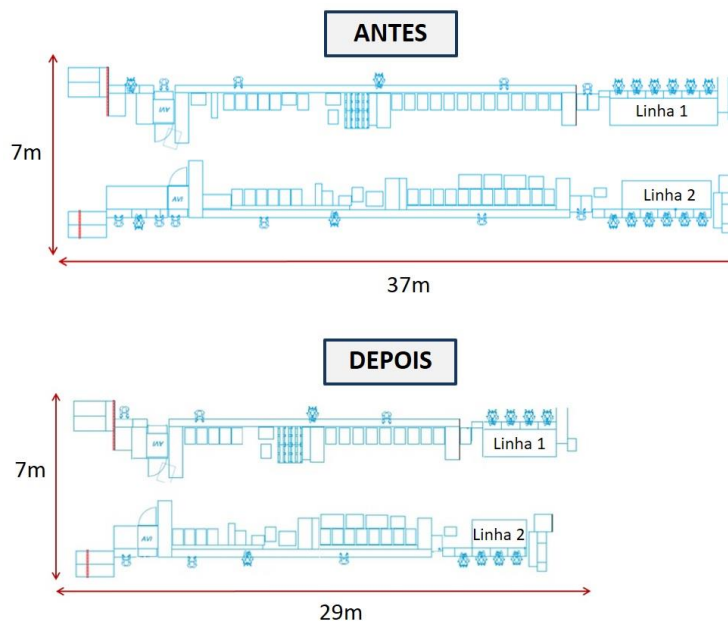


Figura 86 - Layout das linhas antes e depois da reestruturação



Tendo em conta que a Aptiv considera um custo anual de 100€ por cada m² ocupado, na Tabela 42 está representado o custo anual por m² antes e após o encurtamento das linhas de montagem final.

Tabela 42 - Custo por área ocupada antes e após as alterações

	Antes	Depois	Diferença
Área ocupada (m ²)	259	203	56
Custo anual (€)	25.900	20.300	5.600

Conclui-se assim que, com a redução de 56m², é possível obter uma poupança anual de 5 600€.

6.1.5 Redução do número de operadores

Com a redução do número de postos de trabalho, a necessidade de operadores seria bastante menor comparativamente à distribuição atual. Na Tabela 43 estão representados os resultados da necessidade de mão-de-obra antes e após o ajuste de capacidade das linhas. No 2º turno da linha 1 os operadores apenas trabalham 47,2% do tempo disponível do turno e na linha 2 apenas trabalham 64,1% do tempo. Desta forma, pode-se considerar que são utilizados 6 operadores (13×0,472) na linha 1 e 8 (13×0,641) na linha 2 durante o 2º turno de trabalho.

Tabela 43 - Necessidade de mão-de-obra antes e após o ajuste de capacidade

	Nº Operadores					
	Linha 1			Linha 2		
	Antes	Depois	Diferença	Antes	Depois	Diferença
1º turno	13	8	-5	13	8	-5
2º turno	6	8	+2	8	8	0
Total	19	16	3	21	16	5
Custo (€)	285.000	240.000	45.000	315.000	240.000	75.000

Considerando que cada operador representa um custo de 15.000€ anuais, as poupanças em número de operadores estariam na ordem dos 120.000€ anuais.

Importante será dizer que esta redução em número de operadores não significa despedimento, uma vez que esse não é o tipo de filosofia que a empresa defende. Cada uma destas pessoas seria reencaminhada para outras secções da fábrica onde existe atualmente necessidade de alocar operadores.



6.1.6 Impacto nas medidas de desempenho

As medidas que se consideraram fundamentais para medir o desempenho do sistema, foram a produtividade e a taxa de utilização dos recursos de produção. Na Figura 87 estão representados os gráficos de barras relativos aos valores atuais e aos que se esperam obter após a reestruturação das linhas de produção.

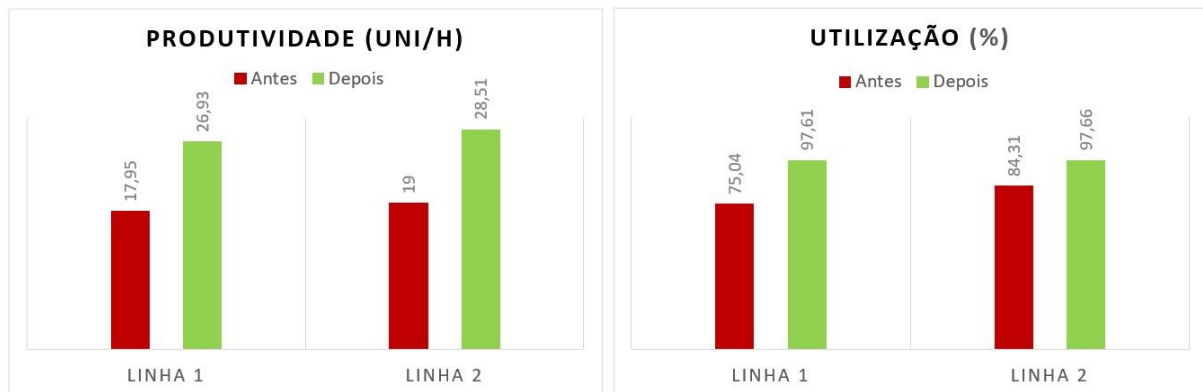


Figura 87 - Valores da produtividade e da taxa de utilização antes e após a reestruturação

Como se pode observar, a produtividade iria sofrer um incremento de, aproximadamente, 9 unidades por hora para a linha 1 e 10 unidades por hora para a linha 2, o que significa que, após a reestruturação o aproveitamento dos recursos para produzir o que é requerido seria bastante maior. Tal pode ser confirmado pela taxa de utilização dos recursos uma vez que ambas as linhas iriam ter uma taxa de utilização de, aproximadamente, 98%.

No Anexo XIV – Análise e avaliação das propostas de melhoria encontram-se os cálculos que foram realizados para chegar a estes valores.

6.2 Ganhos na normalização das torres de iluminação

O trabalho relativo à normalização e legendagem das torres de iluminação foi extenso, tendo-se despendido muito tempo com os levantamentos de todos os comportamentos das torres de iluminação da fábrica e criação das respetivas legendas. Apesar da impossibilidade de obter dados quantitativos, é possível enunciar várias vantagens da implementação destas melhorias.

A normalização das torres de iluminação diminuiu o tipo de torres de iluminação existentes, tendo passado de 13 para apenas 8 (Figura 88), reduzindo assim a sua variabilidade e facilitando a interpretação por parte de quem recebe o alerta.

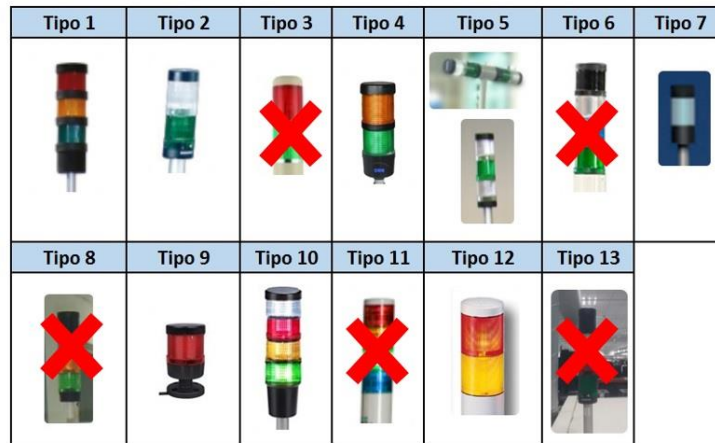


Figura 88 - Torres de iluminação que prevaleceram na fábrica

Para além da normalização, foram removidas as torres de iluminação que se consideraram ser desnecessárias. No total foram removidas vinte e nove torres, sendo que vinte e sete correspondem à área de CBA e duas correspondem à área de FA.

Uma vez definido um *standard*, cabe aos profissionais do departamento de Engenharia de Processo (onde foi realizado o estágio), garantir que os fornecedores cumprem com as especificações do documento anexado no caderno de encargos, de cada vez que se faz uma encomenda para que não seja necessário realizar a normalização novamente.

A legendagem das torres de iluminação passou a permitir aos trabalhadores identificar com mais facilidade o alerta imitado agindo diretamente contra o erro, ao invés de comunicar com a equipa da manutenção.



7. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do projeto de dissertação onde se apresentam os principais resultados obtidos e as propostas de trabalhos a realizar no futuro.

7.1 Considerações finais

O presente projeto de dissertação enquadrou-se no contexto de melhoria contínua da empresa Aptiv que se dedica à produção de componentes eletrónicos para automóveis. O principal foco do projeto esteve na melhoria do desempenho de duas linhas de montagem final usando técnicas *Lean*. Para além disso, foram realizados trabalhos relacionados com a normalização das torres de iluminação de advertência dos equipamentos das áreas produtivas do edifício 1. A fase inicial do estágio foi dedicada ao conhecimento dos processos de produção da empresa e ao levantamento da interpretação das torres de iluminação da fábrica para se proceder à sua normalização.

A normalização permitiu colocar todas as torres de iluminação em conformidade com o *standard* da Aptiv bem como a redução do tipo de torres existentes na fábrica. Após a normalização foram elaboradas legendas para facilitar a interpretação do operador face ao alerta emitido. Desta forma, todas as torres ficaram dentro das especificações, reduzindo a sua variabilidade e permitindo ao operador identificar com mais facilidade o alerta emitido agindo diretamente contra o erro, ao invés de comunicar com a equipa da manutenção.

Paralelamente a este trabalho, foram analisadas as linhas de montagem final selecionadas para estudo. Em conjunto com uma equipa *kaizen* foram realizadas análises de capacidade e o rebalanceamento dos postos de montagem manual das linhas.

Uma vez balanceados os postos de montagem manual, a autora procedeu ao rebalanceamento dos postos de teste e às respetivas sugestões de mudanças nas linhas. O ajuste de capacidade das linhas de montagem final permite uma poupança total de cerca de 125.600€ tendo em conta a redução de espaço e do número de operadores.

Com a implementação destas mudanças, a percentagem de utilização das linhas teria um aumento de cerca 23% na linha 1 e 13% na linha 2 provocando um aumento na produtividade em, aproximadamente, 10 unidades por hora para cada uma das linhas. Ao longo do estágio foi também



identificado um *bottleneck* no *high runner* da linha 2 para o qual foi criada uma equipa *kaizen* para atuar sobre ele e garantir a cadência da produção. A atuação sobre este *bottleneck* permitiu a redução da carga de trabalho do posto em questão garantindo a fluência da produção e a eliminação da acumulação de *stock* que se encontrava a gerar defeitos nas blendas dos aparelhos.

Com esta redução, o novo *bottleneck* passaria a ser o posto anterior (L2), pelo que, foi sugerida a alteração do *design* do passaporte com o objetivo de reduzir a sua carga de trabalho através da eliminação das atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto. Este novo *design* favoreceu na redução do número de operadores para o novo balanceamento, pois com a redução de 12 segundos no tempo de ciclo deste posto, o operador correspondente poderia ficar também dedicado à colocação da etiqueta do cliente, à máquina AVI e programação.

Ao longo do projeto de estágio foi possível adquirir conhecimentos fundamentais não só para o desenvolvimento profissional, mas também pessoal e social. Todos os trabalhos realizados permitiram adquirir uma série de conhecimentos e experiência relativamente à aplicação da filosofia *lean* para reestruturar sistemas de produção. Para além das *hard skills*, o projeto de estágio permitiu adquirir competências sociais que serão fundamentais para a vida pessoal e profissional.

7.2 Trabalho futuro

No que diz respeito às torres de iluminação de advertência, recomenda-se como trabalho futuro a realização da mesma normalização e legendagem das torres da área produtiva do edifício 2.

Durante a realização do projeto, as duas linhas de montagem final em estudo foram transferidas para um edifício diferente, e, portanto, o estudo do rebalanceamento por parte do departamento de engenharia acabou por ficar parado. No entanto, a autora prosseguiu com o estudo para dar continuidade ao projeto. Concluído o estudo da reestruturação, recomenda-se que, após implementar as alterações, se prossiga com a análise dos resultados e respetivas necessidades de ajuste, nomeadamente em termos de balanceamento de postos de trabalho.

Também após as mudanças, sugere-se que sejam realizadas melhorias em termos de 5S e gestão visual aos armários dos dispositivos *poka-yoke* das linhas uma vez que haverá uma nova distribuição de dispositivos bem como uma redução da quantidade de dispositivos utilizados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, R., Calvo, R., Peña, M. M., & Domingo, R. (2009). Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(9–10), 949–958. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1772-2>
- Alves, A. C. (2007). *Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Universidade do Minho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/7606>
- Alves, A. C., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R. M., Moreira, F., & Lima, R. M. (2011). Benefits of Lean Management: Results form some Industrial Cases in Portugal. *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2011)*, (1977), 9.
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transactions*, 43(4), 344–352. <https://doi.org/10.5937/fmet1504344A>
- Aptiv. (2018). Publicações internas. Braga.
- Badawy, M., El-Aziz, A. A. A., Idress, A. M., Hefny, H., & Hossam, S. (2016). A survey on exploring key performance indicators. *Future Computing and Informatics Journal*, 1(1–2), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2016.04.001>
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694–715. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2004.07.023>
- Bell, S. (2006). *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471756466>
- 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), 53–64. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Carvalho, D. (2008). *Introdução aos Sistemas de Produção*. Braga. Retrieved from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação E Cultura*. <https://doi.org/49418854>
-



- Creative Safety Supply. (2014). 8 Great Ways to Eliminate the Gemba 7 Wastes. Retrieved January 24, 2018, from <https://blog.creativesafetysupply.com/8-great-ways-to-eliminate-the-gemba-7-wastes/>
- Dombrowski, U., Ebentreich, D., & Krenkel, P. (2016). Impact Analyses of Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 57, 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.105>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. Vasa. London: St. Lucie Press. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Lean+Manufacturing+Tools,+Techniques,+and+How+to+Use+Them#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Lean+m>
- Ferreira, R. G. (Escola de E. da U. do M. (2015). *Melhoria do desempenho de uma secção de montagem final de uma empresa usando ferramentas Lean Production*. Universidade do Minho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/39312>
- Fullerton, R. R., & McWatters, C. S. (2001). Production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management*, 19(1), 81–96. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00051-6)
- Gadelha, F. C., Bessa, J. A., Moura, L. B., Barroso, D. A., Menezes, J. W. M., & De Alexandria, A. R. (2015). Alteração de um layout funcional para layout celular motivado pelos fundamentos da manufatura enxuta: Estudo de caso em uma indústria de transformadores. *Holos*, 6, 156. <https://doi.org/10.15628/holos.2015.1556>
- Galsworth, G. D. (1977). *Visual Systems: Harnessing the power of the visual workplace*. New York: AMACOM.
- Gomes, L. F. T., & Arezes, P. M. F. M. (2003). Introdução ao estudo do trabalho - Sebenta de apoio à disciplina de Ergonomia e Estudo do Trabalho I.
- Gorenflo, G., & Moran, J. W. (2010). The ABC's of PDCA. <https://doi.org/10.1097/01.ASW.0000363526.70383.c2>
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Grzechca, W. (2014). Assembly Line Balancing Problem with Reduced Number of Workstations. *19th World Congress The International Federation of Automatic Control*, 6180–6185.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–



437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- Júnior, O. C. da S., Júnior, G. de M., & Conceição, S. V. (2009). Reconfiguração Dinâmica de Linhas de Montagem, 237–258.
- Kaganski, S., Majak, J., Karjust, K., & Toompalu, S. (2017). Implementation of Key Performance Indicators Selection Model as Part of the Enterprise Analysis Model. *Procedia CIRP*, 63, 283–288. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.143>
- Kracfik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30(1), 14. <https://doi.org/10.1108/01443570911005992>
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application. *Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach To Industrial Application*, 13(2), 807–811.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. Training* (Vol. 2003). New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (3rd ed.). Engineering & Management Press.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. New York: CRC Press.
- Moreira, H. D. A. (Escola de E. da U. do M. (2017). *Melhoria em células de montagem de blindas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios Lean*. Universidade do Minho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/46487>
-



- Noffke, S. E., & Somekh, B. (2010). *The Sage handbook of educational action research*. Sage.
- O' Brien, R. (1998). Overview of Action Research Methodology. Retrieved January 3, 2018, from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. New York: Productivity Press.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line. Assembly Automation* (Vol. 27). New York: CRC Press. <https://doi.org/10.1108/aa.2007.03327aee.001>
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Pattanaik, L. N., & Sharma, B. P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: A case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(7–8), 772–779. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1629-8>
- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da Produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba, Brasil: UnicenP.
- Peixoto, P. M. O. (Escola de E. da U. do M. (2017). *Melhoria de desempenho na área de inserção automática de SMDs , aplicando ferramentas Lean Production , numa empresa de componentes eletrônicos*. Universidade do Minho. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/46553>
- Pinto, J. P. (n.d.). Design do Layout Celular. Retrieved from www.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento LEAN: A filosofia das organizações vencedoras* (6th ed.). Lisboa: Lidel.
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S implementation methodologies: literature review and directions. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 20(1), 48. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2017.080692>
- Rohleder, T., & Silver, E. (1997). A tutorial on business process improvement. *Journal of Operations Management*, (2), 139–154. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(96\)00100-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0272-6963(96)00100-3)
- Rother, M., & Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*. Brookline: Lean Enterprise Institute. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*
-



- (7th ed.). Wiley.
- Sahoo, A. K., Singh, N. K., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2008). Lean philosophy: Implementation in a forging company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(5–6), 451–462. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0870-2>
- Shahin, A., & Ghasemaghaei, M. (2010). Service Poka Yoke. *International Journal of Marketing Studies*, 2(2), 190. <https://doi.org/10.5539/ijms.v2n2p190>
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineer Viewpoint*. New York: Productivity Press.
- Shingo, S. (1996). *O Sistema Toyota de Produção : do ponto de vista da engenharia de produção* (2nd ed.). Bookman.
- Staudt, F. H., Coelho, A. S., & Gonçalves, M. B. (2011). Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. *Production*, 21(4), 634–644. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000058>
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, 8(October 2016), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*, 201–219. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Ungan, M. C. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>
- Villiers, F. De. (2008). The illustrated Lean: Agile and world class manufacturing, 107.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. London: McGraw-Hill.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. World. New York: Rawson Associates. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)
-





ANEXOS



**ANEXO I – ABASTECIMENTO DOS MATERIAIS NAS LINHAS**

Tabela 44 - Caixas de abastecimento dos materiais

Imagem	Descrição	Dimensões	Posto	Linha
	Caixas placas principais	46x46 cm	1	1, 2
	Caixa tampas	20x20 cm	6 1, 2, 3, 5, 6	1 2
	Caixa parafusos	15x10 cm	Todos	1, 2
	Caixas <i>bullets</i>	15 x15cm	2, 3	2
	Caixas mecanismos	48x40 cm	5 4	1 2
	Caixas suporte do condensador	15x15 cm	2	2
	Caixas <i>Gap Pad</i>	25x15 cm	1	2
	Caixas blendas	60x40 cm	3	1
	Caixas cabo FFC	15x10 cm	2	1
	Rampas Caixilhos	162x6 cm	1	2
	Rampas Caixilhos	48x7 cm	1	1
	Caixa das molas	30x40 cm	1, 2, 3	2
	Caixas chapas de refrigeração	15x20 cm	1, 2, 3, 6	2
	Caixas blendas	40x30 cm	3, 5	2



ANEXO II – ROTAS DE ABASTECIMENTO

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho											
Effective Date / Data Efectiva: 20-12-2016			Content Reviewed Date / Data de Revisão: 19-12-2016				Page 1 of 2				
Material (Volume,Peso)			Processo: Rota MF Linha 1 - Interna								
Material Volumoso/Pesado		Material não Volumoso/Pesado	Percurso da rota	Abastecimento de Material	Recolha/ Retorno de vazios	Troca de Trolley	Minimercado/ Recolha de Material	Material Karban	Material não Karban	Manifesto	Operador Logístico
Designação: Tampas; caixilhos; mecanismos; main board.		Designação: Etiquetas; parafusos.	↔	○	◇	↔	○	▭	▭	📄	🚚
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento									
A	Dirigir ao ponto (1) e recolher os manifestos correspondentes à linha 1.	📄									
B	Dirigi-se ao minimercado de main boards (1M) e recolher o material descrito na ordem de produção e abastecer o posto 1.	▭									
C	Deslocar-se ao ponto (2M) e recolher trolley com caixilhos. Transportar trolley para a linha 1 e abastecer o posto 1 com caixilhos.	▭									
D	Recolher do minimercado (3M) blendas, conforme manifesto. Abastecer o posto 3 com blendas.	▭									
E	Deslocar ao minimercado WIP de mecanismos (4M) e recolher mecanismos, conforme manifesto (5). Abastecer o posto 5 com mecanismos.	▭									
F	Deslocar-se ao posto 6 e fazer o refill das caixas vazias da linha. Abastecer o posto 6 com tampas.	▭									
G	Recolher caixas vazias de tampas e alocar no trolley de vazios junto à linha (2).	▭									
H	Recolher tabuleiros vazios de mecanismos do posto 5 e colocá-los na paleta de vazios (3).	▭									
I	Recolher trolley de caixilhos vazios e deslocar ao ponto (2M). Depositar trolley de vazios, e regressar à linha.	▭									
J	Deslocar ao posto 3, recolher tabuleiros vazios de blendas e depositar na paleta de vazios (4).	▭									
K	Deslocar ao posto 1, recolher tabuleiros vazios e alocar na paleta de vazios (5).	▭									
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.										

Figura 89 - Rota de abastecimento da linha 1



Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho											
Effective Date: / Data Efectiva: 20-12-2016			Content Reviewed Date / Data de Revisão : 19-12-2016					Page 1 of 2			
Material (Volume,Peso)			Processo: Rota MF Linha 2 - Interna								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado		Percurso da rota	Abastecimento de Material	Recolha/ Retorno de vazios	Troca de Trolley	Minimercados/ Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador logístico
Designação: Tampas; caixilhos; mecanismos; main board.	Designação: Etiquetas; parafusos.		↔	○	◇	↔	○	▭	▭	▭	
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento									
A	Dirigir ao ponto (1) ou (2) e recolher os manifestos correspondentes à linha 2.										
B	Dirigir-se ao minimercado de main boards (1M) ou (2M) no caso do Volvo/Renault, recolher o material descrito na ordem de produção e abastecer o posto 1.										
C	Deslocar ao ponto (3M) ou (4M) no caso do Volvo/ Renault, recolher caixilhos e transportar para a linha. Abastecer o posto 1 com caixilhos.										
D	Recolher do minimercado (5M) ou (6M) no caso do Volvo/Renault blendas, conforme manifesto. Abastecer o posto respetivo com blendas.										
E	Deslocar ao minimercado WIP de mecanismos (6M) e recolher mecanismos, conforme manifesto (3). Abastecer o posto 4 com mecanismos.										
F	Deslocar-se ao minimercado (4M) no caso do Volvo Renault recolher tampas conforme o manifesto, e transportar para a linha. Fazer o refill das caixas vazias de tampas que estão na linha. Abastecer o posto respetivo com tampas.										
G	Recolher tabuleiros vazios de mecanismos do posto 4 e colocá-los na palete de vazios (4). Regressar à linha (2L).										
H	Recolher tabuleiros vazios de blendas (do posto 3 ou 5, conforme o modelo em produção) e depositar na palete de vazios de blendas (5). Regressar à linha (2L).										
I	Recolher caixa vazia de caixilhos e alocar no carro de vazios (6).										
J	Recolher tabuleiros vazios de main board e alocar na palete de vazios (7) e regressar à linha (2L).										
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.										

Figura 90 - Rota de abastecimento da linha 2



ANEXO III – DISPOSITIVOS POKA-YOKE DAS LINHAS

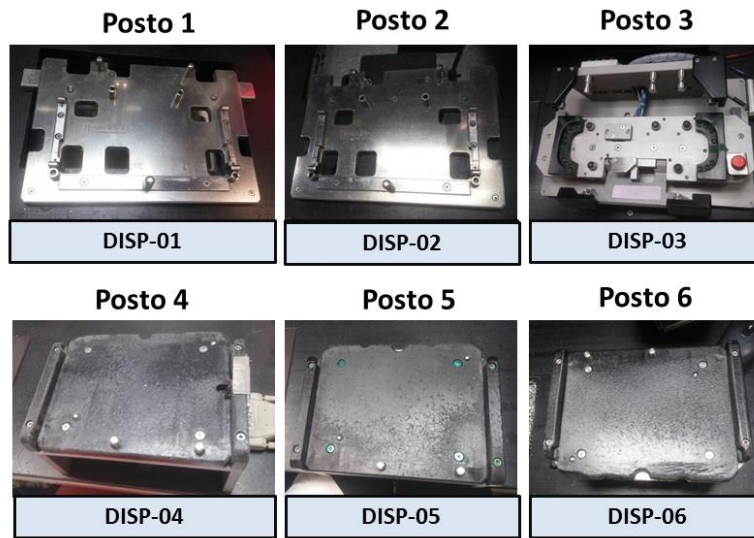


Figura 91 - Dispositivos do modelo B1

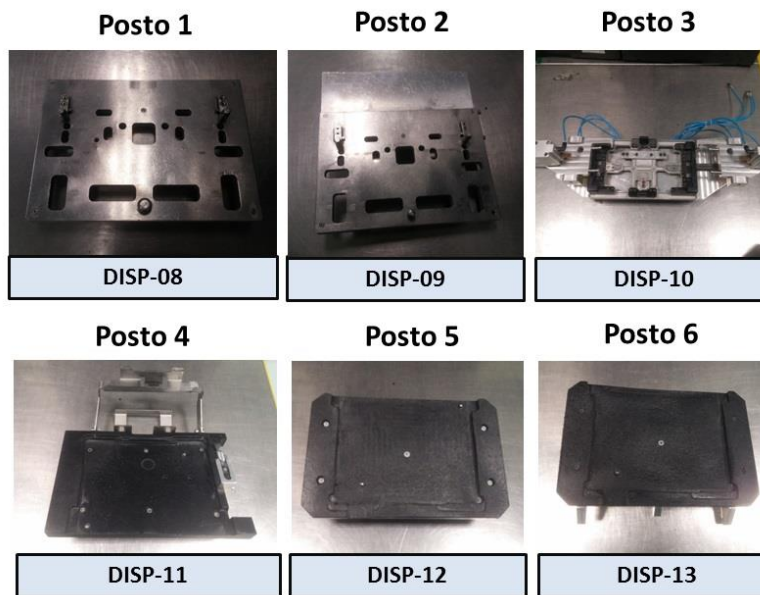


Figura 92 - Dispositivos do modelo B3

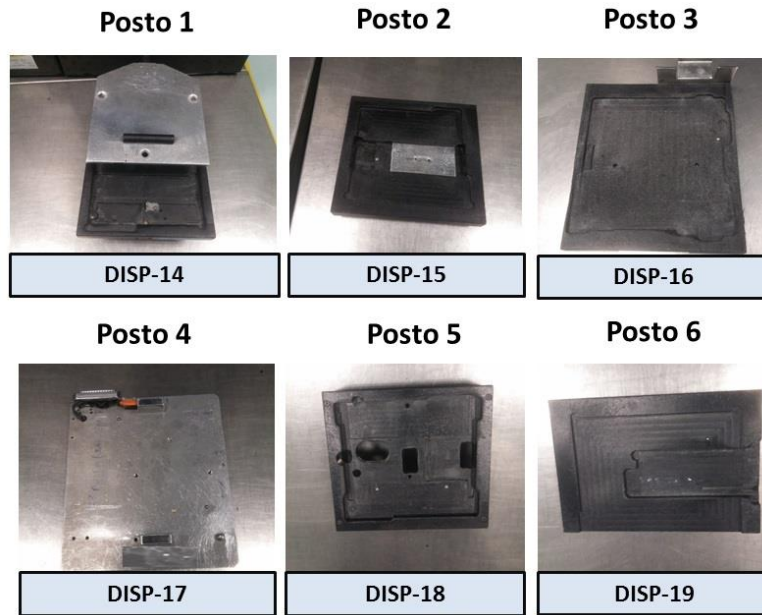


Figura 93 - Dispositivos dos modelos C1

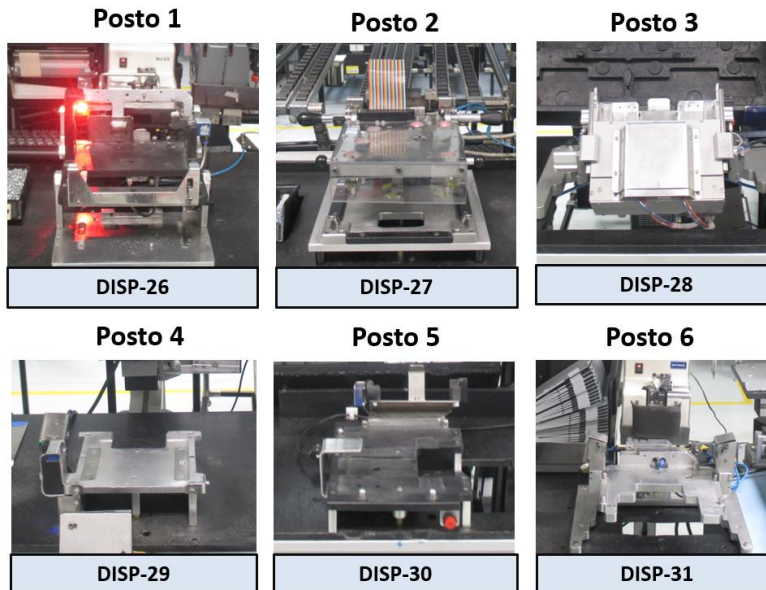


Figura 94 - Dispositivos dos modelos A1



ANEXO IV – TORRES DE ILUMINAÇÃO EXISTENTES NAS ÁREAS PRODUTIVAS

Neste anexo encontram-se os *layouts* de cada uma das áreas produtivas com as respetivas torres de iluminação existentes assinaladas com pontos a vermelho.

Os pontos vermelhos que se encontram rodeados com uma circunferência preta correspondem às torres que se pretende remover.

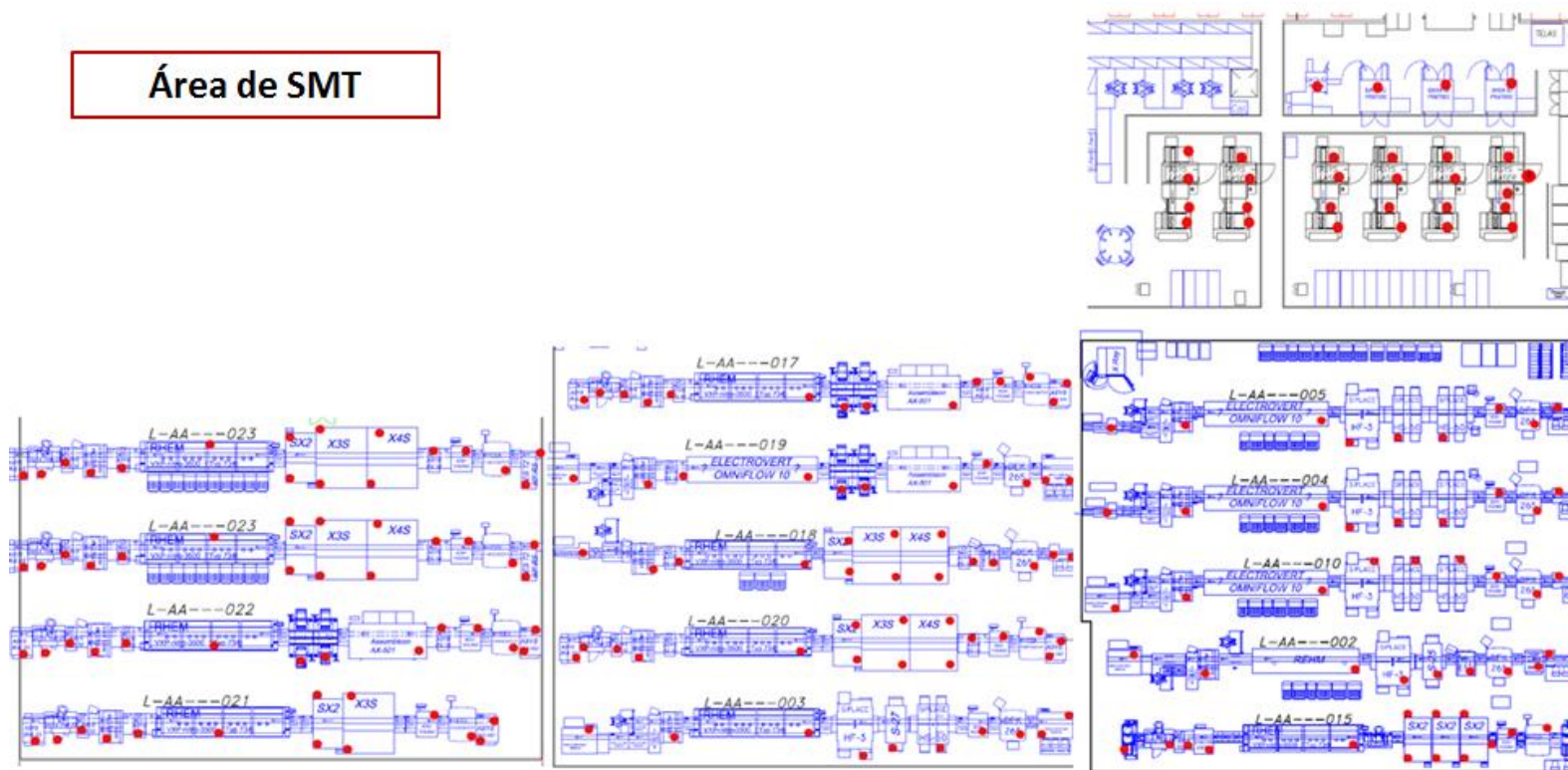


Figura 95 - Layout SMT

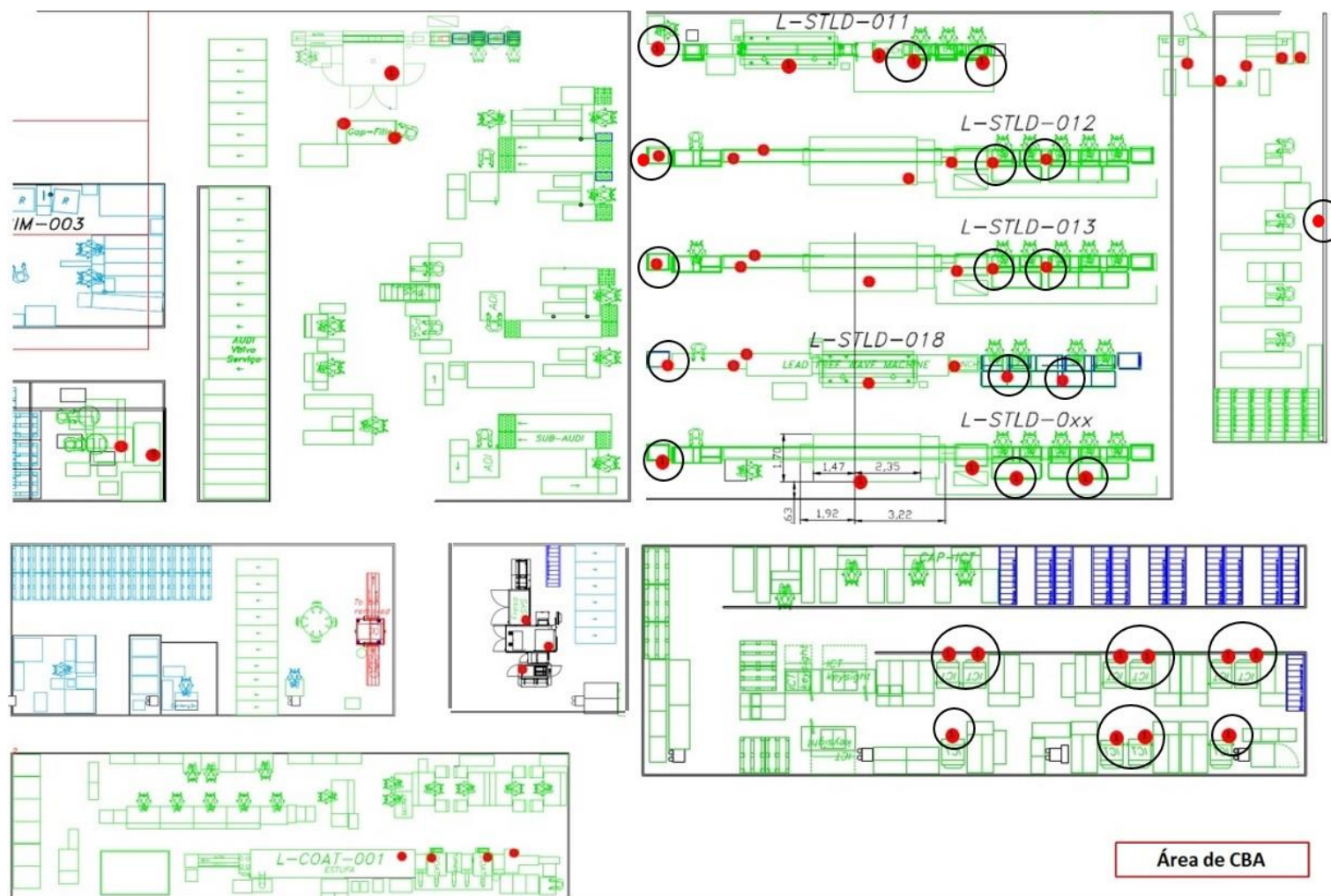


Figura 96 - Layout CBA



Figura 97 - Layout FA



ANEXO V – ESTUDO DE TEMPOS

O estudo de tempos é uma técnica que consiste em registar os tempos e outras condições de execução de uma determinada tarefa com o intuito de analisar os dados recolhidos e obter os tempos de execução a um nível de rendimento bem definido (Gomes & Arezes, 2003).

Quando se realiza um estudo de tempos a partir da cronometragem, existem constantemente variações nos tempos registados à mesma tarefa que podem ocorrer por diversas razões, por exemplo: ritmo do operador, da posição das peças em que se trabalha, posição das ferramentas, erros de cronometragem, entre outros (Gomes & Arezes, 2003). Com o objetivo de contrariar essas variações e garantir a fiabilidade do estudo realizado, é possível calcular o número mínimo de medições a fazer. Esse número pode ser obtido a partir da equação seguinte:

$$N' = \left(\frac{Z \times s}{\varepsilon \times m} \right)^2 \quad \text{Equação 14}$$

Onde,

Z = valor da tabela da distribuição normal;

s = desvio padrão da amostra;

ε = precisão;

m = média da amostra.

Sendo N o número de medições realizadas, o valor de N' deve ser sempre inferior ao N para que não seja necessário efetuar mais medições.

Para o estudo de tempos realizado, considerou-se um nível de confiança de 95% e um valor de precisão de $\pm 5\%$. Assim, para estas condições, tem-se o valor de $Z = 1,96$ e $\varepsilon = 0,05$.

Uma vez que o objetivo do estudo de tempos realizado era conhecer os tempos de ciclo de cada um dos modelos das duas linhas de montagem final, foram realizadas inicialmente 10 medições aos tempos de montagem de cada um dos postos de trabalho. Os postos de trabalho que correspondem a máquinas, como é o caso dos postos T1, T2, T3, T4 e P1, não fizeram parte deste estudo uma vez que se trata de tempos de máquina. Nas tabelas seguintes encontram-se os tempos que foram registados em cada posto de trabalho manual de cada modelo em estudo.



Tabela 45 - Registo de tempos do modelo A1 (em segundos)

Modelo A1										
Posto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PT1	22,23	18,20	20,99	19,07	20,75	22,53	22,34	22,55	19,28	21,60
PT2	23,79	22,11	24,26	21,82	20,98	21,65	19,75	19,35	20,50	20,45
PT3	20,57	18,75	17,74	19,45	19,32	20,32	20,00	20,43	20,50	22,90
PT4	20,92	19,96	19,8	18,98	16,8	18,07	17,81	20,68	17,99	16,92
PT5	20,16	21,87	20,15	21,73	20,60	21,77	21,83	20,31	20,88	21,92
PT6	23,91	25,20	20,71	20,82	22,72	21,58	23,92	21,80	23,68	21,50
L1	10,20	9,87	10,24	10,12	9,56	9,86	10,67	9,23	10,48	10,18
T5	24,37	23,89	20,22	22,37	20,73	22,38	24,98	21,54	22,45	23,14
E1	6,01	6,23	20,23	7,24	6,13	21,34	6,87	6,74	20,45	7,21

Tabela 46 - Registo de tempos do modelo B1 (em segundos)

Modelo B1										
Posto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PT1	15,66	17,69	16,74	18,40	16,67	16,22	16,90	16,34	17,57	17,10
PT2	17,29	17,99	16,47	16,78	18,82	18,27	16,57	17,01	17,23	18,23
PT3	15,22	15,95	15,09	16,86	16,94	17,75	16,62	19,20	18,17	16,47
PT4	18,19	17,78	17,06	18,24	18,20	18,70	17,28	18,09	17,96	17,63
PT5	19,26	20,57	18,95	18,86	20,88	17,17	17,37	17,97	18,26	19,58
PT6	16,85	16,04	15,28	16,54	18,36	16,77	16,56	17,56	15,01	14,67
L1	10,12	10,45	11,34	10,51	9,81	8,64	9,86	10,67	11,23	10,34
L2	15,17	18,73	18,01	17,76	16,89	15,26	16,17	16,45	15,87	17,89
T5	26,79	25,98	24,27	25,86	24,69	24,95	27,26	25,89	25,56	27,79
E1	12,52	14,11	12,00	12,79	13,74	32,00	12,57	13,11	12,45	12,32



Tabela 47 - Registo de tempos do modelo B3 (em segundos)

Modelo B3										
Posto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PT1	18,99	20,24	20,73	18,39	17,07	19,71	19,29	16,63	16,11	19,58
PT2	18,12	21,05	20,48	19,65	20,10	19,22	20,02	20,69	23,15	21,56
PT3	19,69	21,10	17,16	23,60	19,85	18,77	19,89	19,26	19,07	21,82
PT4	21,10	19,01	19,15	22,40	19,66	21,53	18,48	19,59	19,89	22,29
PT5	19,03	21,77	21,32	22,56	18,73	19,70	24,56	19,50	19,86	21,05
PT6	17,94	17,79	18,71	19,87	18,48	17,88	16,19	19,91	18,08	17,24
L1	11,25	11,67	10,87	9,45	10,84	9,26	9,46	10,03	10,21	9,89
L2	17,12	19,25	18,16	18,85	19,01	17,58	17,49	18,37	20,2	16,43
T5	22,37	20,65	20,2	21,56	21,7	20,2	23,25	19,03	20,24	21,47
E1	13,83	12,22	31,29	12,51	12,79	29,23	13,47	12,9	30,32	12,14

Tabela 48 - Registo de tempos do modelo C1 (em segundos)

Modelo C1										
Posto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PT1	18,98	18,68	19,25	19,94	20,06	20,32	18,88	19,46	19,23	19,02
PT2	18,35	18,58	17,97	17,37	17,23	17,86	20,36	17,02	17,52	17
PT3	17,27	17,93	17	19,46	18,62	18,38	17,02	17,43	17,26	16,89
PT4	20,02	19,64	19,25	18,35	17,98	18,75	18,23	18,77	17,23	17,04
PT5	15,01	17,85	17,96	16,21	15,98	18,93	16,54	17,02	15,63	18,69
PT6	19,02	18,34	18,82	17,69	17,91	17,22	18,02	17,94	17,59	17
L1	8,93	8,26	9,49	9,12	10,68	10,42	9,28	9,10	9,52	9,81
T5	20,32	19,04	21,23	20,84	20,42	21,02	20,64	21,38	20,04	19,94
E1	14,92	13,73	13,93	15,92	15,36	30,01	12,93	12,45	15,03	14,27

Realizadas as 10 medições iniciais a cada um dos postos de trabalho manual de todos os modelos das linhas, surge a necessidade de verificar se estas foram suficientes. Para tal, procedeu-se aos cálculos da média, do desvio padrão e, por fim, do N' para cada posto de trabalho.



Tabela 49 - Registo da média, do desvio padrão e do número de medições necessárias para o modelo A1

Modelo A1			
Posto	m (seg)	s (seg)	N'
PT1	20,95	1,52	2,84
PT2	21,47	1,53	2,79
PT3	20,00	1,29	2,53
PT4	18,79	1,42	8,75
PT5	21,12	0,73	1,36
PT6	22,58	1,45	2,52
L1	10,04	0,40	1,58
T5	22,61	1,45	6,36
E1	10,85	6,15	23,32

Tabela 50 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo B1

Modelo B1			
Posto	m (seg)	s (seg)	N'
PT1	16,93	0,76	1,76
PT2	17,47	0,77	1,72
PT3	16,83	1,22	2,84
PT4	17,91	0,46	1,01
PT5	18,89	1,18	5,99
PT6	16,36	1,09	6,81
L1	10,30	0,73	7,79
L2	16,82	1,17	7,45
T5	25,90	1,07	2,60
E1	14,76	5,78	15,35



Tabela 51 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo B3

Modelo B3			
Posto	m (seg)	s (seg)	N'
PT1	18,7	1,50	9,90
PT2	20,40	1,30	2,49
PT3	20,02	1,69	3,31
PT4	20,31	1,34	2,58
PT5	20,81	1,72	3,25
PT6	18,21	1,07	5,27
L1	10,29	0,78	2,99
L2	18,25	1,07	5,25
T5	21,07	1,17	2,18
E1	18,07	8,02	17,40

Tabela 52 - Registo da média, do desvio padrão, e do número de medições necessárias para o modelo C1

Modelo C1			
Posto	m (seg)	s (seg)	N'
PT1	19,38	0,52	1,06
PT2	17,93	0,96	2,09
PT3	17,73	0,81	1,78
PT4	18,53	0,92	1,94
PT5	17,00	1,26	8,49
PT6	17,96	0,61	1,33
L1	9,46	0,67	2,79
T5	20,49	0,66	1,61
E1	15,86	4,83	11,94

Como se pode observar pelas tabelas, o posto E1 é o único que possui o valor $N' > N$ para todos os modelos. Este valor deve-se ao facto de existirem picos na variação das medições realizadas no posto de embalagem (E1). Tal acontece porque o posto de embalagem tem como tarefa embalar os autorrádios em caixas de 3 ou 6 unidades, dependendo dos modelos, e, portanto, o último autorrádio a ser colocado na caixa, exige dois processos extra: a impressão e colocação da etiqueta final na caixa e



a troca da caixa cheia por uma vazia. Já os primeiros autorrádios a ser embalados apenas exigem a leitura, o embalamento num saco plástico (apenas para alguns modelos) e a colocação do produto final na caixa. Assim sendo, optou-se por não realizar mais medições uma vez que, a cada 3 ciclos (para caixas de 3 unidades) ou 6 ciclos (para caixas de 6 unidades), o tempo despendido ia ser maior por se fazer o embalamento final dos produtos e respetiva troca de caixa.

**ANEXO VI – TEMPOS DAS MÁQUINAS DE TESTE***Tabela 53 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo A1*

Modelo A1					
Iluminação (T1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	30	2	15	3	18
2	32	2	16	3	19
3	31	2	15,5	3	18,5
4	31	2	15,5	3	18,5
5	30	2	15	3	18
6	31	2	15,5	3	18,5
7	32	2	16	3	19
8	31	2	15,5	3	18,5
9	29	2	14,5	3	17,5
10	31	2	15,5	3	18,5
Média	31	2	15,5	3	18,5

Tabela 54 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo A1

Modelo A1					
Objetivo Elétrico (T2)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	283	13	21,8	2	23,8
2	279	13	21,5	2	23,5
3	281	13	21,6	2	23,6
4	278	13	21,4	2	23,4
5	285	13	21,9	2	23,9
6	290	13	22,3	2	24,3
7	279	13	21,5	2	23,5
8	281	13	21,6	2	23,6
9	280	13	21,5	2	23,5
10	282	13	21,7	2	23,7
Média	282	13	21,7	2	23,7



Tabela 55 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo A1

Modelo A1					
Subjetivo Elétrico (T3)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	29	2	14,5	2	16,5
2	28	2	14	2	16
3	30	2	15	2	17
4	32	2	16	2	18
5	28	2	14	2	16
6	29	2	14,5	2	16,5
7	29	2	14,5	2	16,5
8	30	2	15	2	17
9	30	2	15	2	17
10	31	2	15,5	2	17,5
Média	30	2	15	2	17

Tabela 56- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo A1

Modelo A1					
Programação (P1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	160	7	22,9	2	24,9
2	161	7	23	2	25
3	159	7	22,7	2	24,7
4	157	7	22,4	2	24,4
5	160	7	22,9	2	24,9
6	156	7	22,3	2	24,3
7	158	7	22,6	2	24,6
8	158	7	22,6	2	24,6
9	159	7	22,7	2	24,7
10	156	7	22,3	2	24,3
Média	158	7	22,6	2	24,6



Tabela 57 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo A1

Modelo A1					
AVI (T4)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	14,8	1	14,8	2	16,8
2	14,9	1	14,9	2	16,9
3	15	1	15	2	17
4	15	1	15	2	17
5	14,9	1	14,9	2	16,9
6	14,9	1	14,9	2	16,9
7	14,9	1	14,9	2	16,9
8	14,9	1	14,9	2	16,9
9	15	1	15	2	17
10	15	1	15	2	17
Média	15	1	15	2	17

Tabela 58 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo B1

Modelo B1					
Iluminação (T1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	30	2	15	3	18
2	31	2	15,5	3	18,5
3	31	2	15,5	3	18,5
4	32	2	16	3	19
5	29	2	14,5	3	17,5
6	28	2	14	3	17
7	29	2	14,5	3	17,5
8	28	2	14	3	17
9	30	2	15	3	18
10	30	2	15	3	18
Média	30	2	15	3	18



Tabela 59 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo B1

Modelo B1					
Objetivo Elétrico (T2)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	198	12	16,5	2	18,5
2	216	12	18	2	20
3	204	12	17	2	19
4	201	12	16,8	2	18,8
5	194	12	16,2	2	18,2
6	197	12	16,4	2	18,4
7	213	12	17,8	2	19,8
8	209	12	17,4	2	19,4
9	199	12	16,6	2	18,6
10	210	12	17,5	2	19,5
Média	204	12	17	2	19

Tabela 60 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo B1

Modelo B1					
Subjetivo Elétrico (T3)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	27	2	13,5	2	15,5
2	27	2	13,5	2	15,5
3	29	2	14,5	2	16,2
4	30	2	15	2	17
5	28	2	14	2	16
6	29	2	14,5	2	16,5
7	27	2	13,5	2	15,5
8	28	2	14	2	16
9	28	2	14	2	16
10	27	2	13,5	2	15,5
Média	28	2	14	2	16



Tabela 61- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo B1

Modelo B1					
Programação (P1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	97	6	16,2	2	18,2
2	102	6	17	2	19
3	108	6	18	2	20
4	99	6	16,5	2	18,5
5	96	6	16	2	18
6	110	6	18,3	2	20,3
7	104	6	17,3	2	19,3
8	100	6	16,7	2	18,7
9	99	6	16,5	2	18,5
10	96	6	16	2	18
Média	101	6	16,8	2	18,8

Tabela 62 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo B1

Modelo B1					
AVI (T4)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	12,7	1	12,7	2	14,7
2	13	1	13	2	15
3	12,8	1	12,8	2	14,8
4	12,8	1	12,8	2	14,8
5	12,7	1	12,7	2	14,7
6	12,9	1	12,9	2	14,9
7	12,8	1	12,8	2	14,8
8	12,8	1	12,8	2	14,8
9	12,8	1	12,8	2	14,8
10	13	1	13	2	15
Média	12,8	1	12,8	2	14,8



Tabela 63 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo B3

Modelo B3					
Iluminação (T1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	31	2	15,5	3	18,5
2	31	2	15,5	3	18,5
3	30	2	15	3	18
4	29	2	14,5	3	17,5
5	28	2	14	3	17
6	29	2	14,5	3	17,5
7	29	2	14,5	3	17,5
8	30	2	15	3	18
9	29	2	14,5	3	17,5
10	30	2	15	3	18
Média	30	2	15	3	18

Tabela 64 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo B3

Modelo B3					
Objetivo Elétrico (T2)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	214	12	17,8	2	19,8
2	223	12	18,6	2	20,6
3	225	12	18,8	2	20,8
4	215	12	17,9	2	19,9
5	224	12	18,7	2	20,7
6	219	12	18,3	2	20,3
7	221	12	18,4	2	20,4
8	215	12	17,9	2	19,9
9	219	12	18,3	2	20,3
10	224	12	18,7	2	20,7
Média	220	12	18,3	2	20,3



Tabela 65 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo B3

Modelo B3					
Subjetivo Elétrico (T3)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	27	2	13,5	2	15,5
2	26	2	13	2	15
3	28	2	14	2	16
4	27	2	13,5	2	15,5
5	27	2	13,5	2	15,5
6	26	2	13	2	15
7	29	2	14,5	2	16,5
8	28	2	14	2	16
9	27	2	13,5	2	15,5
10	26	2	13	2	15
Média	27	2	13,5	2	15,5

Tabela 66- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo B3

Modelo B3					
Programação (P1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	109	6	18,2	2	20,2
2	118	6	19,7	2	21,7
3	120	6	20	2	22
4	113	6	18,8	2	20,8
5	110	6	18,3	2	20,3
6	113	6	18,8	2	20,8
7	121	6	20,2	2	22,2
8	112	6	18,7	2	20,7
9	114	6	19	2	21
10	123	6	20,5	2	22,5
Média	115	6	19,2	2	21,2



Tabela 67 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo B3

Modelo B3					
AVI (T4)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	12,2	1	12,2	2	14,2
2	12	1	12	2	14
3	11,9	1	11,9	2	13,9
4	12	1	12	2	14
5	12,1	1	12,1	2	14,1
6	12,1	1	12,1	2	14,1
7	12,2	1	12,2	2	14,2
8	12	1	12	2	14
9	12	1	12	2	14
10	11,9	1	11,9	2	13,9
Média	12	1	12	2	14

Tabela 68 - Tempo de ciclo do teste T1 para o modelo C1

Modelo C1					
Iluminação (T1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	25	2	12,5	3	15,5
2	25	2	12,5	3	15,5
3	26	2	13	3	16
4	24	2	12	3	15
5	23	2	11,5	3	14,5
6	23	2	11,5	3	14,5
7	25	2	12,5	3	15,5
8	24	2	12	3	15
9	25	2	12,5	3	15,5
10	25	2	12,5	3	15,5
Média	25	2	12,5	3	15,5



Tabela 69 - Tempo de ciclo do teste T2 para o modelo C1

Modelo C1					
Objetivo Elétrico (T2)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	208	12	17,3	2	19,3
2	212	12	17,7	2	19,7
3	214	12	17,8	2	19,8
4	210	12	17,5	2	19,5
5	217	12	18,1	2	20,1
6	200	12	16,7	2	18,7
7	197	12	16,4	2	18,4
8	213	12	17,8	2	19,8
9	210	12	17,5	2	19,5
10	215	12	17,9	2	19,9
Média	210	12	17,5	2	19,5

Tabela 70 - Tempo de ciclo do teste T3 para o modelo C1

Modelo C1					
Subjetivo Elétrico (T3)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	20	2	10	2	12
2	18	2	9	2	11
3	18	2	9	2	11
4	20	2	10	2	12
5	21	2	10,5	2	12,5
6	21	2	10,5	2	12,5
7	19	2	9,5	2	11,5
8	19	2	9,5	2	11,5
9	20	2	10	2	12
10	20	2	10	2	12
Média	20	2	10	2	12



Tabela 71- Tempo de ciclo do teste P1 para o modelo C1

Modelo C1					
Programação (P1)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	108	6	18	2	20
2	109	6	18,2	2	20,2
3	112	6	18,7	2	20,7
4	110	6	18,3	2	20,3
5	109	6	18,2	2	20,2
6	102	6	17	2	19
7	99	6	16,5	2	18,5
8	100	6	16,7	2	18,7
9	103	6	17,2	2	18,2
10	98	6	16,3	2	18,3
Média	105	6	17,5	2	19,5

Tabela 72 - Tempo de ciclo do teste T4 para o modelo C1

Modelo C1					
AVI (T4)					
Contagens	Tempo de teste (seg.)	Nº. máquinas	TC (seg.)	Handling (seg.)	TC+Handling (seg.)
1	12,8	1	12,8	2	14,8
2	12,9	1	12,9	2	14,9
3	12,9	1	12,9	2	14,9
4	13	1	13	2	15
5	13	1	13	2	15
6	12,8	1	12,8	2	14,8
7	13,1	1	13,1	2	15,1
8	13,2	1	13,2	2	15,2
9	13	1	13	2	15
10	13	1	13	2	15
Média	13	1	13	2	15



ANEXO VII – CÁLCULOS DA CAPACIDADE PRODUTIVA

Linha 1:

$$\text{Cap. Instalada (seg.)} = 86\,400$$

$$\text{Cap. Disponível (seg.)} = \text{Tempo do turno} \times \text{Número de turnos} = 28\,800 \times 2 = 57\,600$$

$$\text{Cap. Efetiva (seg.)} = \text{Capacidade Disponível} - \text{Paragens Planeadas} = 61\,200 - 5\,760 = 55\,440$$

$$\text{Cap. Realizada (seg.)} = \text{Capacidade Efetiva} \times \text{OE} = 55\,440 \times 0,981 = 54\,387$$

$$\text{Cap. Esperada (seg.)} = \text{TC do produto} \times \text{Volume de produção} = 24,6 \times 1\,659 = 40\,811$$

$$\text{Utilização (\%)} = \frac{\text{Capacidade Esperada}}{\text{Capacidade Realizada}} \times 100 = \frac{40\,811}{54\,387} \times 100 = 75,04\%$$

Linha 2:

$$\text{Cap. Instalada (seg.)} = 86\,400$$

$$\text{Cap. Disponível (seg.)} = \text{Tempo do turno} \times \text{Número de turnos} = 28\,800 \times 2 = 57\,600$$

$$\text{Cap. Efetiva (seg.)} = \text{Capacidade Disponível} - \text{Paragens Planeadas} = 61\,200 - 5\,760 = 55\,440$$

$$\text{Cap. Realizada (seg.)} = \text{Capacidade Efetiva} \times \text{OE} = 55\,440 \times 0,973 = 53\,943$$

$$\text{Cap. Esperada (seg.)} = \text{TC do produto} \times \text{Volume de produção} = 25,9 \times 1\,756 = 45\,480$$

$$\text{Utilização (\%)} = \frac{\text{Capacidade Esperada}}{\text{Capacidade Realizada}} \times 100 = \frac{45\,480}{53\,943} \times 100 = 84,31\%$$









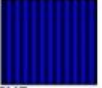

ANEXO VIII – STANDARD DAS TORRES DE ILUMINAÇÃO DA APTIV

• APTIV • Light Tower Specification

A Light Tower is used as a machine-monitoring device not a process monitor. A separate Andon system is recommended for that application.

All equipment acquired by Delphi requiring a light tower must indicate operational status according to the following table. The red, yellow, and green lights will be required. In addition, equipment capable of rejecting parts may use an optional blue light to indicate quality status. White light is optional for other equipment specific items. If the machine requires an audible alarm, it shall be mounted to the TOP of the stack. Light Tower stacks shall be mounted at a nominal height of 7 feet from the floor or work surface to the bottom of the lowest light whenever possible. Light Flashing duration shall be 1/2 second on, 1/2 second off. Lights shall be programmed to cycle all tower lights ON then OFF upon power up as a visual bulb check. The order of the lights shall be positioned as shown.

Usage		State		Light Tower Condition	
Operational Availability Lights REQUIRED	There is no condition where the Red & Green can be both be ON. Other combinations may exist indicating additional machine status information.	Emergency Stop Emergency Stop Circuit has been tripped.	Light On	Audible Alarm Should be mounted on the TOP of the stack lights. Indicates warning of machine movement. Indicates need for immediate attention.	
		Blocked Machine is ready to run, however: • Cannot release completed part to next operation at end of cycle	Light Flashing	Operator Attention Required Machine cannot run due to: • Machine fault	
		Machine Running Machine is running, building product: • All parameters within specified range, etc. • Making Money!	Light Flashing	Operator Attention Required • Feed material is low (Waiting for parts/material replenishment) • Machine statistical alarm Machine Idle Machine is ready to run, however: • Starved due to upstream process • Waiting for operator to load/unload product	
				Color	
					
					

Quality Optional	As Needed	Quality or Reject Level Alert	Operator Attention Required	
		<ul style="list-style-type: none"> A predetermined reject or quality parameter level has occurred. 	<ul style="list-style-type: none"> A part reject has occurred. 	BLUE
Additional Optional	Independent	Application Specific	Application Specific	
		<ul style="list-style-type: none"> User Defined 	<ul style="list-style-type: none"> Alert Technician or Maintenance 	WHITE

REQUIREMENTS FOR DESCRIPTION FLAGS:

In order to assist in readily identifying light assignments, description flags with the appropriate descriptions shall be installed with the light towers. All attempts should be made to adhere to this specification. A standard approach to light tower identification will help all personnel associated with the equipment gain a comfort level in immediately identifying the status of any light tower equipped machine within Delphi.

EXAMPLES OF LIGHT STATUS SEQUENCING:

There are so many variations in machine status and type it would be an impossibility to list them all. However, a few examples are provided to help clarify the difference in light tower assignments.

- 1) An inline system is waiting for product to be delivered from an upstream machine, it has one part in process and will send to a machine that is full. What does the Light Tower indicate?
ANSWER: GREEN Light Flashing and YELLOW Light ON Solid.
- 2) A Semi Automatic Glue Dispense Cell machine is running low on glue, the operator started the machine and went to the next station. What will be the Light Tower indication at the end of the cycle?
ANSWER: YELLOW Light is Flashing and GREEN Light is Flashing.
- 3) A Semi Automatic machine is the first machine of an inline process. The operator loads a part then hits a wobble stick to process. What does the Light Tower indicate while waiting to be loaded then after initiation?
ANSWER: GREEN Light is Flashing then goes to GREEN Light ON Solid until another part is needed at load station.

Figura 98 - Standard das torres de iluminação



ANEXO IX – INTERPRETAÇÃO DAS TORRES DE ILUMINAÇÃO

Tabela 73 - Significado dos alertas das torres de iluminação do edifício 1

Location	Machine	Qty.	Light Tower Type	Light Tower Interpretation	Action Required
SMT	Máquinas de programação	5	1	Red: Operation is stopped due to major error or operator action. Yellow/Red (alternating): Operation is stopped due to error or operator action. Yellow: Operation is stopped intentionally. Yellow/Green (alternating): Running below optimum or job is ended. Green: Running normally.	Red: Call maintenance. Tools and troubleshooting skills will be required to resolve issues. Yellow/Red (alternating): Operator should consult the monitor. Correction may be through Handler Computer Software or through minor hardware adjustment. Yellow: Operator should consult the monitor. Operator intervention is mandatory. Yellow/Green (alternating): Operator should consult the monitor. Operator intervention is suggested. Green: No operator action needed.
SMT	Máquinas de Laser 1	5	6	Branco: Alarm; Failure; Error. Blue: Maintenance mode; Manual mode. Green: Automatic mode; Running normally.	
SMT	Máquinas de Laser 2	1	1	Red: Emergency stop. Yellow: Special mode. Set-up mode; maintenance and cleaning, correcting problems using tools, and machine repairs. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	
SMT	Monitores das rejeições	14	3	Red: Rejections occurred. Green: Assembly line is running normally without rejections.	Red: Operator should check the system to identify the machine that caused the rejections. If the operator can't resolve the problem, then call for maintenance. Green: No operator action needed.
SMT	Loaders (1) das linhas de SMT	5	1	Red Flashing: Machine error. The buzzer (if installed) will sound intermittently. The machine will automatically switch to Stop mode. The STOP indicator will flicker. Red On: Machine in STOP mode. Yellow Flashing: Indicating no standby magazine on the Inlet Conveyor. Yellow On: Machine in MANUAL mode. Green On: Machine in AUTO mode.	Red Flashing: Operator should correct the error and reset the machine by depressing the STOP membrane switch. If operator can't do it, call for maintenance. Yellow Flashing: Operator must feed the machine the arrays with PCB. Green On: No operator action needed.
SMT	Unloaders (1) das linhas de SMT	3	1	Red Flashing: Machine error. The buzzer (if installed) will sound intermittently. The machine will automatically switch to Stop mode. The STOP indicator will flicker. Red On: Machine in STOP mode. Yellow Flashing: Indicating no standby magazine on the Inlet Conveyor. Yellow On: Machine in MANUAL mode. Green On: Machine in AUTO mode.	Red Flashing: Operator should correct the error and reset the machine by depressing the STOP membrane switch. If operator can't do it, call for maintenance. Yellow Flashing: Operator must feed the machine the arrays with PCB. Green On: No operator action needed.
SMT	Conveyors de inspeção das linhas de SMT	7	4	Yellow On/Flashing: A PCB defect was detected. Green: Running normally.	Yellow On/Flashing: The operator must remove the PCB immediately and inspect it. Green: No operator action needed.



SMT	Máquinas (1) de colocação de pasta	14	1	Red: Machine is not operational. Yellow: Machine is not in a ready state. Yellow/Green (alternating): Machine requires operator attention. Green: Machine is operational.	Red: Check the system to identify the error and correct it. If the problem can't be solved by the operator, he has to call for maintenance. Yellow: The operator should wait for the machine to be ready to produce. Yellow/Green (alternating): Check the warning message in the system and correct the error. If the machine need to be fed the operator must call the person responsible to do that. Green: No operator action needed.
SMT	Loaders (2) das linhas de SMT	3	1	Red Flashing: Malfunction occurred. Red On: All functions have stopped; Arrays are missing or full. Yellow On: Initialization with setting; Reset product memory configuration. Green On: Initialization with setting; Automatic mode. Green Flashing: Early warning threshold reached.	Red Flashing: Transportation fault: optimize orientation of transport system. Hood open: Close cover. Mechanical system jammed: check and remove blockage, if required. Motor fuse defect: check and replace, if required. PCB jammed at transfer: possibly orient downstream system more advantageously. Conveyor belt does not run: Increase transfer speed in program memory. Lift is jammed: Check lift mechanically for free movement. Red On: Check the problem and correct it.
SMT	Unloaders (2) das linhas de SMT	4	3	Red Flashing: Malfunction occurred. Red On: All functions have stopped; Arrays are missing or full. Green On: Initialization with setting; Automatic mode. Green Flashing: Early warning threshold reached.	Red Flashing: Transportation fault: optimize orientation of transport system. Hood open: Close cover. Mechanical system jammed: check and remove blockage, if required. Motor fuse defect: check and replace, if required. PCB jammed at transfer: possibly orient downstream system more advantageously. Conveyor belt does not run: Increase transfer speed in program memory. Lift is jammed: Check lift mechanically for free movement. Red On: Check the problem and correct it.
SMT	Máquinas (2) de colocação de pasta	1	8	Red Flashing: Operator attention is needed (such as an optional Loader or Unloader needs service, or a syringe needs to be changed). This light can be on with the amber or green lights. Yellow Flashing: This light flash when the safety door is open and whenever there is a red screen type error displayed. Green Flashing: Machine is ready to run. Green On: Machine is running automatically. This light will not turn on if the yellow light is on.	Red Flashing: Operator attention is needed. Operator should check the screen to identify and correct the error. If the error has no resolution, operator must call for maintenance. Yellow Flashing: Operator must close the door or check the screen to identify and correct the error. Green Flashing: No operator action needed.
CBA	Torres das linhas de <i>sticklead</i>	15	1	Red: Work station is stopped. Yellow On: An error occurred. Yellow Green: Running normally.	
CBA	Máquina de soldadura seletiva	1	1	Red: E-Stop active. Yellow On: Overload (outfeed full). Machine will block. Yellow Flashing: Critical alarm. Machine will block. Green: Running normally. Green Flashing: Machine not at setpoint, machine stop.	Red: Operator should check the system to see if the error has a resolution. If not, call for maintenance. Yellow On/Flashing: Operator should check the system looking to "Alarm and View" to identify the error and correct him. Green: No operator action needed. Green Flashing: Operator should wait for the machine to be in the required setpoint so the production can start.
CBA	Máquina de soldadura 1	3	1	Red: E-Stop active. Yellow On: Overload (outfeed full). Machine will block. Yellow Flashing: Critical alarm. Machine will block. Green: Running normally. Green Flashing: Machine not at setpoint, machine stop.	Red: Operator should check the system to see if the error has a resolution. If not, call for maintenance. Yellow On/Flashing: If the problem is overload, the operator should take off the PCB'. If not, the operator should check the system clicking in "Alarm" to identify the error and correct him. Green: No operator action needed. Green Flashing: Operator should wait for the machine to be in the required setpoint so the production can start.



CBA	Máquina de soldadura 2	2	1	Red: E-Stop active. Yellow On: Overload (outfeed full). Machine will block. Yellow Flashing: Critical alarm. Machine will block. Green: Running normally. Green Flashing: Machine not at setpoint, machine stop.	Red: Operator should check the system to see if the error has a resolution. If not, call for maintenance. Yellow On/Flashing: If the problem is overload, the operator should take off the PCB'. If not, the operator should check the system clicking in "Blocking Status" to identify the error and correct him. Green: No operator action needed. Green Flashing: Operator should wait for the machine to be in the required setpoint so the production can start.
CBA	Fresa 1	1	1	Red: All functions have stopped, system is receiving a fatal error message. Yellow: The system is receiving a warning message. Green: TR5200 is in production mode.	Red: System is in need of immediate operator attention. Operator should check the system to see if the error has a resolution. If not, call for maintenance. Yellow: Operator should check the alert message from the system to identify the error and correct him. If the bit is in end of life, the operator should replace the bit. Green: No operator action needed.
CBA	Máquina de Coating	1	11	Red On: Emergency stop condition. Red Flashing: Exhaust failure. Loss of power to machine. Software driven error message is displayed on the computer monitor. Yellow: Door is open (interlock activated). Green: The system is fully operational with the door closed. Blue: When low fluid is detected.	Red On/Red Flashing: Check the system to see if it is possible to correct the error. If not, tools and troubleshooting skills will be required to resolve issues and the operator should call for maintenance. Yellow: Operator should close the door. Green: No operator action needed. Blue: Feed the machine with material.
CBA	Loader da máquina de colocação de pinos	1	2	White: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	White: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
CBA	Máquina de colocação de pinos	1	1	Red: All functions have stopped. Yellow: The system is receiving a warning message. Green: Running normally.	Red: Operator should check the system to see if the problem has a resolution. If not, call for maintenance. Yellow: Check the warning message on the computer monitor and correct the error. Green: No operator action needed.
CBA	Alimentador da máquina de colocação de pinos	1	4	Yellow: Low material is detected. Green: Running normally.	Yellow: Operator should feed the machine. Green: No operator action needed.
FA	Máquinas de Screening	3	10	White: An error occurred. Red: Emergency stop condition. Yellow: In test. Green: Running normally.	White: Operator should check the system to identify and correct the error. If the error persists, call for maintenance. Red: Operator should call for maintenance. Yellow: Wait for the test to finish. Green: No operator action needed.
FA	Gap-Filler 1	5	1	Red: E-Stop activated; Low fluid is detected. Red Flashing: If automatic operating mode is active and operation is stopped due to an error. Yellow: Lights up if operating mode is manual. Green On: If operating mode automatic is active and no error is present. Green Flashing: If conditions are met to start operating mode automatic but operating mode is not started.	Red: The operator should stop and feed the machine immediately. Operator should check the computer monitor and correct the error or defect. Green: No operator action needed.
FA	Gap-Filler 2	2	1	Red: E-Stop activated; Low fluid is detected. Red Flashing: If automatic operating mode is active and operation is stopped due to an error. Yellow: Lights up if operating mode is manual. Green On: If operating mode automatic is active and no error is	Red: The operator should stop and feed the machine immediately. Operator should check the computer monitor and correct the error or defect. Green: No operator action needed.



				present. Green Flashing: If conditions are met to start operating mode automatic but operating mode is not started.	
FA	Alimentador <i>Gap-Filler 1</i>	1	9	Red: Low fluid detected.	Red: The operator should stop immediately and change the buckets. Yellow: Operator should change the buckets.
FA	Alimentador <i>Gap-Filler 2</i>	7	12	Red: Low fluid detected. Yellow: Low fluid warning.	Red: The operator should stop immediately and change the buckets. Yellow: Operator should change the buckets.
SMT	Máquinas (1) de <i>Pick&Place</i>	3	6	Blue: Emergency activated / machine stopped /idle state. White: Request for operator interference, caused by faulty conditions. Green: Safe running mode. Beeper: Request for operator interference.	Blue: Call for maintenance. White On: Check the system to identify the error and correct it. If the operator can't correct the problem, he must call for maintenance. Green On: No operator action needed.
SMT	Máquina 1 de inspeção de pasta	12	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Error; Corrective process. Green On: Running normally.	Red: Check if the doors are closed and if the emergency button is not activated. Then, press the white button to restart the electric components and the power axes X-Y. If the problem is not solved, call for maintenance. Yellow: Check the warning message displayed and confirm the error by clicking in "Apply" and then correct it.
SMT	Máquina 2 de inspeção de pasta	2	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Error; Corrective process. Green On: Running normally.	Red: Check if the doors are closed and if the emergency button is not activated. Then, press the white button to restart the electric components and the power axes X-Y. If the problem is not solved, call for maintenance. Yellow: Check the warning message displayed and confirm the error by clicking in "Apply" and then correct it.
SMT	<i>Buffers</i>	15	2	White Flashing: Buffer almost full. White On: Buffer is full. Green: Running normally.	White Flashing/White On: Check what is causing the full buffering and correct it (see the warning message displayed) Click in manual mode button and unload/load the PCB. Green: No operator action needed.
SMT	Estufas de SMT	14	1	Red: Emergency stop condition. Collective fault. Operator attention required. Yellow: Oven on but not ready for work. Operator attention required. Green: Ready for work.	Red: Call for maintenance. Yellow: Check the system to identify the problem and correct it. Green: No operator action needed.
SMT	Máquinas (3) de <i>Pick &Place</i>	6	6	Blue: Emergency stop. White Flashing: Waiting for PCB. White On: Special mode. Green On: Normal mode, all functions and tasks for which the machine has been designed are executed automatically. Green Flashing: Running normally but waiting for PCB to initialize the process.	Blue: Call for maintenance. White Flashing: Check if there's jammed PCB's; Check if there's PCB in the loader. White On: Check the system to identify the error and correct it. If the operator can't correct the problem, he has to call for maintenance. Green On: No operator action needed. Green Flashing: Check if there's jammed PCB's; Check if there's PCB in the loader.
SMT	Máquinas (2) de <i>Pick &Place</i>	30	2 or 5	White Flashing: Waiting for PCB. White On: Special mode. Green On: Normal mode, all functions and tasks for which the machine has been designed are executed automatically. Green Flashing: Running normally but waiting for PCB to initialize the process.	White Flashing: Check if there's jammed PCB's; Check if there's PCB in the loader. White On: Check the system to identify the error and correct it. If the operator can't correct the problem, he has to call for maintenance. Green On: No operator action needed. Green Flashing: Check if there's jammed PCB's; Check if there's PCB in the loader.



SMT	Loaders (1) das máquinas de laser	3	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	Red: Check the warning message displayed and correct the error. If the operator can't solve the problem, call for maintenance. Yellow: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
SMT	Loaders (2) das máquinas de laser	3	2	White: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	White: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
SMT	Unloaders (1) das máquinas de laser	3	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	Red: Check the warning message displayed and correct the error. If the operator can't solve the problem, call for maintenance. Yellow: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
SMT	Unloaders (2) das máquinas de laser	3	2	White: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	White: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
SMT	Flipper (1) das máquinas de laser	3	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	Red: Check the warning message displayed and correct the error. If the operator can't solve the problem, call for maintenance. Yellow: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
SMT	Flipper (2) das máquinas de laser	3	2	White: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and removal of faults with tools as well as the repair of the device. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	White: Check the error message displayed and correct the error. Green: No operator action needed.
CBA	Máquina inspeção de coating	1	1	Red On: A system error is present. Refer to 2.9.2 - Emergency Shutdown Recovery for recovery information. Yellow: The system is idle. Green: The system is in operation and processing material. Yellow/Green (alternating): The system is in start mode and waiting to successfully process the first substrate.	Red On/Red Flashing: Check the system to see if is possible to correct the error. If not, tools and troubleshooting skills will be required to resolve issues and the operator should call for maintenance. Yellow: Operator should close the door. Green: No operator action needed. Blue: Feed the machine with material.



CBA	Fresa 2	1	1	Red: Emergency stop condition. Yellow: Set-up operating mode; Device maintenance and cleaning and correcting problems using tools, and machine repairs. Green: All functions and tasks for which the device was designed are performed automatically. Also included in the normal mode is the removal of faults, e.g. jammed PCB's from areas of the device which are accessible via doors or covers without the usage of tools.	
CBA	Fresa 3	1	1	Red: Error mode. Yellow: Service mode. Green: Automatic mode.	Red: Check and eliminate the reason for the emergency stop. Unlock E-stop, the press release button. Then restart the machine. Yellow: Check the error message displayed by pressing the "Enter" key on the control panel and correct the error. Green: No operator action needed.
CBA	Linhas de <i>sticklead</i>	5	9	Red: Conveyor overload.	Red: Operator must remove the soldering pallets.
CBA	Máquinas de <i>Clinch</i>	5	1	Red: Error mode. Yellow: Standby/ Manual mode. Green: Automatic mode.	Red: Check and eliminate the reason for the emergency stop. Restart the machine. Yellow: Check the error message displayed. Green: No operator action needed.
Total		219			

**ANEXO X – PLANO DE AÇÕES PARA AS TORRES DE ILUMINAÇÃO QUE NÃO CUMPREM O STANDARD DA ÁPTIV**

Tabela 74 - Plano de ações para as torres de iluminação

What	Why	Where	Who	When	How?	How much?
Substituir as torres de iluminação fundidas	Ausência de alerta luminoso	- Máquina (2) de colocação de pasta - <i>Loader</i> da máquina de colocação de pinos - MILL 004 fresa velha - <i>Clinch</i> fiat	Equipa de manutenção	Dez/18 a Jan/18	Substituir as torres de iluminação fundidas	240€
Remover as torres de iluminação	Estão desativadas e são desnecessárias	- Torres das linhas de <i>sticklead</i> - o set 002 - I-st-ld-02 - ICT - Máquinas teste FT	Equipa de manutenção	Jan/18 a Feb/18	Remover as torres de iluminação	-
Substituir luz azul por amarela	Significado da cor azul não está de acordo com o <i>standard</i>	- Máquinas (1) de <i>pick&place</i> - Máquinas (2) de <i>pick&place</i> - Máquinas de laser 1	Miriam Oliveira	Fev/18 a Mar/18	Fazer encomenda e substituir as luzes	301€
Substituir luz azul por branca	Significado da cor azul não está de acordo com o <i>standard</i>	- Máquinas de <i>coating</i> - Máquinas de inspeção do <i>coating</i>	Miriam Oliveira	Fev/18 a Mar/18	Fazer encomenda e substituir as luzes	120€
Substituir luz branca por luz vermelha	Uma vez que a luz azul será substituída por amarela, o objetivo será também substituir a luz branca por uma vermelha para se obter uma torre do tipo 1 removendo as torres do tipo 6	- Máquinas (1) de <i>pick&place</i> - Máquinas (2) de <i>pick&place</i> - Máquinas de laser 1	Miriam Oliveira	Fev/18 a Mar/18	Fazer encomenda e substituir as luzes	264€
Substituir luz vermelha por uma branca	Significado da cor vermelha não está de acordo com o <i>standard</i>	- <i>Loaders</i> (2) de SMT - <i>Unloaders</i> (2) de SMT - <i>Unload</i> mill fresa	Miriam Oliveira	Fev/18 a Mar/18	Fazer encomenda e substituir as luzes	282€
Alterar configuração da torre de modo a que seja a cor amarela a dar o alerta de falta de material ao invés da vermelha	Significado da cor vermelha não está de acordo com o <i>standard</i>	- Todos os <i>gap-fillers</i>	Daniela Pereira	Mar/18 a Mai/18	Contactar fornecedor	Em falta
Custo total						1.207,13€




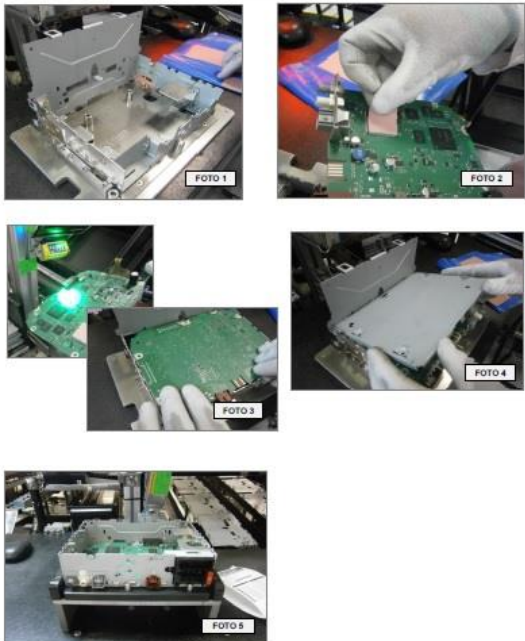
ANEXO XI – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO MODELO B1

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 06-03-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 06-03-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: <u>Modelo B1</u>		<p>Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE</p>						
Lugar: <u>1</u>								
Ref. Doc.: _____								
Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>								
								
Ordem de Trabalho	Passo ID	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Moto	Manual Work	Reach Time	Walk Time
1		Pega no chassi e coloca no dispositivo (FOTO 1)			2	1,2		
2		Pega no GAP PAD e coloca no IC (FOTO 2)			4	2,4		
3		Fazer leitura da placa principal e colocar no chassi (FOTO 3)			10	6,0		
4		Pega na tampa inferior e coloca no aparelho (FOTO 4)			7	4,2		
5		Coloca o aparelho para o posto seguinte conforme a fotografia (FOTO 5)			2	1,2		
<div style="border: 1px solid black; background-color: yellow; padding: 5px; text-align: center;"> <p>ATENÇÃO:</p> <p>PROIBIDO COLOCAR MAIS DO QUE UM, PODEMOS DANIFICAR O PRODUTO.</p> <p>COLOCAR SOMENTE UM APARELHO ENTRE POSTOS NA</p> </div>								
Total					25	15		
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:				
Data: 06-03-2018		Data: 07-03-2018		Data: 07-03-2018				
Função: IE		Função: Operations		Função: Operations				
Nome: Milam Oliveira		Nome: Ernasto Oliveira		Nome: Ernasto Oliveira				



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

Figura 99 - Instrução do PT1 do modelo B1



APTIV ELECTRONICS & SAFETY

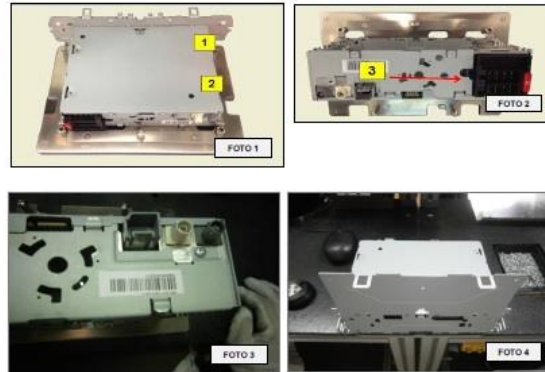
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 06-03-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 06-03-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Modelo B1
 Lugar: 2
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Job Step / Etapa	Seq ID	Element			Element Time			
		Mão Esquerda	Antes Mão	Mão Direita	Min	Max	Min	Max
1		Pega no aparelho do posto anterior e coloca no dispositivo			2		1,2	
2		Aparafusa 2x na tampa inferior (FOTO 1)			10		6,0	
3		Roda o aparelho 90° (FOTO 2)			2		1,2	
4		Aparafusa 1x na caixa de ligação (FOTO 2)			5		3,0	
5		Pega e coloca a etiqueta intermédia (FOTO 3)			2		1,2	
6		Coloca aparelho para o posto seguinte (FOTO 4)			2		1,2	
Total:					23		13,8	



Date:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
06-03-2018			07-03-2018
Função:	E		Operadora
Nome:	Miriam Oliveira		Ernesto Oliveira

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

Figura 100 - Instrução do PT2 do modelo B1



APTIV ELECTRONICS & SAFETY

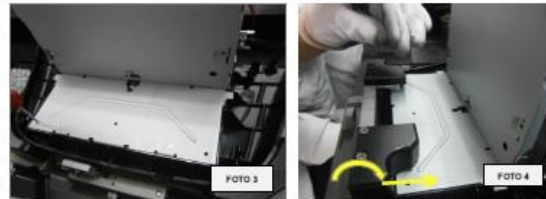
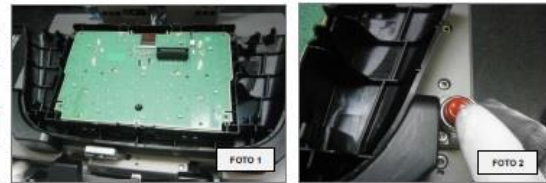
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 08-03-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 08-03-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Modelo B1
 Lugar: 3
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Item	Item ID	Elemento	Element Time			
			Min	Max	Work	Wait
		Mão: Esquerda Mão: Direita				
1		Pega na bienda e coloca no dispositivo (FOTO 1)	2	1,2		
2		Pressiona o botão vermelho para efetuar o teste de visão (FOTO 2)	2	1,2		
3		Pega no aparelho do posto anterior e encaixa na bienda (FOTO 3)	5	3,0		
4		Fecha dispositivo e abre (FOTO 4)	5	3,0		
5		Insera a Bullet (FOTO 5)	4	2,4		
6		Coloca o aparelho para o posto seguinte	2	1,2		
Total			20	12		



Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 08-03-2018
 Função: IE
 Nome: Miriam Oliveira

Figura 101 - Instrução do PT3 do modelo B1



APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

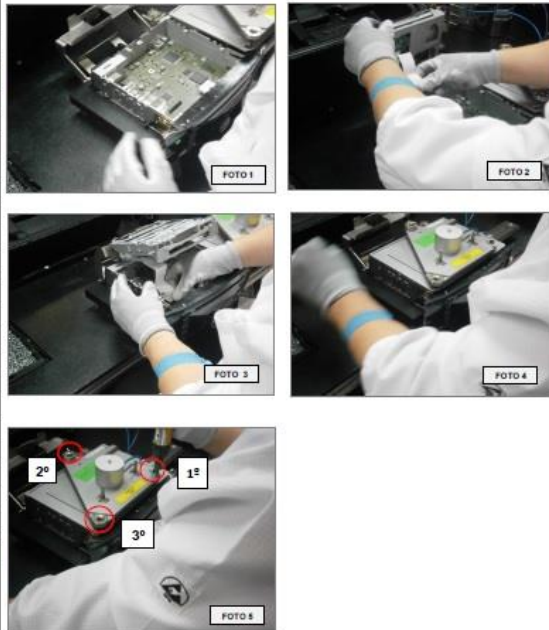
Effective Date: / Data Efetiva: 07-03-2018

Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 07-03-2018

07-03-2018

Page 1 de 3

Processo / Modelo: Modelo B1 Lugar: 4 Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE			
	Mão Esquerda - Ambas Mãos Mão Direita	Element Time			
		Min	Seg	Ter	Quat
1	PEGA APARELHO E COLOCA NA BASE (FOTO 1)	3	1,8		
2	COLOCA MECANISMO NO DISPOSITIVO (FOTO 2)	4	2,4		
3	LIGA CABO DO MECANISMO NA PLACA PRINCIPAL (FOTO 3)	8	4,8		
4	VERIFICA QUE FITA FICA BEM MONTADA	2	1,2		
5	POSICIONA DISPOSITIVO NO MECANISMO (FOTO 4)	4	2,4		
6	APERTA 3x PARAFUSOS, VER SEQUÊNCIA (FOTO 5)	15	9,0		
7	COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE	2	1,2		
Total		38	22,8		
Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:			
Data: 07-03-2018		08-03-2018			
Função: SE		Produção			
Nome: Miriam Oliveira		Fiscal de Atividade			



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

Figura 102 - Instrução do PT4 do modelo B1



APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 07-03-2018

Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 07-03-2018

07-03-2018

Page 1 de 3

Processo / Modelo: **Modelo B1**
 Lugar: **5**
 Ref. Doc.:
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>



Notas Importantes:

SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Seq. Item	Seq. O	Elemento	Element Time			
			Medida	Manual Work	Work Time	Each Time
		Mão Esquerda				
		Mão Direita				
1		PEGA APARELHO E COLOCA NA BASE (FOTO 1)	3	1,8		
2		APERTA 1xPARAFUSO NA PARTE INFERIOR (FOTO 2)	5	3,0		
3		POSICIONA APARELHO (FOTO 3)	2	1,2		
4		VERIFICAR QUE O CLIP DOS IC'S ESTÁ FECHADO (FOTO 3)	5	3,0		
5		PEGA NA TAMPA SUPERIOR E MONTA NO APARELHO (FOTO 4)	8	4,8		
6		APERTA 2xPARAFUSOS NA TAMPA SUPERIOR (FOTO 5 E 6)	10	6,0		
7		COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE	2	1,2		
Total			35	21		



FOTO 2



FOTO 4

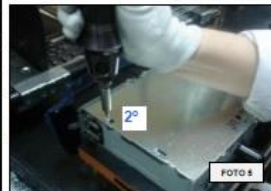


FOTO 6

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 07-03-2018
 Função: IE
 Nome: Miriam Oliveira

08-03-2018
 Produção
 Rafael Pinto

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

Figura 103 - Instrução do PT5 do modelo B1



APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 14-03-2018 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 13-03-2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Modelo B1
 Lugar: 6
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Oper.	Item ID	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Amboas Mãos	Mão Direita	Metro	Manual Work	Reach Time	Walk Time
1		PEGA NO APARELHO E COLOCA NA BASE (FOTO 1)			3	1,8		
2		APERTA 1x PARAFUSO NA TAMPA INFERIOR (FOTO 2)			5	3,0		
3		POSICIONA APARELHO (FOTO 3)			2	1,2		
4		APERTA 2x PARAFUSOS NA TAMPA SUPERIOR (FOTO 4 E 5)			10	6,0		
5		ENVIA APARELHO PARA TESTE (FOTO 6)			2	1,2		
Total					22	13,2		

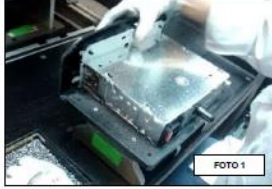


FOTO 1

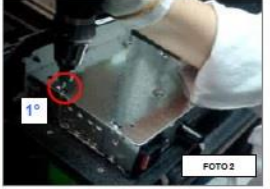


FOTO 2

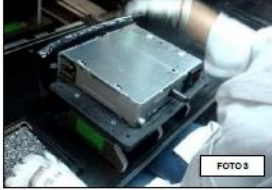


FOTO 3




FOTO 4




FOTO 5




FOTO 6

Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:	
Data: 13-03-2018		Data: 13-03-2018	
Função: IE		Produção	
Nome: Miriam Oliveira		Rafael Pinto	

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

Figura 104 - Instrução do PT6 do modelo B1



ANEXO XII – DESENHOS TÉCNICOS

Os desenhos técnicos são documentos que contêm informação sobre os componentes colocados no aparelho, respetiva quantidade e montagem final.

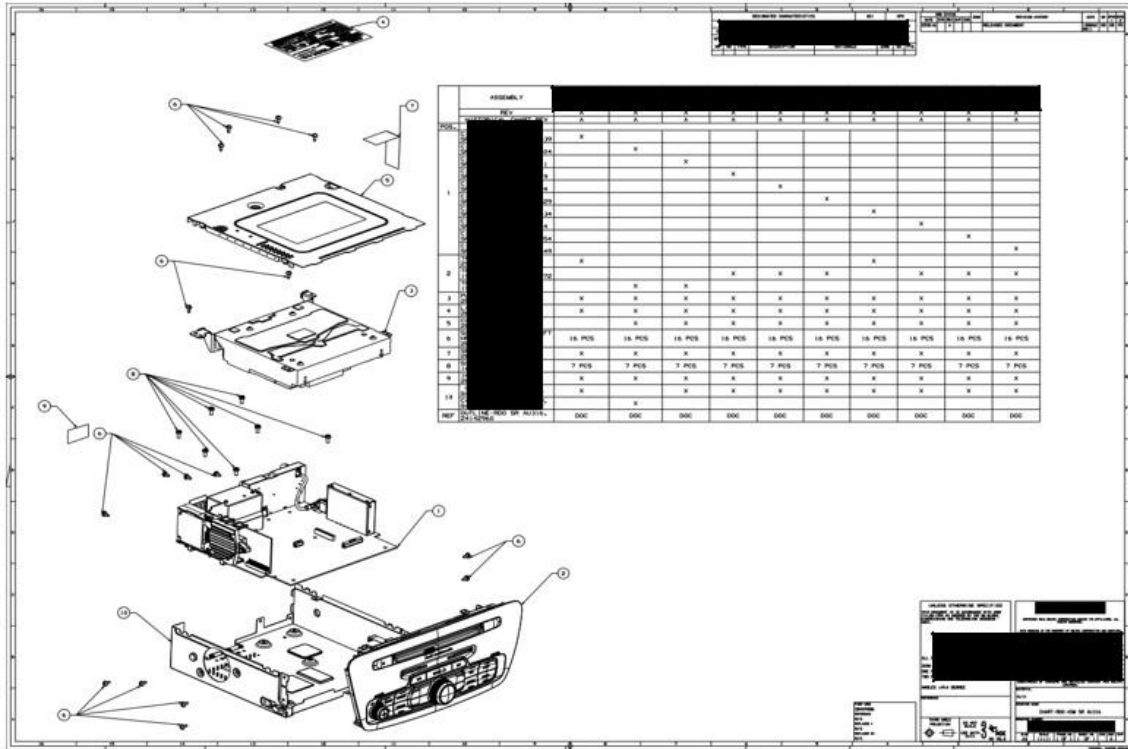


Figura 105 - Desenho técnico do modelo A1



ANEXO XIII – WORK COMBINATION TABLE (WCT)

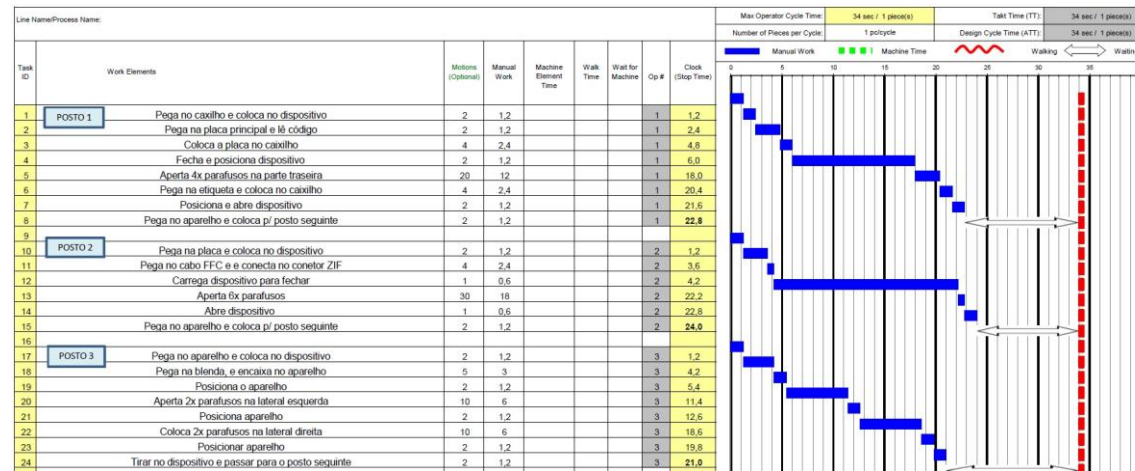


Figura 106 - WCT do modelo A1 (P1 a P3)

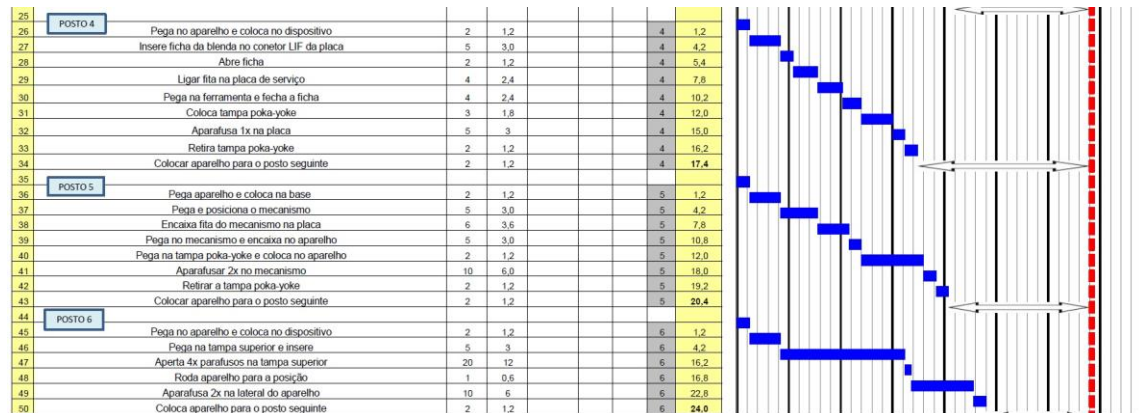


Figura 107 - WCT do modelo A1 (P4 a P6)

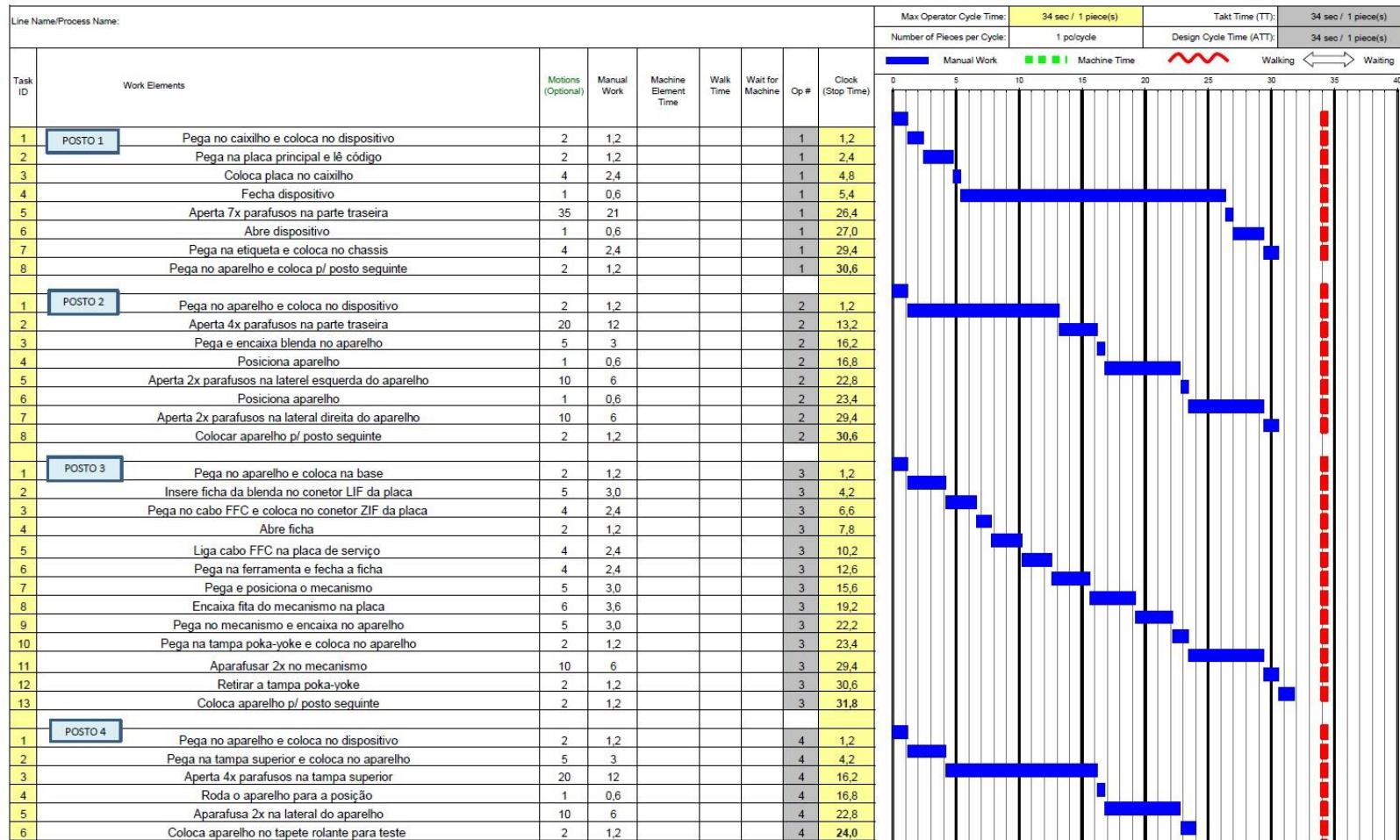


Figura 108 - WCT do modelo A1 balanceado para 4 postos

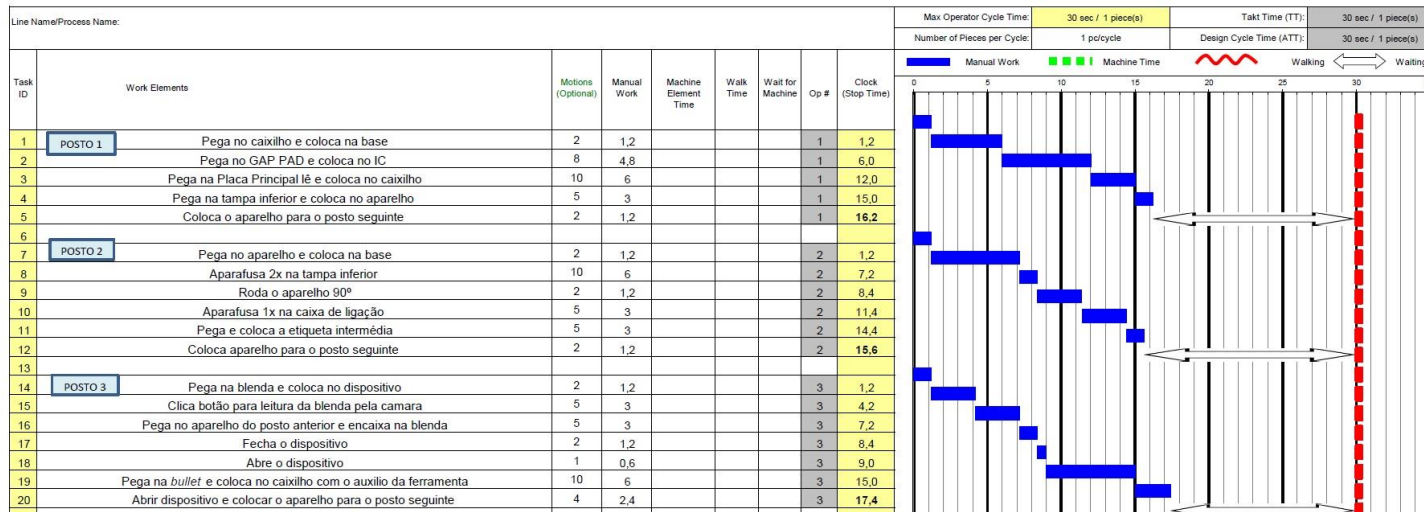


Figura 109 - WCT do modelo B1 (P1 a P3)

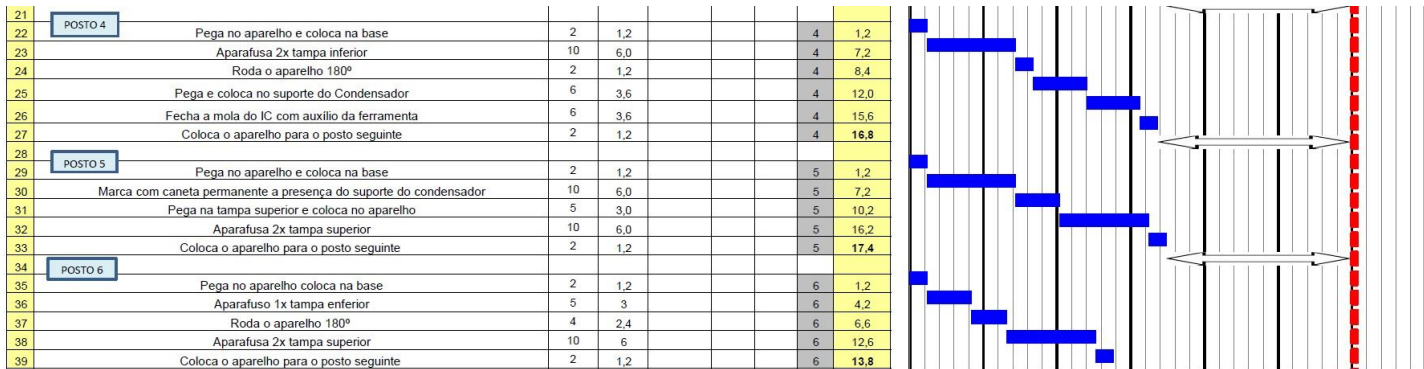


Figura 110 - WCT do modelo B1 (P4 a P6)

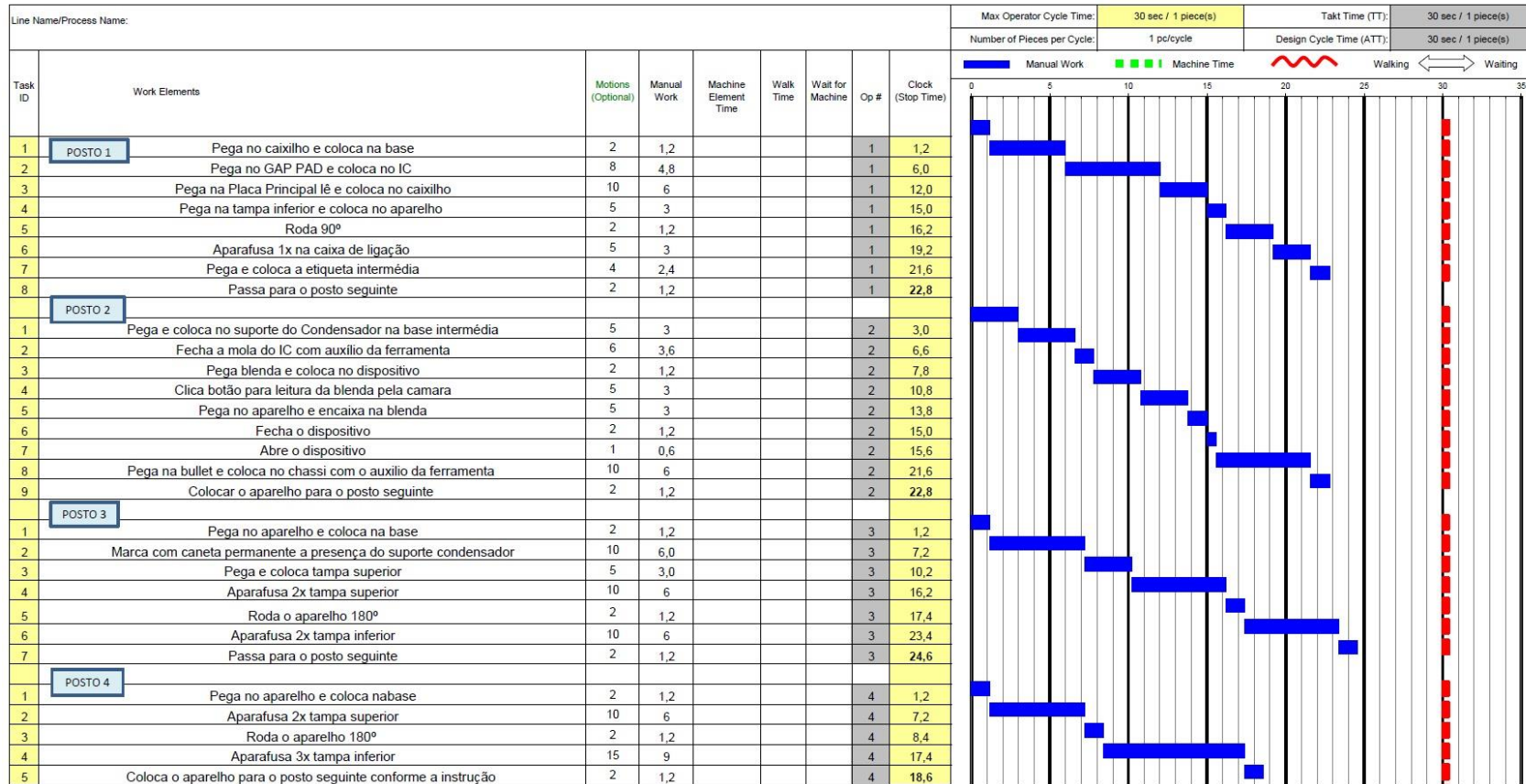


Figura 111 - WCT do modelo B1 balanceado para 4 postos

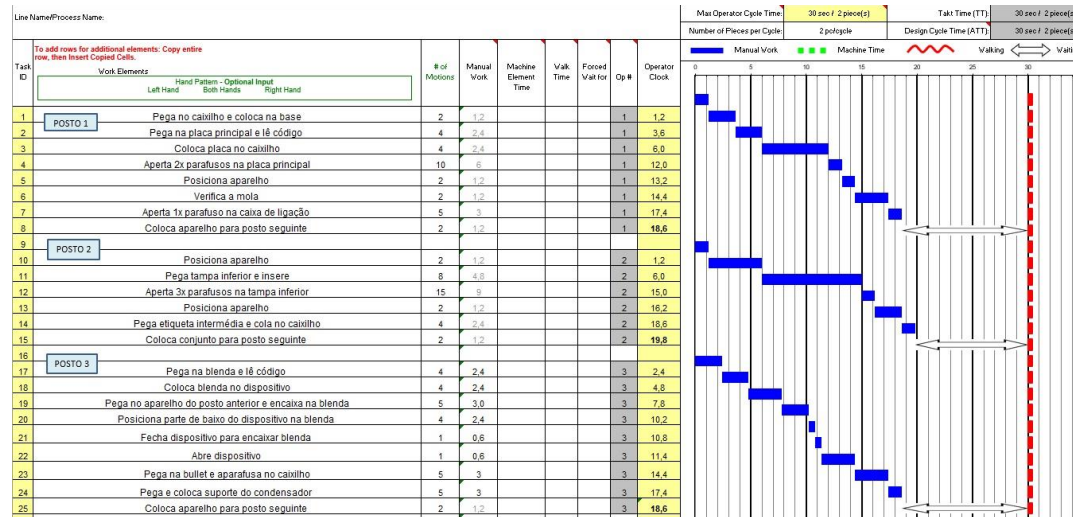


Figura 112 - WCT do modelo B3 (P1 a P3)

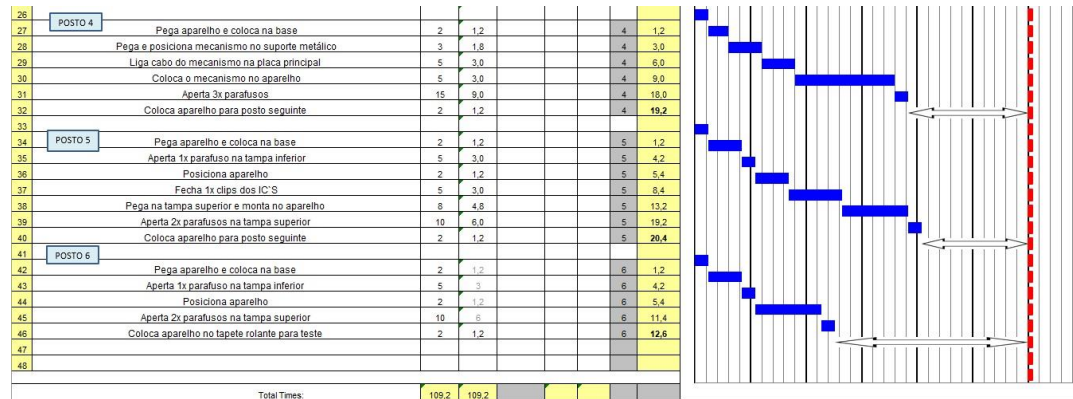


Figura 113 - WCT do modelo B3 (P4 a P6)

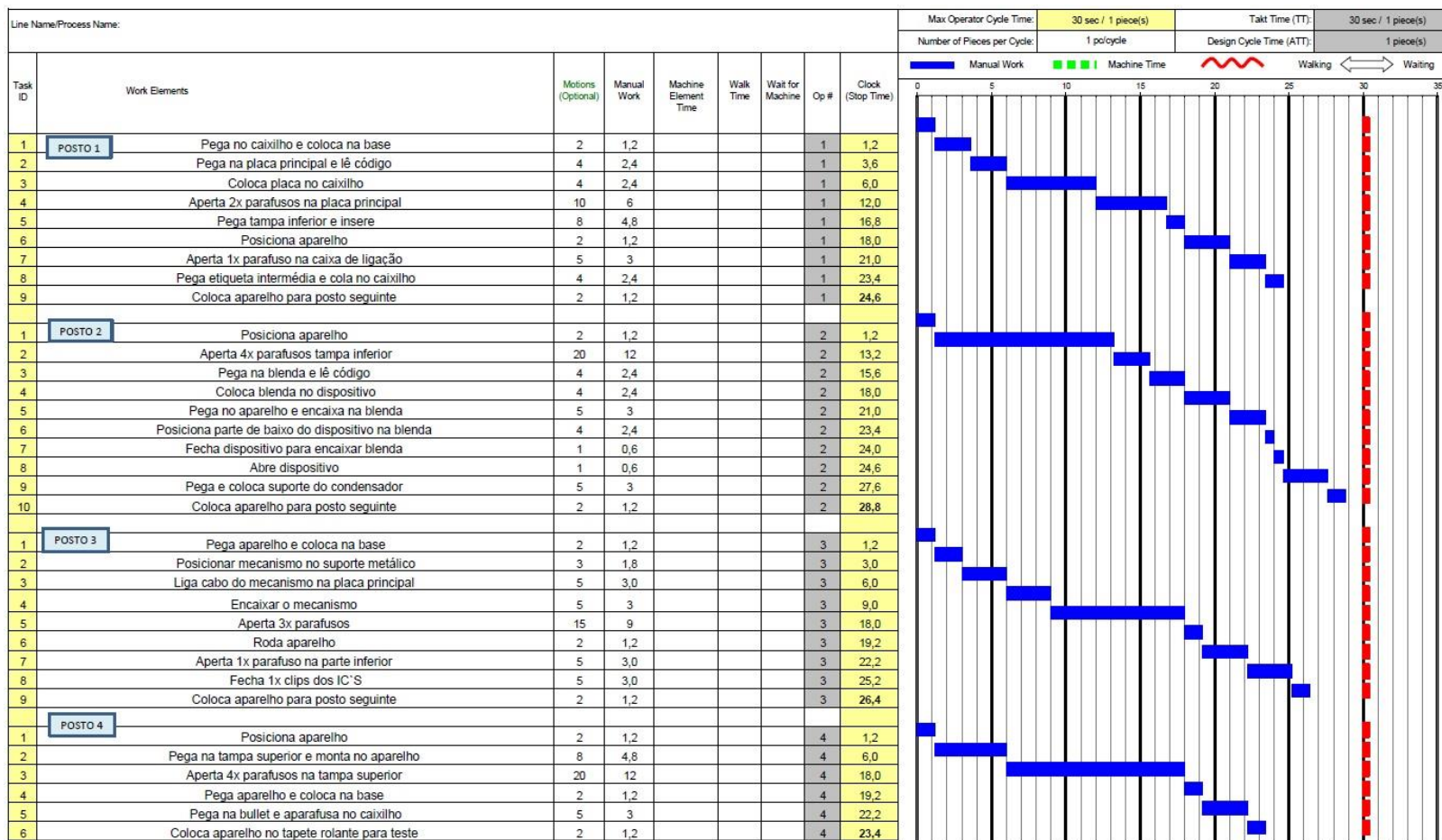


Figura 114 - WCT do modelo B3 balanceado para 4 postos

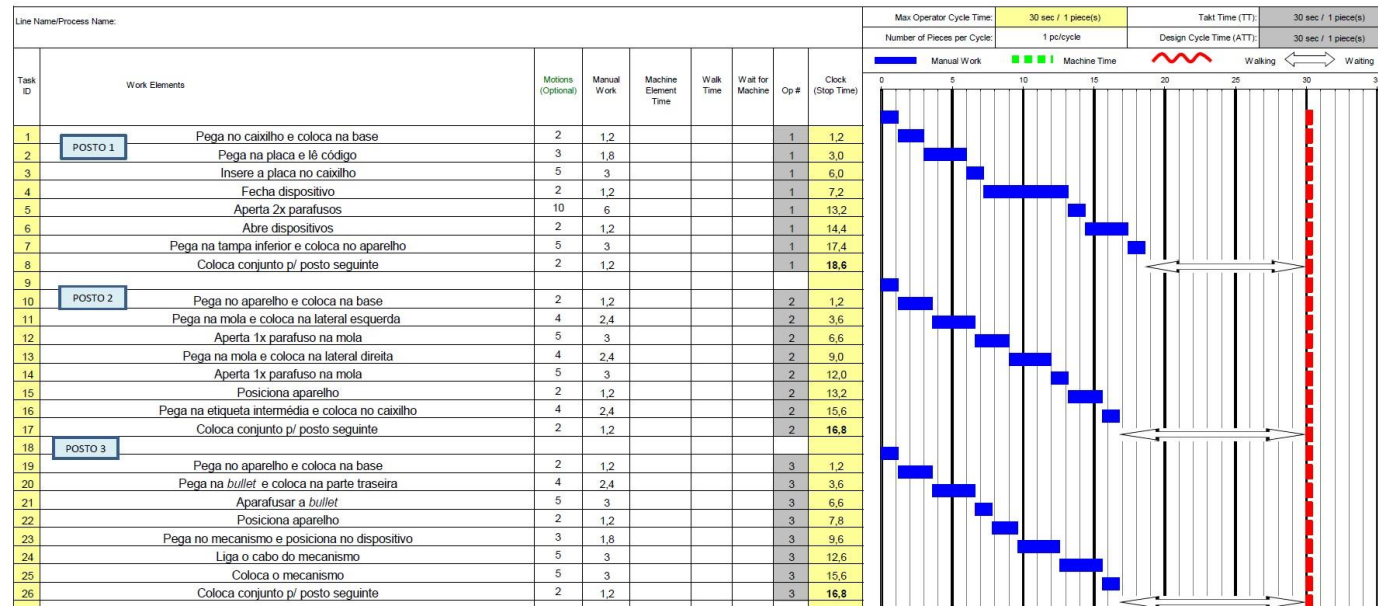


Figura 115 - WCT do modelo C1 (P1 a P3)

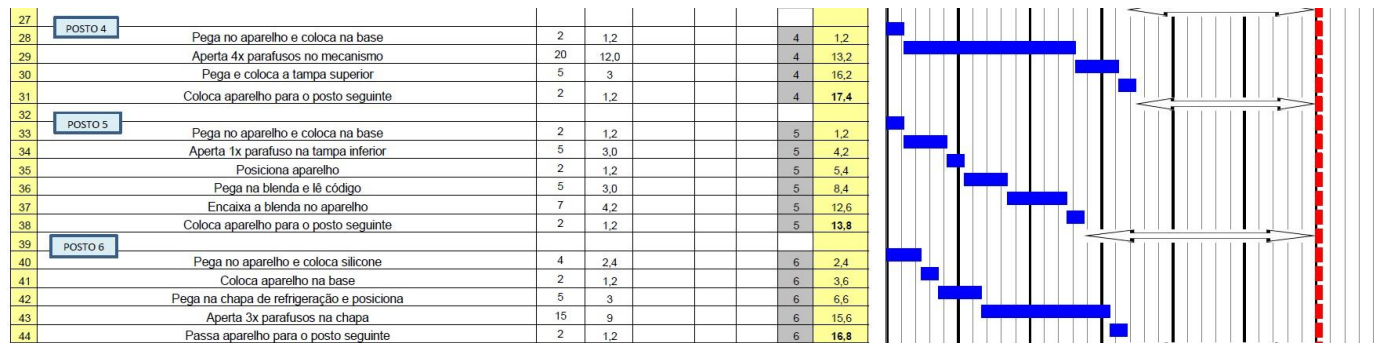


Figura 116 - WCT do modelo C1 (P4 a P6)

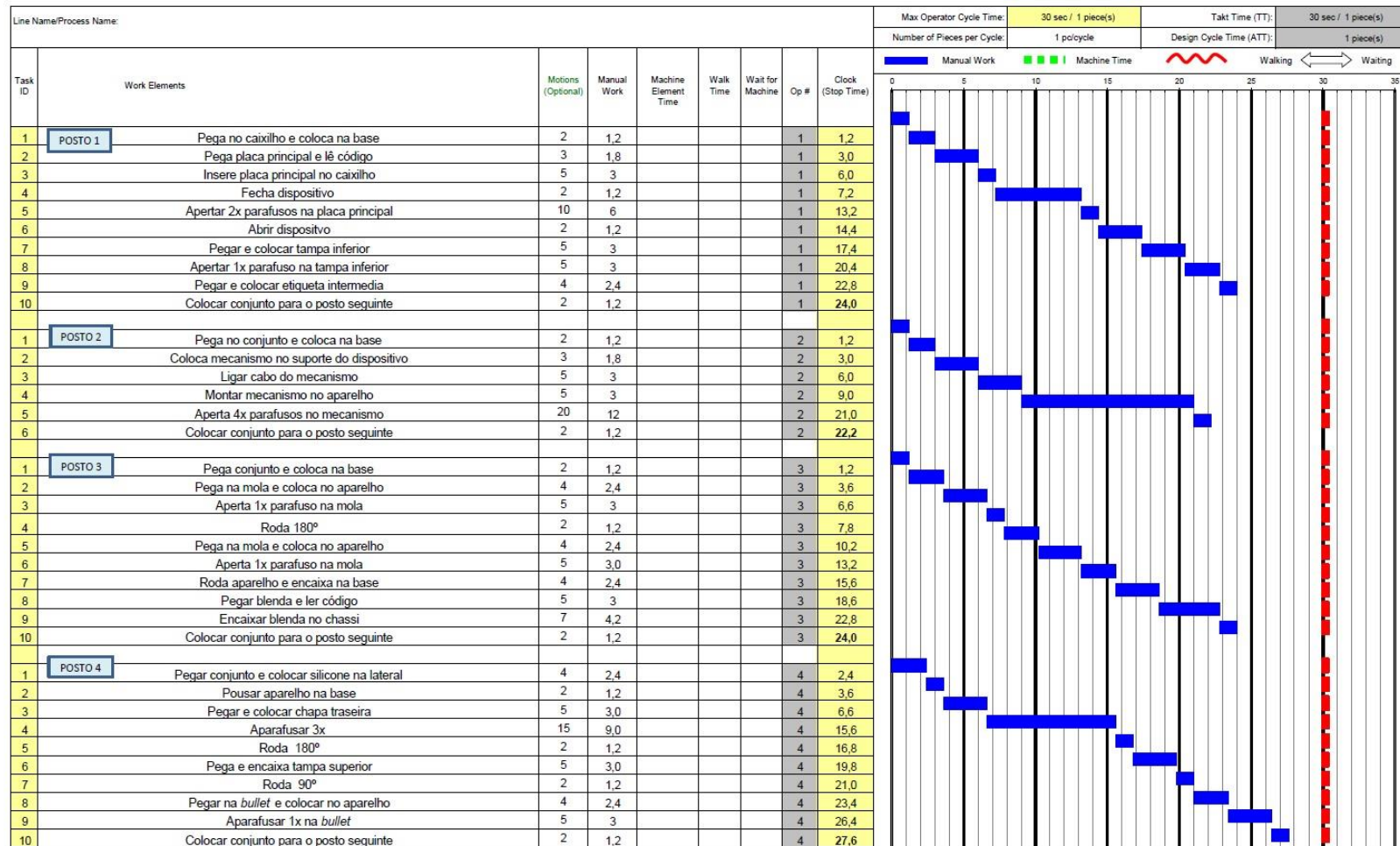


Figura 117 - WCT do modelo C1 balanceado para 4 postos

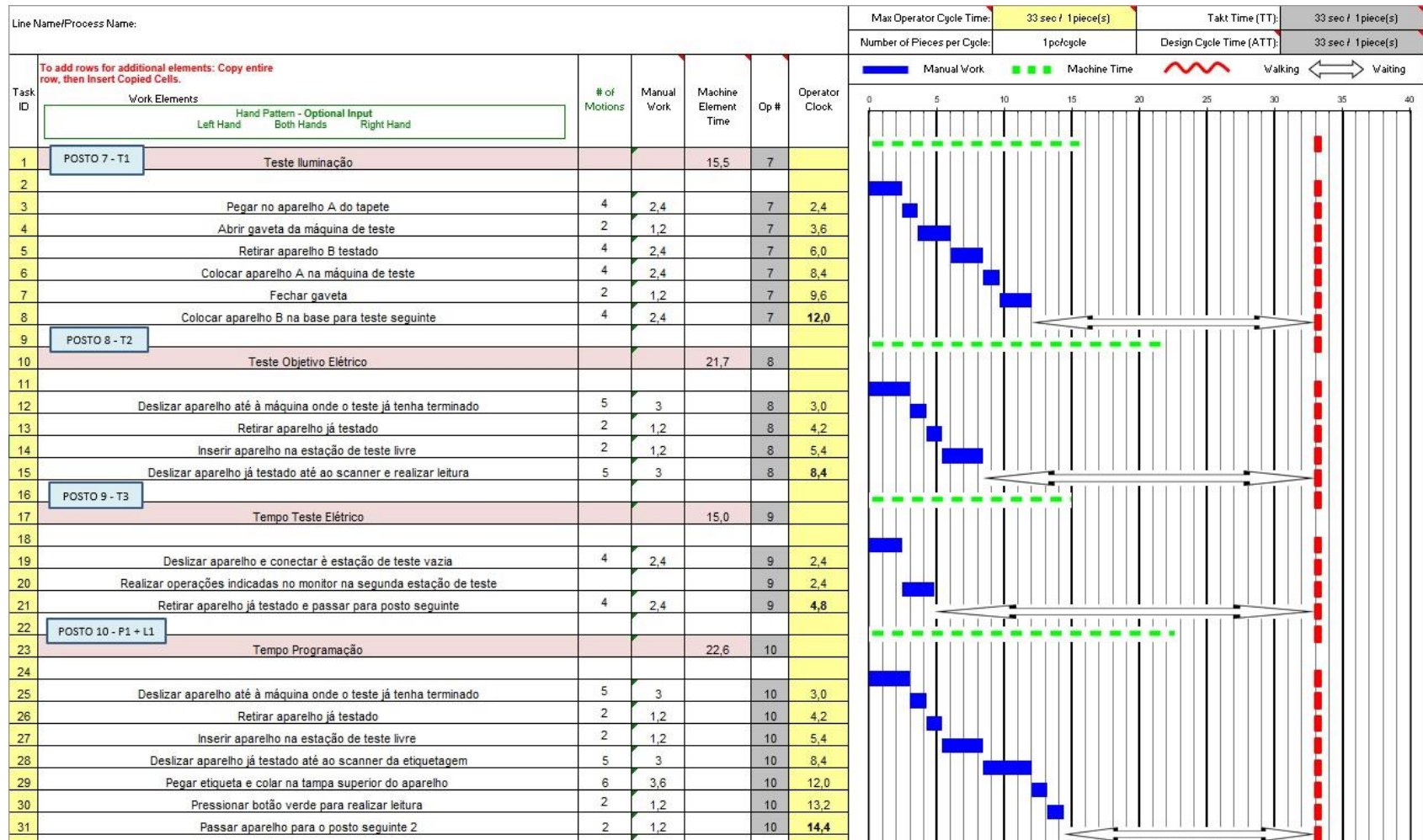


Figura 118 - WCT dos postos de teste do modelo A1 atual (P7 a P10)

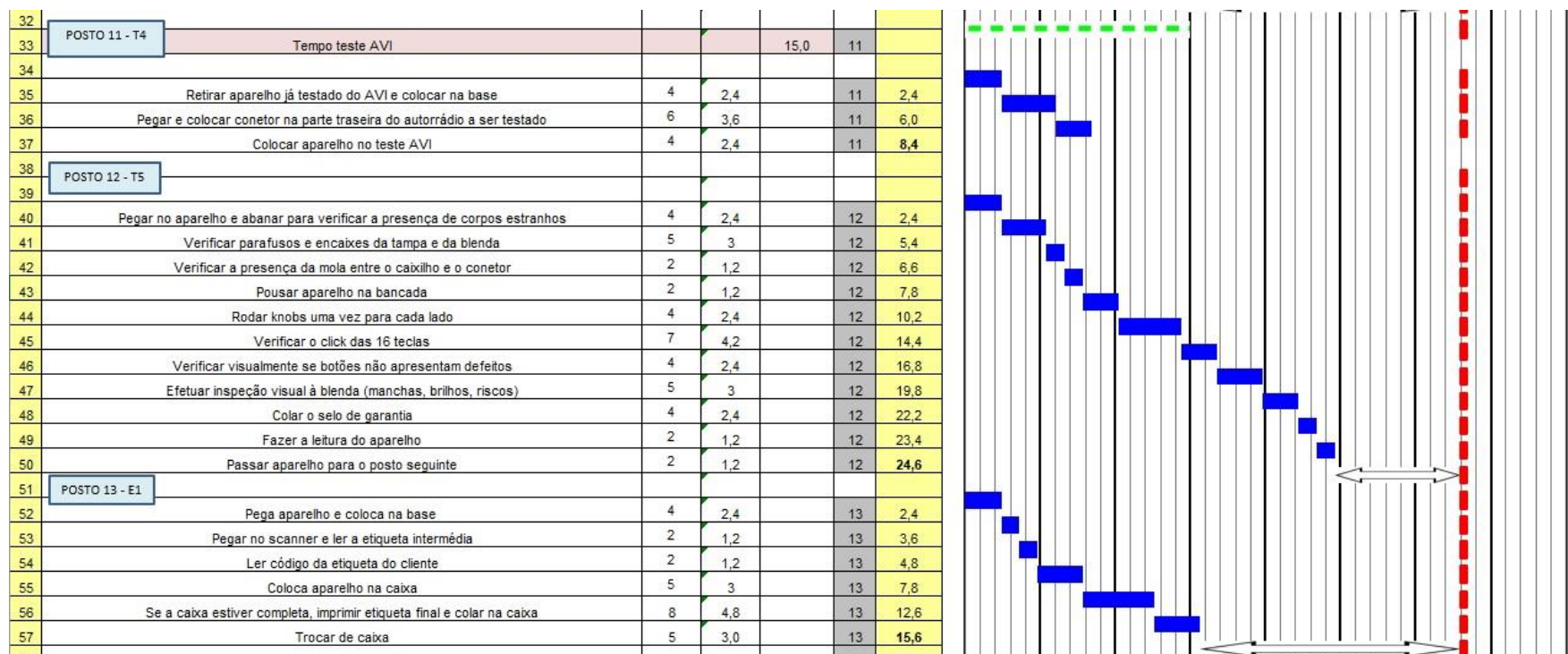


Figura 119 - WCT dos postos de teste do modelo A1 atual (P11 a P13)

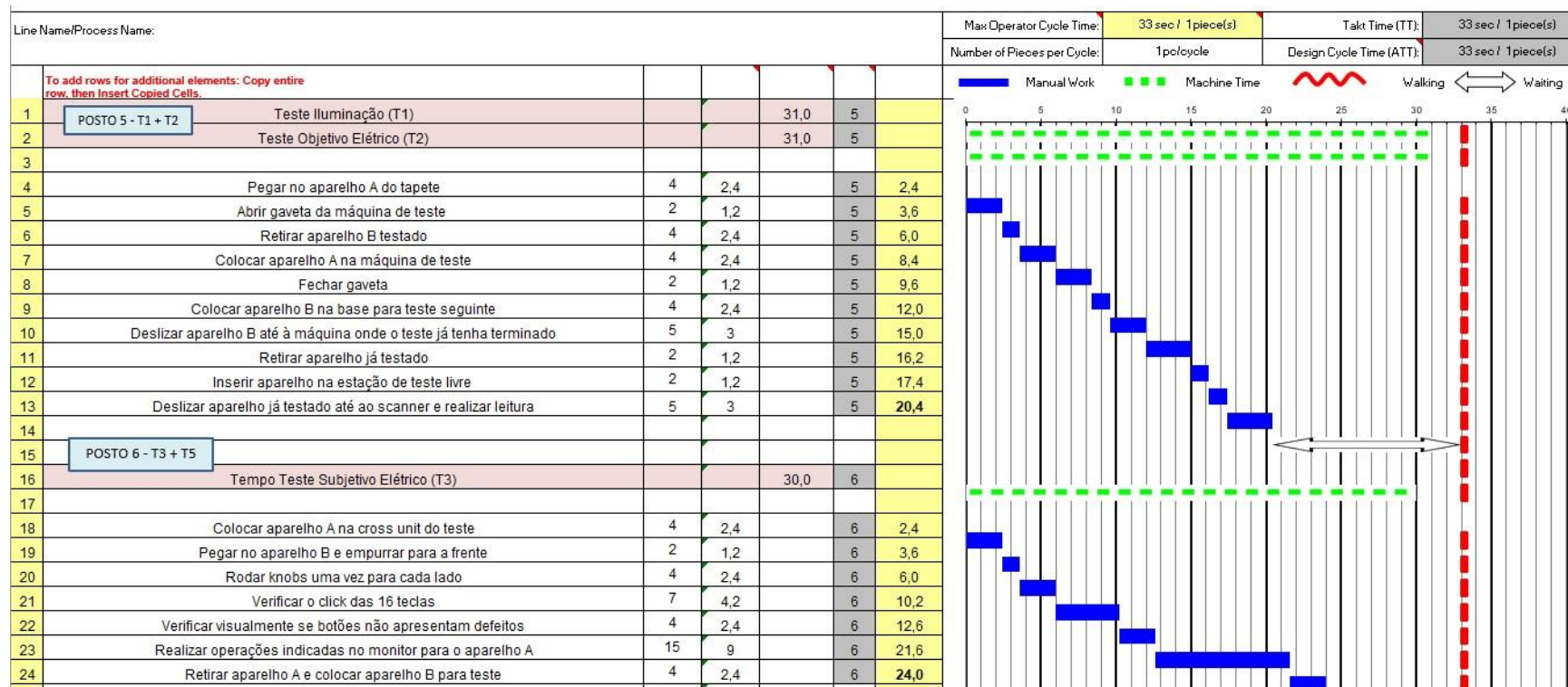


Figura 120 - WCT dos postos de teste futuros do modelo A1 (P5 e P6)

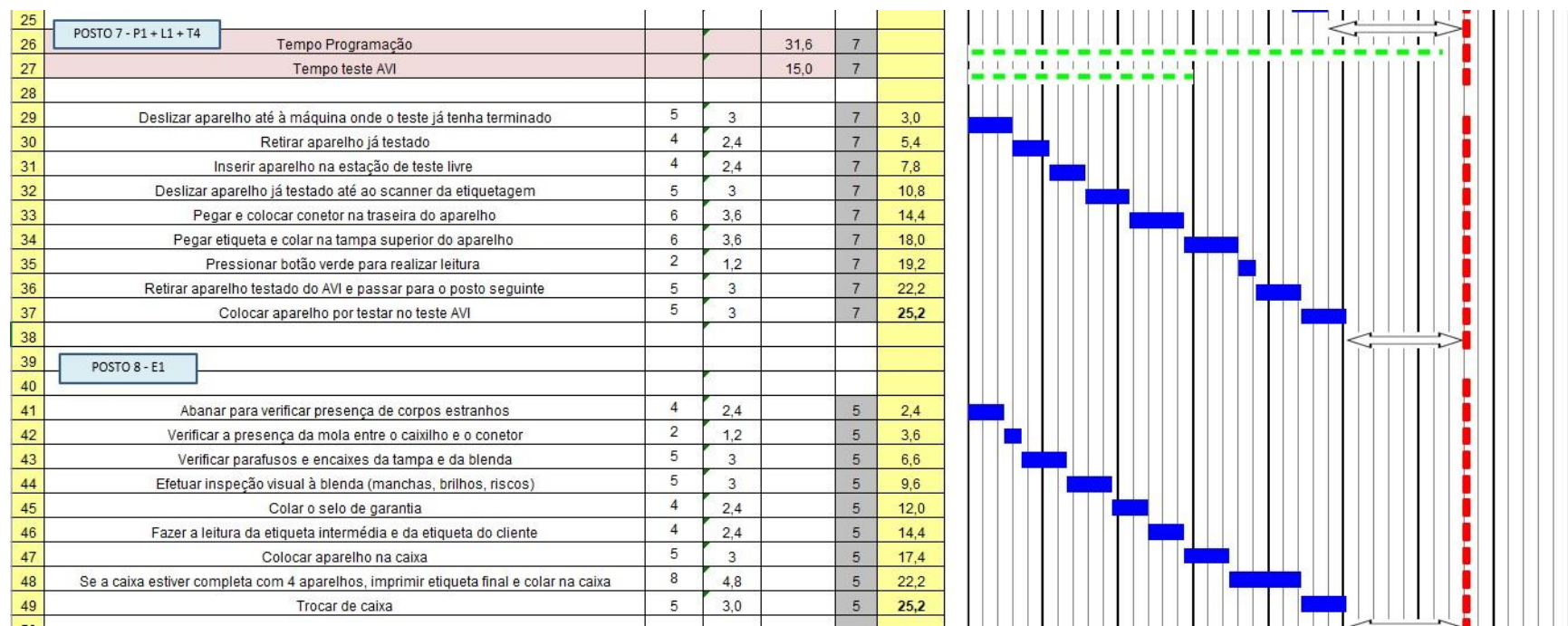


Figura 121 - WCT dos postos de teste futuros do modelo A1 (P7 e P8)

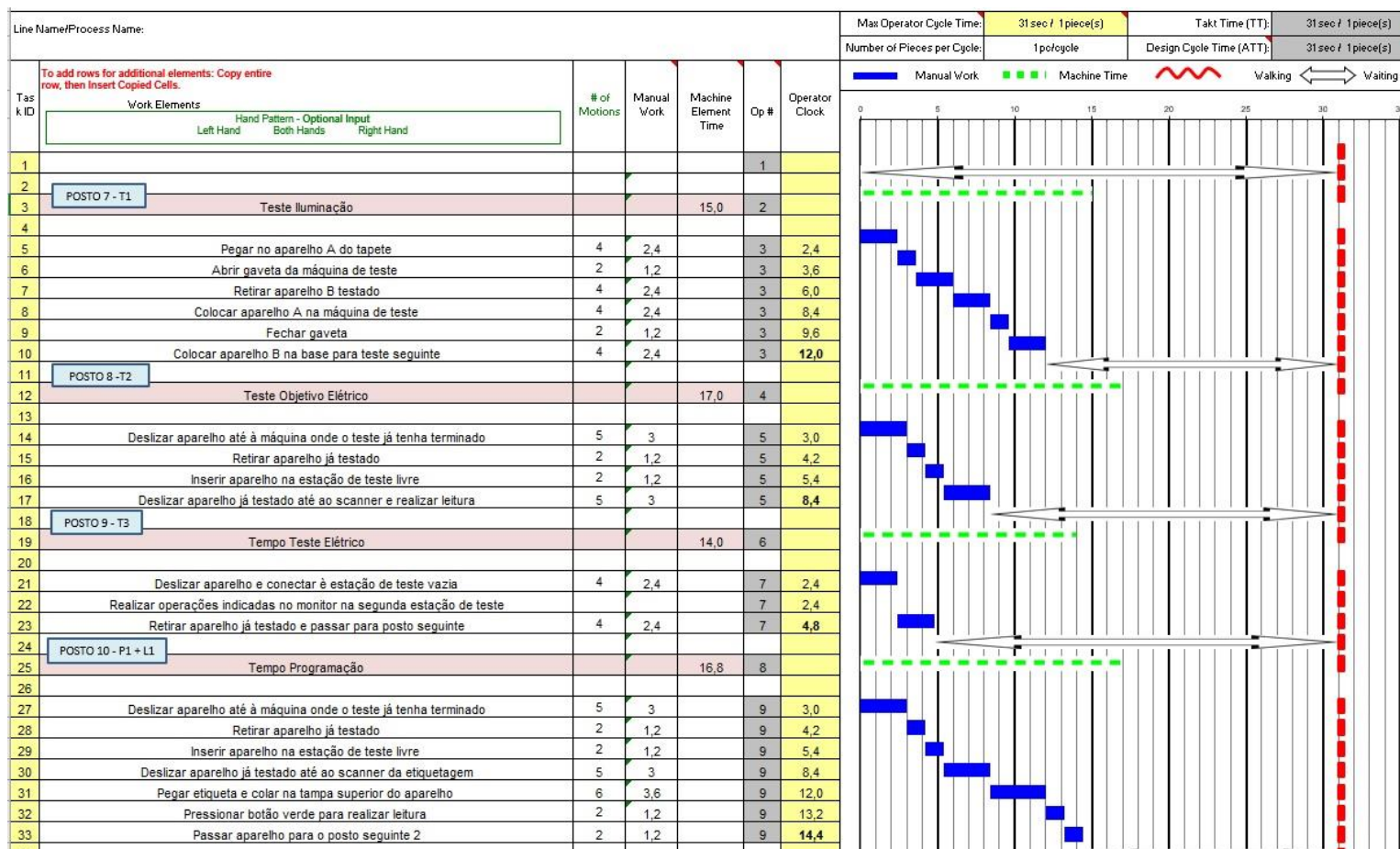


Figura 122 - WCT dos postos de teste atuais do modelo B1 (P7 a P10)

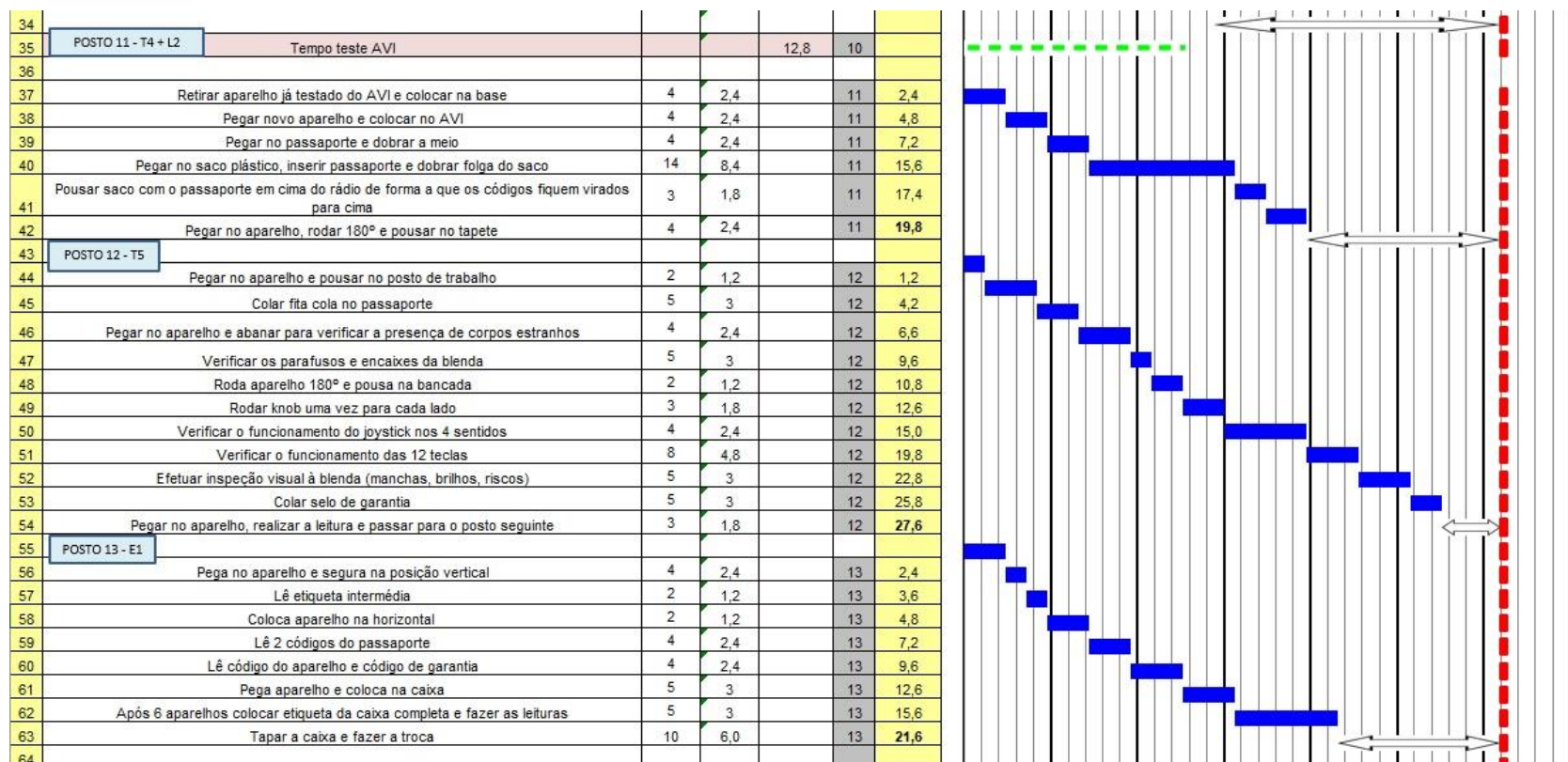


Figura 123 - WCT dos postos de teste atuais do modelo B1 (P11 a P13)

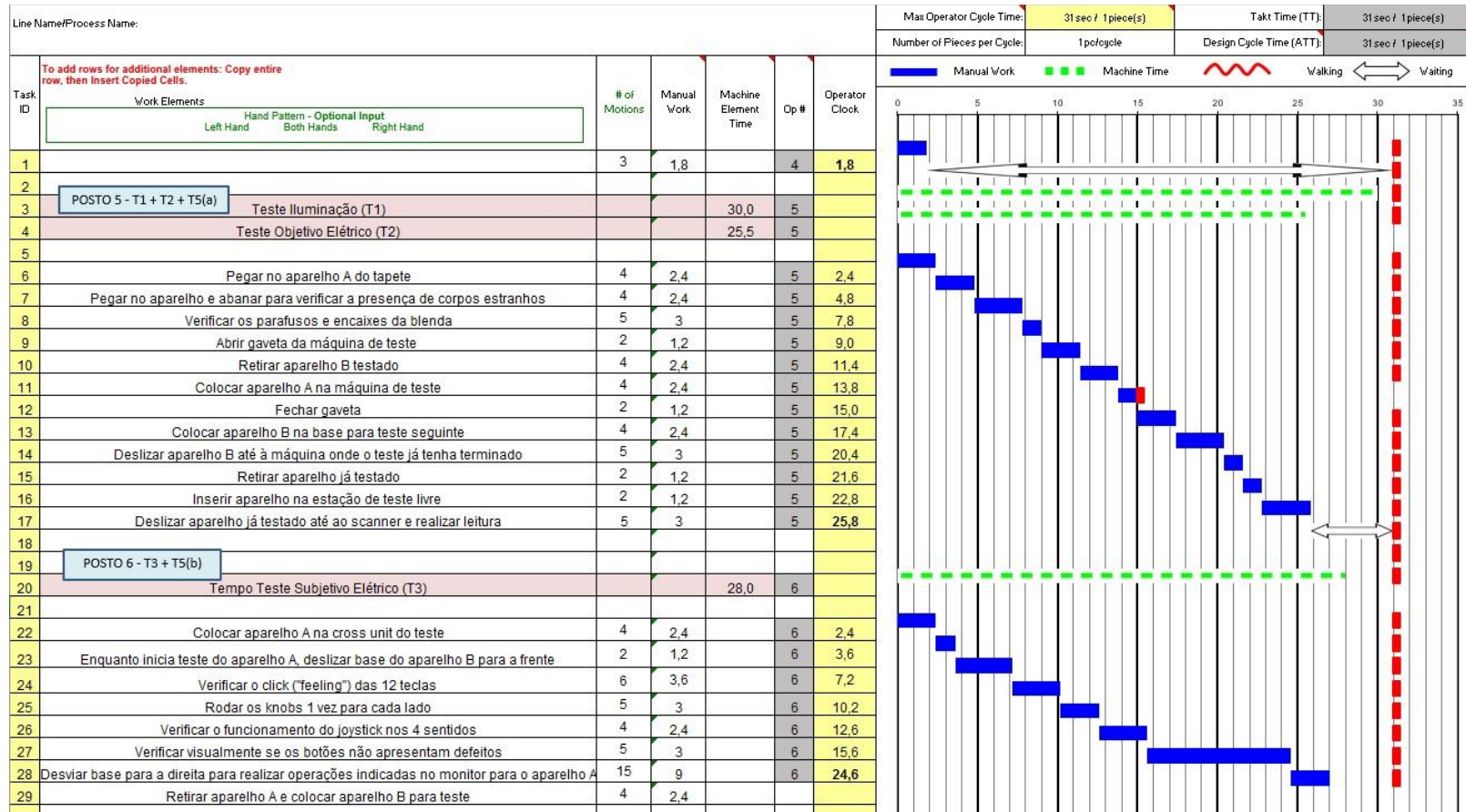


Figura 124 - WCT dos postos de teste futuros do modelo B1 (P5 e P6)

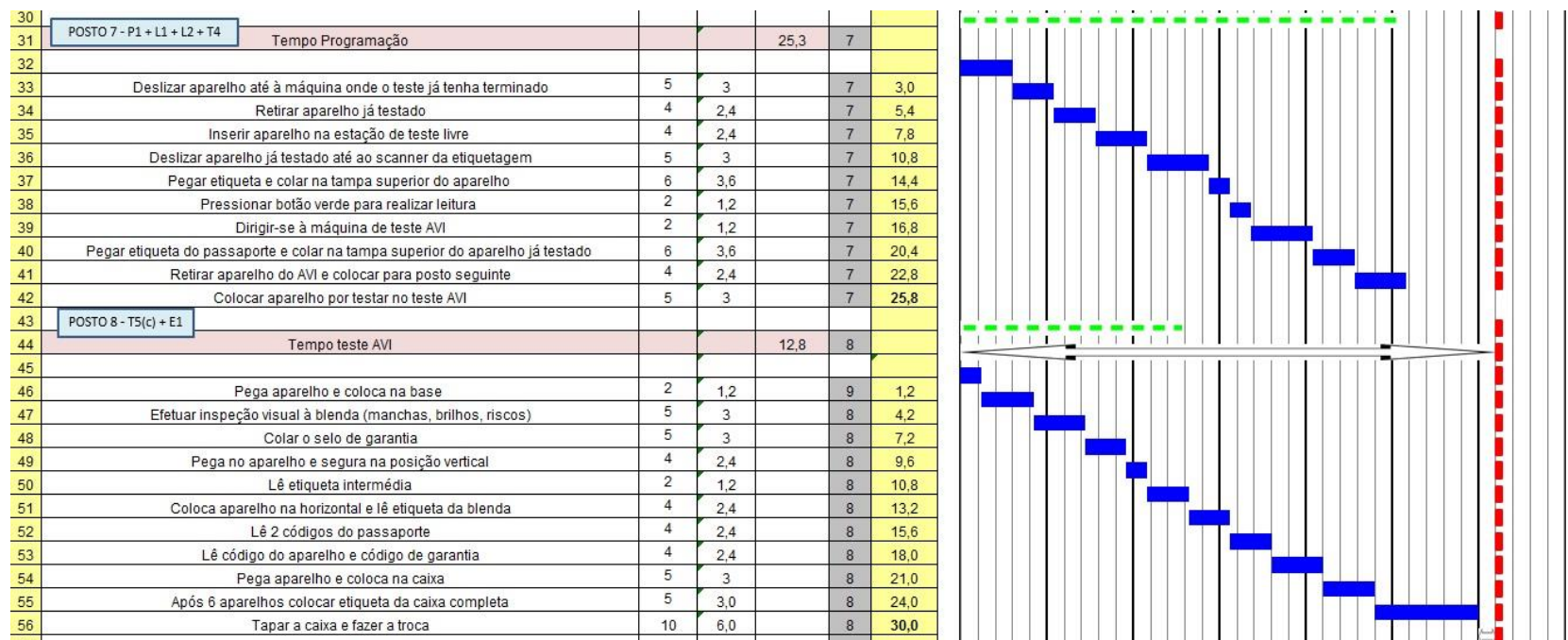


Figura 125 - WCT dos postos de teste futuros do modelo B1 (P7 e P8)

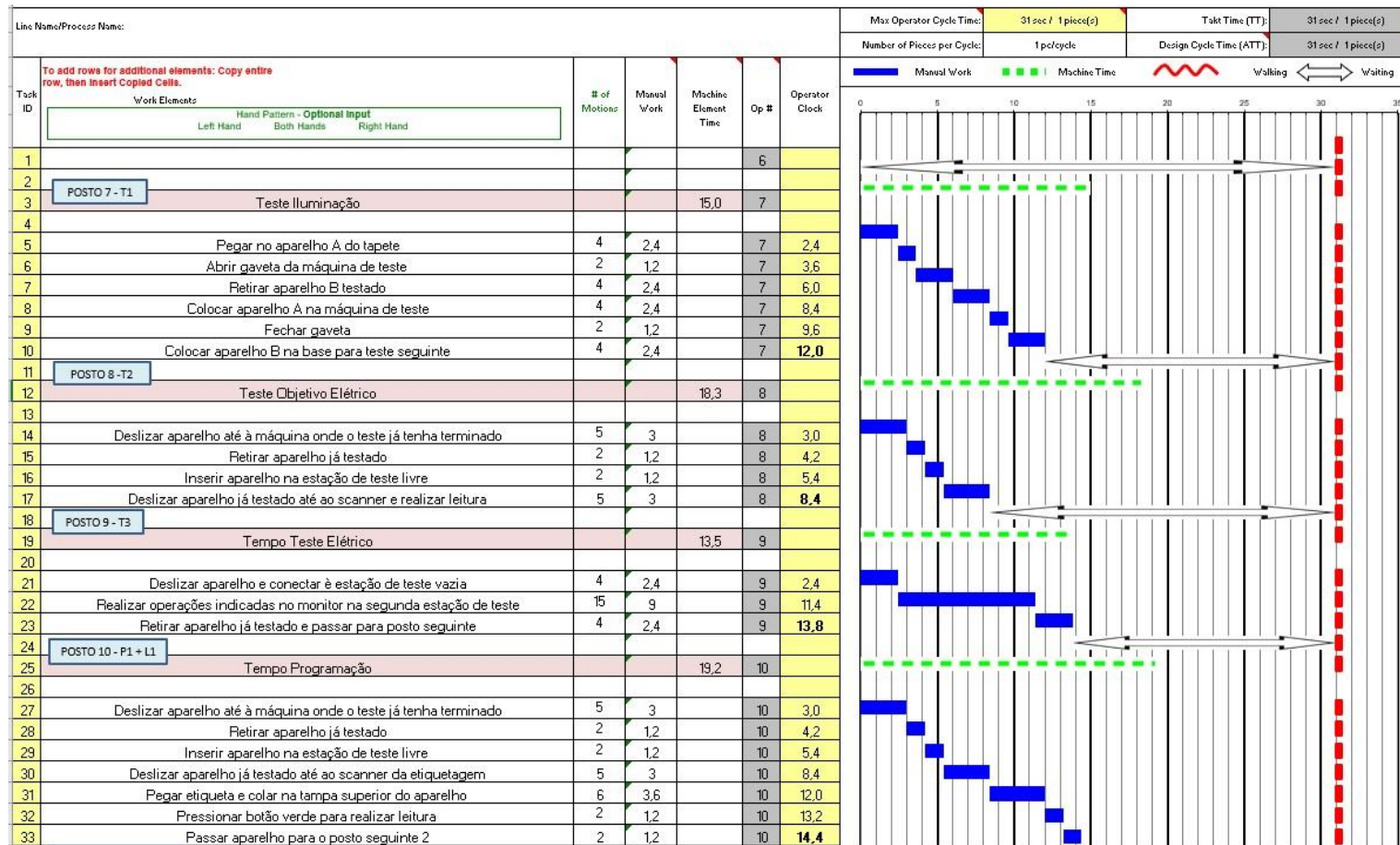


Figura 126 - WCT atual do modelo B3 (P7 a P10)

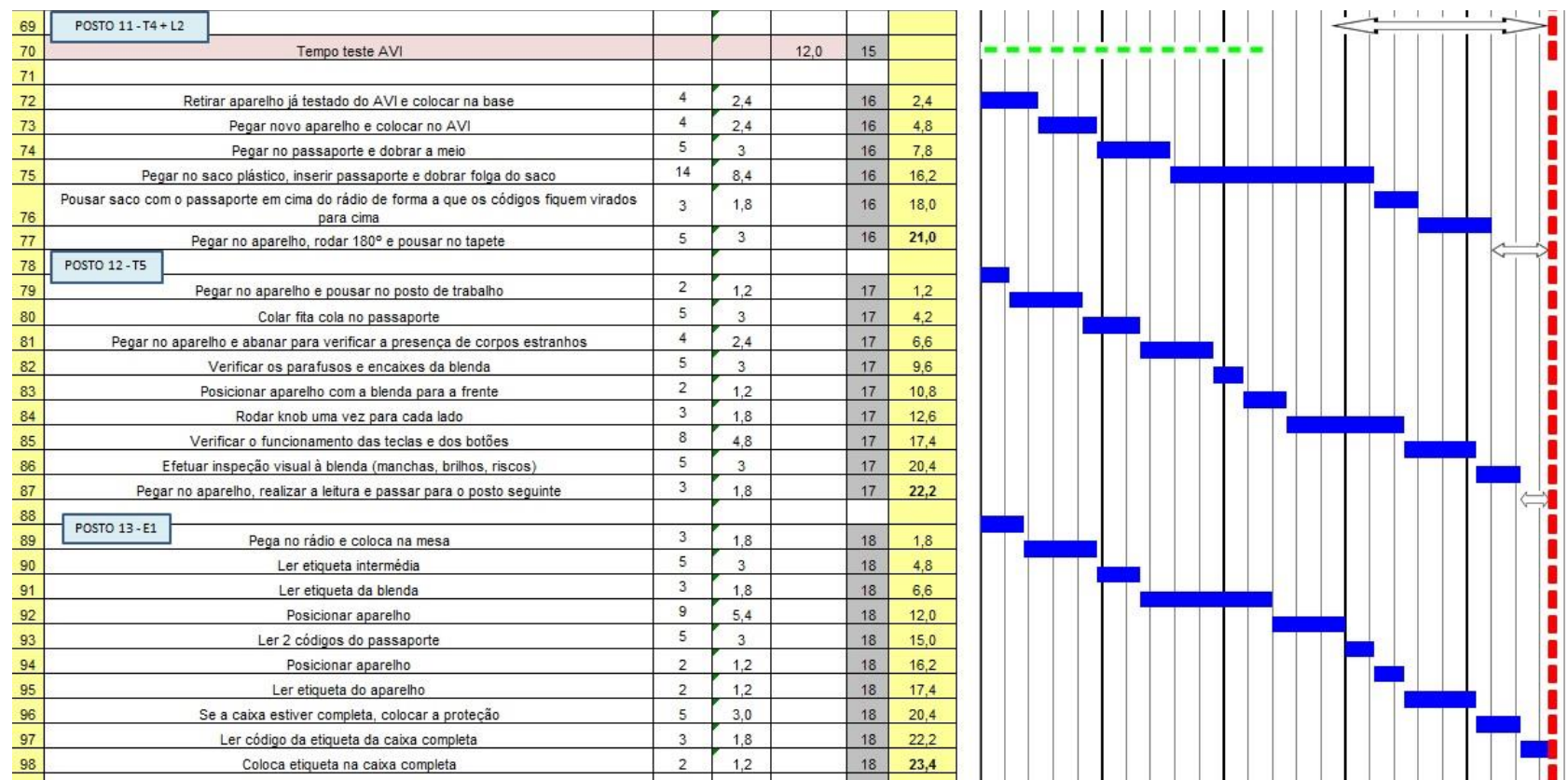


Figura 127 - WCT atual do modelo B3 (P11 a P13)

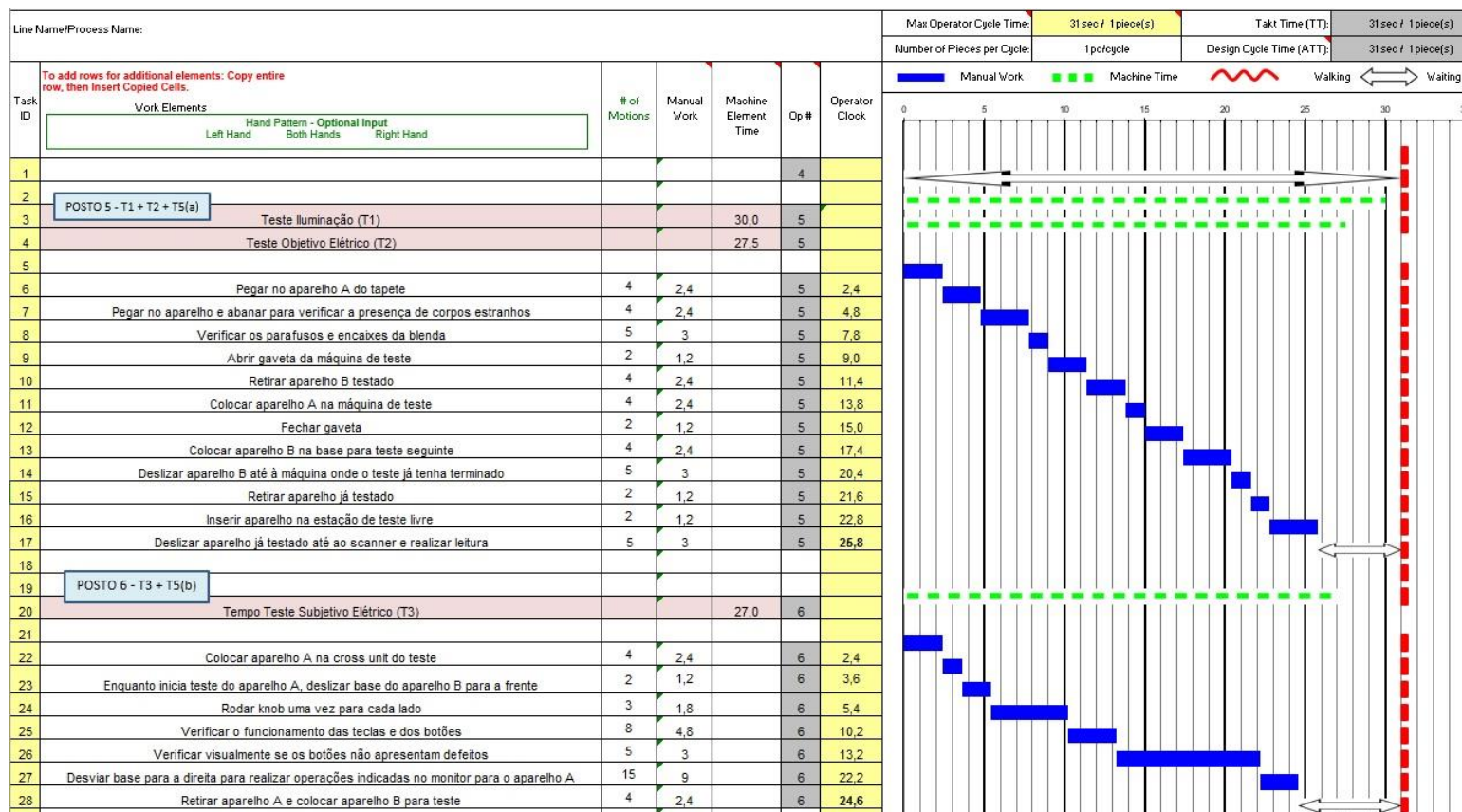


Figura 128 - WCT do modelo B3 futuro (P5 e P6)

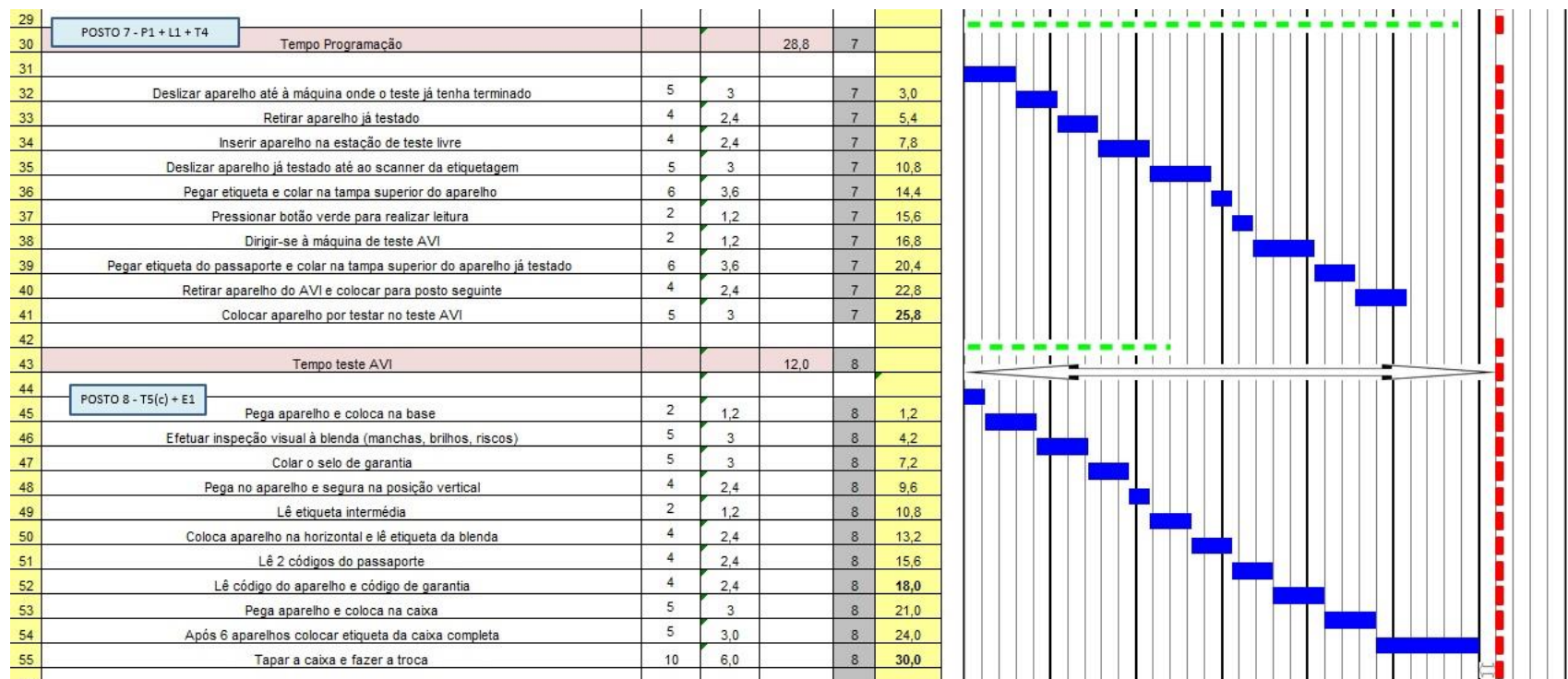


Figura 129 - WCT do modelo B3 futuro (P7 e P8)

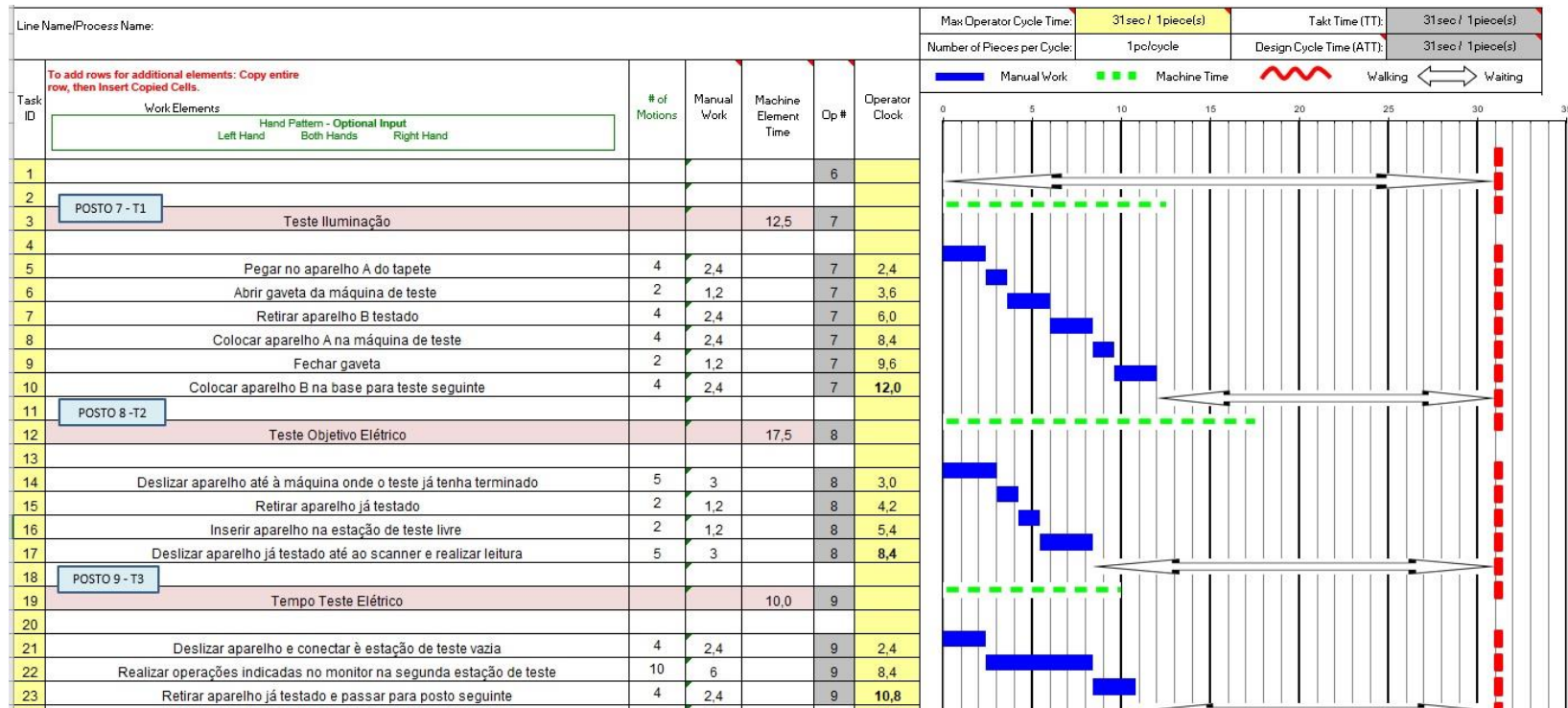


Figura 130 - WCT atual do modelo C1 (P7 a P9)

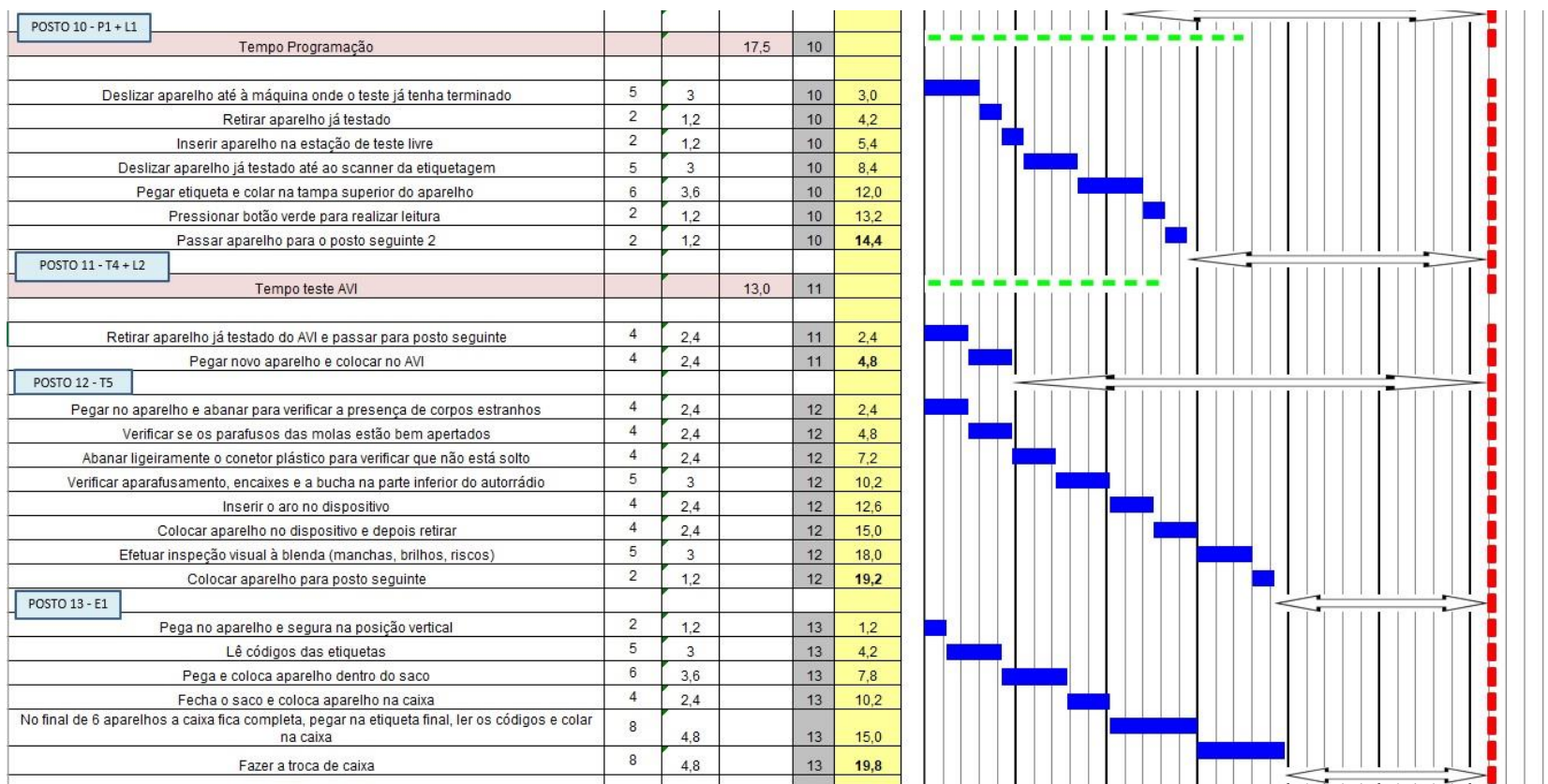


Figura 131 - WCT atual do modelo C1 (P10 a P13)

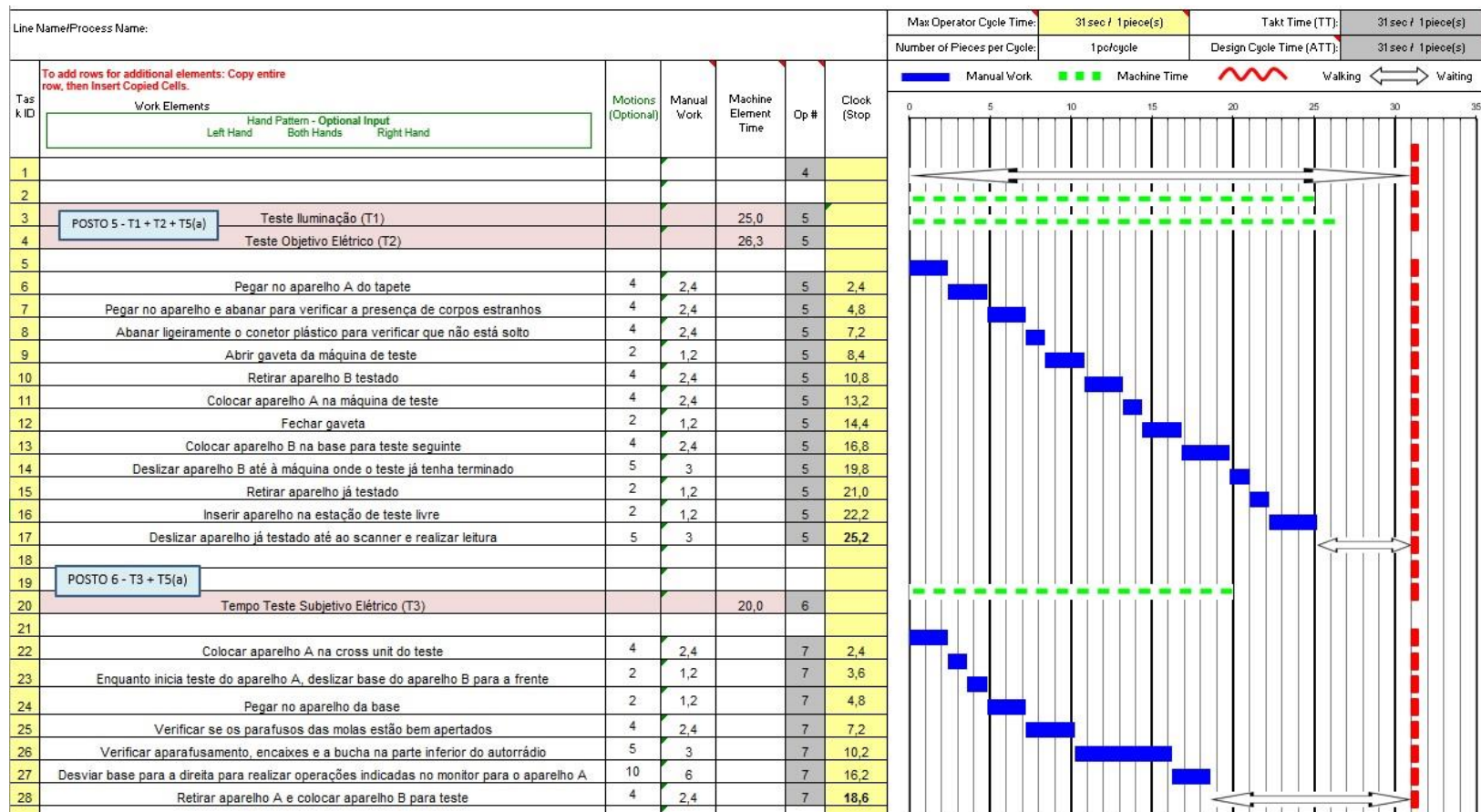


Figura 132 - WCT do modelo C1 futuro (P5 e P6)

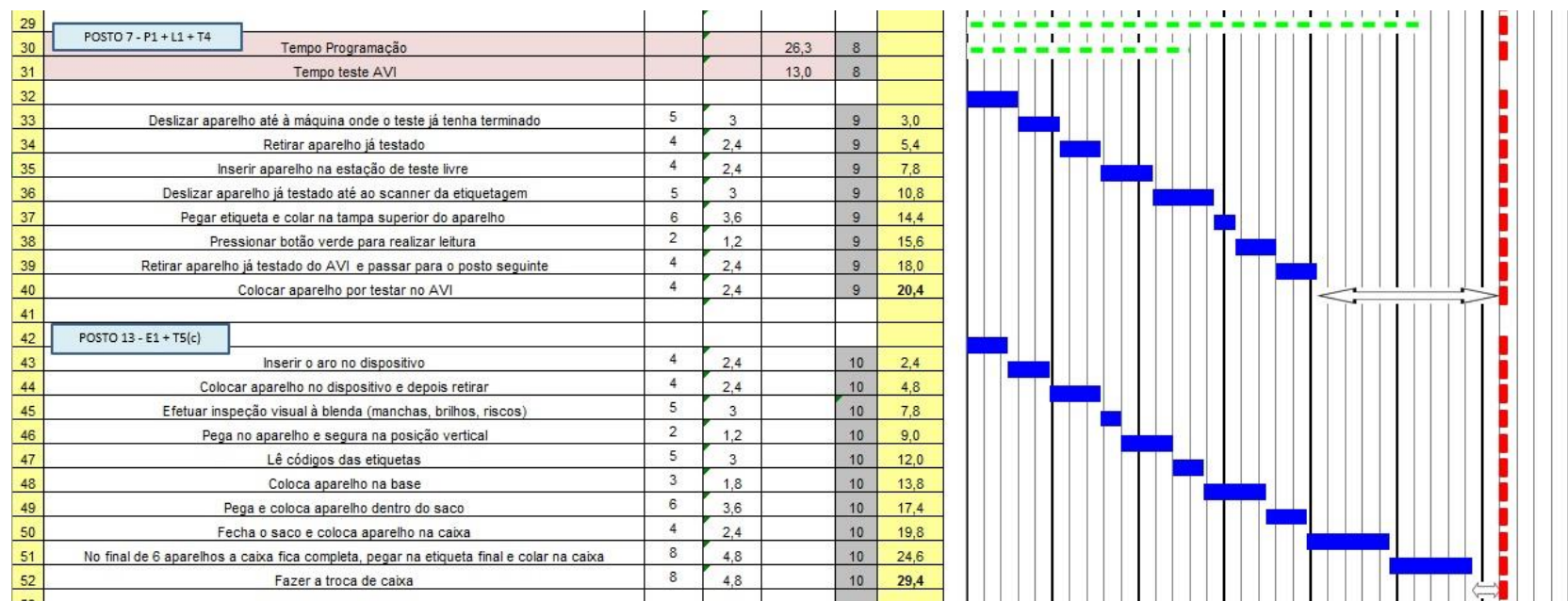


Figura 133 - WCT do modelo C1 futuro (P7 e P8)



ANEXO XIV – ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Poupança na mão de obra:

Custo anual por pessoa (€) = 15.000€

Custo anual do total de mão de obra da linha 1 (antes da reestruturação)(€)
= 15.000 × 19 = 285.000€

Custo anual do total de mão de obra da linha 1 (depois da reestruturação)(€)
= 15.000 × 16 = 240.000€

Custo anual do total de mão de obra da linha 2 (antes da reestruturação)(€)
= 15.000 × 21 = 315.000€

Custo anual do total de mão de obra da linha 2 (depois da reestruturação)(€)
= 15.000 × 16 = 240.000€

Poupança na mão de obra (€) = (285.000 – 240.000) + (315.000 – 240.000) =
45.000 + 75.000 = 120.000€

Poupança no espaço:

Custo anual por m² (€) = 100€

Custo anual do espaço ocupado (€) = 259 × 100 = 25.900€

Custo anual do espaço ocupado (após a reestruturação)(€) = 203 × 100 = 20.300€

Poupança total em espaço(€) = 25.900 – 20.300 = 5.600€

**Impacto nas medidas de desempenho:****Produtividade:**

$$\begin{aligned} \text{Produtividade Linha 1 (Atual)} &= \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível} \times n^{\circ} \text{ de operadores}} = \frac{1659}{15,4 \times 6} \\ &= \frac{1659}{92,4} = 17,95 \text{ uni/h} \end{aligned}$$

Produtividade Linha 1 (Após a reestruturação)

$$= \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível} \times n^{\circ} \text{ de operadores}} = \frac{1659}{15,4 \times 4} = \frac{1659}{61,6} = 26,93 \text{ uni/h}$$

$$\text{Diferença} = 26,93 - 17,95 = 9 \text{ uni/h}$$

$$\begin{aligned} \text{Produtividade Linha 2 (Atual)} &= \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível} \times n^{\circ} \text{ de operadores}} = \frac{1756}{15,4 \times 6} \\ &= \frac{1756}{92,4} = 19,00 \text{ uni/h} \end{aligned}$$

Produtividade Linha 2 (Após a reestruturação)

$$= \frac{\text{Volume diário}}{\text{Tempo disponível} \times n^{\circ} \text{ de operadores}} = \frac{1756}{15,4 \times 4} = \frac{1756}{61,6} = 28,51 \text{ uni/h}$$

$$\text{Diferença} = 28,51 - 19 = 9,5 \text{ uni/h}$$

Utilização das linhas:

$$\begin{aligned} \text{Utilização Linha 1 (Atual)} &= \frac{\text{Cap. Esperada}}{\text{Cap. Realizada}} = \frac{\text{TC} \times \text{Volume diário}}{\text{Capacidade Efetiva} \times \text{OE}} \\ &= \frac{24,6 \times 1659}{55440 \times 0,981} = \frac{40811,4}{54386,6} = 0,7504 = 75,04\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Utilização Linha 1 (Após a reestruturação)} &= \frac{\text{Cap. Esperada}}{\text{Cap. Realizada}} \\ &= \frac{TC \times \text{Volume diário}}{\text{Capacidade Efetiva} \times OE} = \frac{32 \times 1659}{55440 \times 0,981} = \frac{53088}{54386,6} = 0,9761 = 97,61\% \end{aligned}$$

$$\text{Diferença} = 97,61 - 75,04 = 22,57 \text{ uni/h}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilização Linha 2 (Atual)} &= \frac{\text{Cap. Esperada}}{\text{Cap. Realizada}} = \frac{TC \times \text{Volume diário}}{\text{Capacidade Efetiva} \times OE} \\ &= \frac{25,9 \times 1756}{55440 \times 0,973} = \frac{45480}{53943,1} = 0,8431 = 84,31\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Utilização Linha 2 (Após a reestruturação)} &= \frac{\text{Cap. Esperada}}{\text{Cap. Realizada}} \\ &= \frac{TC \times \text{Volume diário}}{\text{Capacidade Efetiva} \times OE} = \frac{30 \times 1756}{55440 \times 0,973} = \frac{52680}{53943,1} = 0,9766 = 97,66\% \end{aligned}$$

$$\text{Diferença} = 97,66 - 84,31 = 13,35 \text{ uni/h}$$