



Estudo de Tempos e Métodos de Produção na Área da Montagem da Produção

FÁBIO FILIPE FERNANDES DA COSTA

novembro de 2016

ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS DE PRODUÇÃO NA ÁREA DA MONTAGEM DA PRODUÇÃO

Fábio Filipe Fernandes da Costa



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2016

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Fábio Filipe Fernandes da Costa, N° 1110668, 1110668@isep.ipp.pt

Orientação científica: Prof. José Alberto Madureira Salgado Rodrigues, jar@isep.ipp.pt

Empresa: Yazaki Saltano de Ovar - PE

Supervisão: Engº Jorge Sousa, jorge.sousa@yazaki-europe.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2016

Agradecimentos

Ao Professor Doutor José Alberto Madureira Salgado Rodrigues, orientador no ISEP, agradeço a oportunidade de estágio apresentada e a disponibilidade e orientação prestada no decorrer do estágio e na realização da presente dissertação.

À empresa acolhedora do estágio, Yazaki Saltano de Ovar – PE, agradeço a confiança depositada em mim e a hospitalidade demonstrada durante o estágio.

Aos colegas do departamento de Engenharia de Produção, pelos conhecimentos, formação e espírito de entre ajuda transmitidos, com especial ênfase às pessoas que acompanharam de perto o desenrolar do projeto.

Aos colaboradores das linhas de montagem da McLaren e MFTE pela ajuda, conhecimento e disponibilidade prestados na concretização do projeto.

Aos meus amigos e familiares pelo apoio e força transmitidos ao longo desta etapa.

A todos, o meu sincero obrigado.

Resumo

A realização deste projeto tem como objetivo o estudo de tempos e métodos de produção na área da montagem da produção do modelo P13 da McLaren e ML da MFTE (Mitsubishi Fuso Truck Europe's) numa empresa multinacional ligada ao ramo automóvel, tendo como objetivo o aumento da eficiência do processo produtivo.

Inicialmente o trabalho incidiu na confrontação do esquema da cablagem do modelo com o *routing report* de modo a verificar se existiam operações inseridas no esquema que não estavam contempladas no *routing report* e a sua identificação (estudo de operações). Ainda inserido no estudo de operações, também foram analisados e descritos os processos realizados na montagem da cablagem (estudo real) de modo a ser possível confrontar os processos “teóricos” e os processos “reais”.

Posteriormente, foi realizado o estudo de tempos recorrendo ao método de cronometragem, tendo sido monitorizadas várias operações de que já se sabia *a priori* que o tempo de operação não estava em concordância com a realidade. Também foram realizadas cronometragens por posto de trabalho.

Por fim, e atendendo ao trabalho realizado, os dados obtidos foram enviados para o departamento Custeio e para as chefes de linha de produção em estudo.

Tendo em conta os objetivos do trabalho achou-se oportuno proceder à realização do balanceamento de linha de cablagens (simples e complexas) que começarão a ser produzidas em 2017.

Em suma e em resultado do estudo efetuado, constatou-se que no caso do modelo P13 existe uma diferença de cerca de 5% dos processos comparando os processos realizados na linha de montagem e os processos descritos no *Routing Report*. Relativamente ao modelo ML, a mesma comparação regista uma diferença de 4,8%.

Palavras-Chave: controlo de tempos e métodos, eficiência, balanceamento de linhas, cronometragem

Abstract

The realization of this project aims to control times and production processes in the assembly area of the McLaren P13 and ML of MFTE (Mitsubishi Fuso Truck Europe's) models in a multinational company related to the automotive sector, with the objective of increasing efficiency of the production process.

Initially the work focused in the confrontation of the model wiring scheme with the routing report in order to verify and identify if there were operations included in the scheme that were not included in the routing report (study of operations). Still inserted in the study of operations, the processes performed in wiring assembling (real study) analyzed and described so that it will be to confront the "theoretical" with the "real" processes.

Subsequently, the time study was performed using the timing method and by monitoring various operations from which it was already known that the operation time was not in accordance with reality. Time measurements for each work station were also carried out.

Finally, and taking into account the work done, the studied data were sent to the costing department and to the heads of the tested production line.

Taking into account the objectives of the study, it was found to be appropriate to implement the line balancing (simple and complex), which production will start in 2017.

In short, and as a result of the performed study, it was found that in the case of P13 model there is a difference of about 5% of processes by comparing the processes performed on the assembly line and the ones described in the Routing Report. For the ML model, the same comparison registers a difference of 4.8%.

Keywords: control times and methods, efficiency, line balancing, timing

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
ACRÓNIMOS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2.OBJETIVOS	2
1.3.CALENDARIZAÇÃO.....	3
1.4.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	4
2. INDÚSTRIA AUTOMÓVEL E YAZAKI CORPORATION	5
2.1.INDÚSTRIA AUTOMÓVEL MUNDIAL	5
2.2.INDÚSTRIA AUTOMÓVEL EM PORTUGAL	6
2.3.APRESENTAÇÃO DA YAZAKI CORPORATION	6
2.4.EVOLUÇÃO HISTÓRICA	8
2.5.PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS	9
3. YAZAKI SALTANO OVAR - PE	11
3.1.APRESENTAÇÃO DA YAZAKI SALTANO OVAR - PE	11
3.2.PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS	14
3.3.EDS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	15
3.4.PROCESSO PRODUTIVO E ATIVIDADES DE SUPORTE	18
4. MCLAREN	23
4.1.MCLAREN.....	23
4.2.MODELO P13 OU GAMA 650S	23
4.2.1. <i>Modelo 650S SPIDER e 650S COUPE</i>	24
4.2.2. <i>Modelo 650S CAN-AM SPIDER – LIMITED EDITION</i>	26
5. LEVANTAMENTO DO PROBLEMA	27

6. ESTUDO DE MÉTODOS E TEMPOS.....	29
6.1.ESTUDO DE MÉTODOS.....	29
6.2.ESTUDO DE TEMPOS.....	35
6.2.1. <i>Métodos de Medida do Trabalho</i>	36
7. ANÁLISE DE MÉTODOS E TEMPOS NA LINHA DE MONTAGEM DOS MODELOS P13 E ML	43
7.1.LINHA DE MONTAGEM DO MODELO P13 – MCLAREN.....	43
7.1.1. <i>Análise de Métodos</i>	43
7.1.2. <i>Análise de Tempos</i>	51
7.2.ML – MFTE (MITSUBISHI FUSO TRUCK EUROPE`S).....	55
7.2.1. <i>Análise de Métodos e tempos</i>	55
8. BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO.....	61
8.1.LINHAS DE PRODUÇÃO/MONTAGEM	61
8.2.BALANCEAMENTO	62
8.2.1. <i>Heurística 1 de Bagal e Sane</i>	65
8.2.2. <i>Heurística 2 de Bagal e Sane</i>	67
9. BALANCEAMENTO DE DUAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO MODELO P14 DA MCLAREN	71
9.1.BALANCEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO DO MODELO P14 - CABLAGEM SIMPLES	72
9.2.MODELO P14 - CABLAGEM COMPLEXA	76
10. CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	87
ANEXO A. CRONOMETRAGENS	91
ANEXO B. PROCESSOS POSTO 1 – COLOCAÇÃO DE FIO	100
ANEXO C. PROCESSOS POSTO 2 – COLOCAÇÃO DE FIO.....	102
ANEXO D. PROCESSOS POSTO 3 – COLOCAÇÃO DE FIO.....	104
ANEXO E. PROCESSOS POSTO 4 – COLOCAÇÃO DE FIO	106
ANEXO F. PROCESSOS POSTO 5 – ISOLAMENTO.....	108
ANEXO G. PROCESSOS POSTO 6 – ISOLAMENTO	111
ANEXO H. PROCESSOS POSTO 7 – ISOLAMENTO	114
ANEXO I. PROCESSOS POSTO 8 – ISOLAMENTO.....	117
ANEXO J. PROCESSOS POSTO DE INSPEÇÃO ELÉTRICA.....	120

ANEXO K. HEURÍSTICA 1: OPERAÇÕES ORDENADAS POR TEMPOS	122
ANEXO L. HEURÍSTICA 1: OPERAÇÕES ORDENADAS POR POSTO DE TRABALHO.....	127
HISTÓRICO.....	133

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização das instalações das Yazaki´s (YAZAKI, 2008a)	7
Figura 2 – Número de colaboradores e fábricas Yazaki no mundo (Yazakicorporation, 2015)	8
Figura 3 – Yazaki Saltano de Ovar - PE – três áreas de negócio (Ferreira, 2014).....	12
Figura 4 – Yazaki Saltano Ovar (Yazaki, 2014)	13
Figura 5 – Departamento de Equipamentos (EDS, 2014)	15
Figura 6 – Departamento de <i>Layouts</i> e Painéis de montagem (EDS, 2014)	16
Figura 7 – CAO: menu principal	16
Figura 8 – Departamento de <i>Checker´s</i> (EDS, 2014).....	18
Figura 9 – 650S SPIDER (McLaren, 2015c).....	25
Figura 10 – 650S COUPE (McLaren, 2015b)	25
Figura 11 – 650S CAN-AM SPIDER (McLaren, 2015a)	26
Figura 12 – Exemplo de um diagrama Homem-Máquina; carregar 2 min; descarregar 1 min; <i>run time</i> 4 min (Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2006).....	34
Figura 13 – Isolamento de Cablagem (Bmatt, 2013).....	52
Figura 14 – Colocação de fio no painel (Timberline, 2015)	53
Figura 15 – Colocação de <i>grommet</i> (TwinTurbo.net, 2010)	53
Figura 16 – <i>Clip Checker</i> (EDS, 2014)	54
Figura 17 – Teste Elétrico (EDS, 2014)	54

Figura 18 – Inspeção Visual (EDS, 2014).....	55
Figura 19 – Inserção de pinos em conetores (Yokowo, 2014).....	57
Figura 20 – Fixação de Cot (Newark, 2013).....	57
Figura 21 – Diagrama de precedências (Silva, 2008).....	67
Figura 22 – Diagrama de operações dividido em colunas (Carvalho, 2012).....	67
Figura 23 – Diagrama de alocação das operações aos postos de trabalho (Carvalho, 2012).....	69
Figura 24 – Tempo de produção da cablagem.....	72
Figura 25 – Balanceamento de linha P14 heurística I - Cablagem Simples.....	73
Figura 26 – Divisão de tarefas por colaborador.....	74
Figura 27 – Balanceamento de linha P14 heurística II - Cablagem Simples.....	76
Figura 28 – Tempo de produção da cablagem.....	77
Figura 29 – Balanceamento de linha P14 - Cablagem Complexa.....	78
Figura 30 – Exemplo da divisão de tarefas por colaborador.....	79
Figura 31 – Relação de tempo produtivo e improdutivo.....	80
Figura 32 – Legenda de cores da quantidade de trabalho.....	80

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Calendarização do Projeto (semanas de 2016).....	3
Tabela 2 – Processos de produção em falta no <i>Routing Report</i> modelo P13 (comparação com desenho Yazaki)	44
Tabela 3 – Processos realizados na linha de montagem não contemplados no <i>Routing Report</i> do modelo P13.....	47
Tabela 4 – Cronometragem por posto, modelo P13 (tempo em minutos).....	49
Tabela 5 – Processos de produção não contemplados no <i>Routing Report</i> do modelo ML56	
Tabela 6 – Cronometragem por posto, modelo ML (tempo em minutos).....	57
Tabela 7 – Operações de montagem de um produto (Silva, 2008).....	65
Tabela 8 – Operações ordenadas por ordem decrescente de tempo de operação (Silva, 2008)	65
Tabela 9 – Operações agrupadas (Silva, 2008)	66
Tabela 10 – Lista de operações divididas em colunas (Carvalho, 2012)	68
Tabela 11 – Alocação das operações aos postos de trabalho (Carvalho, 2012)	68
Tabela 12 – Alocação das operações aos postos de trabalho	75
Tabela 13 – Processos não contemplados no <i>Routing Report</i> do modelo P14.....	81

Acrónimos

CAO	–	Cutting Area Optimisation
EDS	–	Wire Harness Division
ETM	–	Estudo de Tempos e Métodos
F_r	–	Fator de ritmo
HUD	–	Head Up Displays
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MFTE	–	Mitsubishi Fuso Truck Europe's
PDU	–	Power Distribution Units
PT	–	Posto de Trabalho
PTC	–	Porto Technical Centre
T_c	–	Tempo de ciclo
Tol	–	Tolerância
T_p	–	Tempo padrão
YAP	–	Yazaki Automotive Products
YEL	–	Yazaki Europe
YSE	–	Yazaki Saltano Ovar
YSP	–	Yazaki Saltano Portugal
YWT	–	Yazaki Wiring Technologies

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação está inserida no Mestrado de Sistemas e Planeamento Industrial do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto e enquadra-se no âmbito da Unidade Curricular Tese/Dissertação. O tema proposto de “Controlo de Tempos de Produção na Área da Montagem da Produção” insere-se num projeto de engenharia na área de Gestão Industrial que visou aplicar os conceitos teóricos lecionados no decorrer da parte letiva do Mestrado.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O trabalho de projeto desenvolvido é caracterizado pelo controlo de tempos e processos de produção na área da montagem da produção do modelo P13 da McLaren e ML da MFTE (Mitsubishi Fuso Truck Europe's).

De salientar que este projeto é realizado na Yazaki Saltano de Ovar - PE, que tem como principal atividade a produção de cablagens elétricas para automóveis de diversas marcas.

1.2. OBJETIVOS

Para este trabalho foram definidos os seguintes objetivos:

- Analisar e interpretar os processos existentes nos desenhos das cablagens;
- Confrontar processos descritos no *Routing Report* com os processos existentes nos desenhos e fazer o levantamento dos processos em falta;
- Verificar e analisar os processos realizados na linha de montagem e realizar cronometragem por posto;
- Cronometrar diversos processos (a nível unitário) e confrontar o tempo obtido com o tempo estipulado para a operação em estudo;
- Realizar o balanceamento de linhas de montagem tendo como base duas heurísticas estudadas;

1.3. CALENDARIZAÇÃO

Tabela 1 - Calendarização do Projeto (semanas de 2016)

Nome: Fábio Costa

Atividade	Semana																											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
1- Formação geral	→	→																										
2- Formação Engenharia de Produção			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
3- Análise dos processos no desenho da cablagem e confrontação com o <i>Routing Report</i>						→	→																					
4- Cronometragem na linha de montagem								→	→	→																		
4.1- Cronometragem de Isolamento com ferro								→																				
4.2- Cronometragem Colocação de Grommet								→																				
4.3- Cronometragem Inspeção Visual								→																				
4.4- Cronometragem Clip Checker								→																				
4.5- Cronometragem de Fios									→	→																		
5- Balanceamento de Linha										→	→																	
5.1- Verificação de Processos											→	→																
5.2- Balanceamento dos postos de fio												→	→															
5.3- Balanceamento dos postos de isolamento, inspeção elétrica e inspeção de clip's													→	→														
6- Análise e registo dos processos efetuados na linha de montagem P13 e cronometragem por posto													→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
6.1- Registo do número de inserções nos conetores por posto de colocação de fio														→	→													
6.2- Registo do número de fios colocados por posto de colocação de fio														→	→													
6.3- Cronometragem por posto de fio																→	→											
6.4- Confrontação de resultados (<i>Routing Report</i> VS realidade)																→	→											
6.5- Registo do tipo e quantidade de isolamento por posto de isolamento																	→	→										
6.6- Cronometragem por posto de isolamento																		→	→									
6.7- Registo dos processos realizados no posto de inspeção elétrica																			→	→								
6.8- Cronometragem do posto de inspeção elétrica																				→	→							
6.9- Confrontação de resultados (<i>Routing Report</i> VS realidade)																					→	→						
7- Análise e registo dos processos efetuados na linha de montagem ML e cronometragem por posto																						→	→	→	→	→	→	
7.1- Registo do número de inserções nos conetores por posto de colocação de fio																						→	→					
7.2- Registo do número de fios colocados por posto de colocação de fio																						→	→					
7.3- Cronometragem por posto de fio																							→	→				
7.4- Confrontação de resultados (<i>Routing Report</i> VS realidade)																							→	→				
7.5- Registo do tipo e quantidade de isolamento por posto de isolamento																							→	→				
7.6- Cronometragem por posto de isolamento																								→	→			
7.7- Registo dos processos realizados no posto de inspeção elétrica																							→	→				
7.8- Cronometragem do posto de inspeção elétrica																							→	→				
7.9- Confrontação de resultados (<i>Routing Report</i> VS realidade)																								→	→			
8- Redação da tese	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	

Plano: → Real: →

1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório apresenta uma descrição técnica da metodologia de melhoria do processo produtivo bem como dos passos que conduziram à sua implementação.

No capítulo 1 é realizada uma pequena introdução ao trabalho fazendo a descrição dos objetivos, contextualização e calendarização.

No capítulo 2 é apresentada uma pequena descrição da indústria automóvel a nível mundial e a nível nacional bem como uma introdução à Yazaki Corporation, sendo abordadas as atividades principais e uma pequena descrição do seu historial.

No capítulo 3 é feita a apresentação da Yazaki Saltano de Ovar – PE sendo focado o departamento no qual o trabalho foi realizado.

No capítulo 4 está descrito o modelo do automóvel em cujo processo de produção foi desenvolvido o projeto.

No capítulo 5 é realizado o levantamento do problema associado ao tema do projeto.

No capítulo 6 é abordado o tema do estudo de métodos e tempos e as suas principais especificações/características.

No capítulo 7 são analisados os processos e tempos na linha de montagem do modelo P13 e do modelo ML.

No capítulo 8 são descritos os procedimentos a realizar para um bom balanceamento de linha de produção tendo como base duas heurísticas amplamente usadas para este fim.

No capítulo 9 apresentado o balanceamento de linhas referentes a dois produtos distintos (P14 Cablagem simples e P14 Cablagem complexa).

Por fim, no capítulo 10 são enumeradas algumas conclusões do trabalho realizado.

2. INDÚSTRIA AUTOMÓVEL E YAZAKI CORPORATION

No presente capítulo, é realizada uma pequena apresentação da indústria automóvel mundial e nacional e da Yazaki no seu contexto global.

2.1. INDÚSTRIA AUTOMÓVEL MUNDIAL

A indústria automóvel é a indústria responsável pela projeção, desenvolvimento, fabrico, publicidade e venda de veículos automóveis (Tavares & Junior, 2016).

Nos últimos 60 anos verificou-se uma grande expansão da indústria automóvel, pois o nível de produção aumentou de 10 para 89,5 milhões de veículos produzidos por ano registando, em 2015, um aumento de 3% face aos valores do ano de 2013. Relativamente às vendas mundiais, também se verificou um aumento de 3% atingindo um valor de 88,2 milhões de unidades vendidas indicando um excesso de produção de 1,3 milhões de unidades (Automonitor, 2015).

Esta indústria ocupa o sexto lugar no ranking mundial de maiores potências económicas em termos de PIB. Prevê-se que até 2018, a taxa média de crescimento será de 5,6% baseado no

desenvolvimento da frota automóvel nos países emergentes (países em desenvolvimento), o que irá refletir uma mudança na produção e nas vendas nestas regiões (Coface, 2013).

2.2. INDÚSTRIA AUTOMÓVEL EM PORTUGAL

A indústria automóvel é uma das indústrias mais importantes para o crescimento da economia nacional. Esta indústria é composta pela produção e venda de automóveis, sendo que em Portugal existem cerca de 800 empresas de componentes para automóveis, que representam 4,1% do PIB, 12% das exportações e 5,6% do emprego da indústria transformadora. Portugal exporta componentes para mais de 60 países, sendo que 88% das exportações são “absorvidas” pela União Europeia. Segundo Tomás Moreira, é muito difícil exportar para fora do espaço europeu devido à forte e continuada valorização do euro, contudo Marrocos representará uma oportunidade de negócio dado o seu forte crescimento económico e a sua proximidade geográfica (Carvalho, 2014).

Relativamente às exportações de veículos, Hélder Pedro afirma que representam 96,5% da produção total nacional, sendo que a União Europeia continua a ser o principal cliente “absorvendo” 74,4% do total das exportações (Carvalho, 2014).

Como Portugal é produtor de componentes para automóveis e produtor de automóveis adquire uma vantagem competitiva em relação a outros países, além de que muitos dos estados membros da União Europeia não têm indústria automóvel. Uma outra vantagem competitiva advém do facto de Portugal possuir mão-de-obra especializada no setor automóvel (Carvalho, 2014).

2.3. APRESENTAÇÃO DA YAZAKI CORPORATION

A Yazaki Corporation é uma multinacional japonesa fundada em 8 de outubro de 1941 por Sadami Yazaki que se dedica a construir cablagens, instrumentos e componentes elétricos (conectores e terminais) para o setor automóvel, tornando-se assim num fornecedor global no setor descrito (Yazakicorporation, 2013).

A Yazaki está sediada no Japão (Edifício Mita-Kokusai, Tokyo), mas possui instalações em 44 países a nível global distribuídos pelas seguintes regiões:

- YEL (Yazaki Europe)

- YWT (Yazaki Wiring Technologies)
- YAP (Yazaki Automotive Products)



Figura 1 – Localização das instalações das Yazaki´s (YAZAKI, 2008a)

De modo a responder com rapidez e flexibilidade a todas as encomendas, as diversas instalações Yazaki estão localizadas em regiões próximas do cliente. Segundo a revista “Automotive News”, a Yazaki ocupa a posição 10 no ranking de maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel (Yazakicorporation, 2013).

Como descrito anteriormente, a Yazaki está sediada no Japão, mas também possui uma sede na Europa e na América do Norte, que estão localizadas em Colónia, Alemanha e Canton, Michigan, respetivamente.

Atualmente, o grupo conta com cerca de 258300 colaboradores em todo mundo, sendo que apenas 10% do total dos colaboradores se encontra a trabalhar no Japão (Europa e África: 45200 colaboradores em 49 fábricas, América do Norte e do Sul: 76200 colaboradores em 31 fábricas, Ásia e Oceânia: 136900 colaboradores em 49 fábricas), como demonstrado na Figura 2 (Yazakicorporation, 2013).

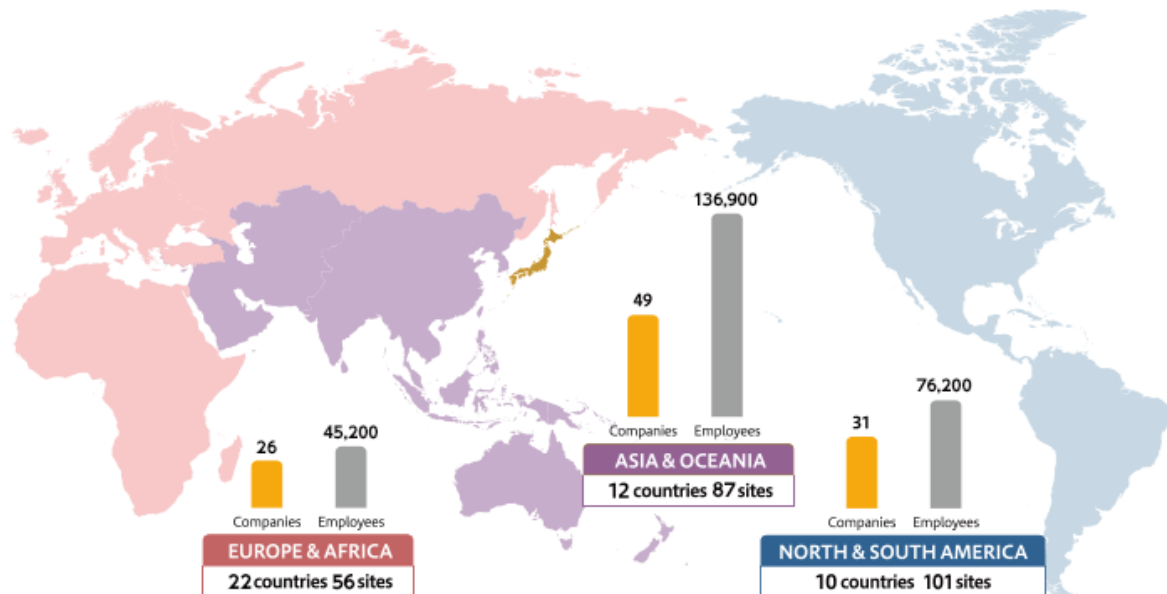


Figura 2 – Número de colaboradores e fábricas Yazaki no mundo (Yazakicorporation, 2015)

Devido à importância atribuída à sustentabilidade do meio ambiente e tendo como objetivo minimizar os desperdícios, a Yazaki adotou diversas políticas corporativas de modo a respeitar os seus valores, sendo que as mais relevantes são: "A Corporation in Step with the World" e "A Corporation Needed by Society". A adoção destas políticas contribui para que em todas as áreas de negócios em que a Yazaki está envolvida se procure respeitar o meio ambiente. Assim sendo, a Yazaki desenvolveu e produziu uma longa linha de produtos amigos do ambiente e de poupança de energia, tais como a invenção do primeiro sistema de ar condicionado do mundo movido a energia solar térmica, em 1974, e o primeiro sistema de ar condicionado alimentado a energia proveniente de biomassa de madeira, em 2008 (Yazakicorporation, 2013).

2.4. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Em 1929, o conceito de venda de cablagens para automóveis começou a surgir tendo como base um pequeno negócio de venda de cablagens de uma família japonesa dando origem à fundação da Yazaki por Sadami Yazaki. Após o decorrer de 9 anos, é aberta a primeira fábrica de fio elétrico da Yazaki. Em 1941, Sadami Yazaki funda a Yazaki Corporation em Tóquio.

Só após a segunda guerra mundial o negócio começou a crescer rapidamente sendo que o crescimento mais acentuado se verificou no período de 1974 a 1990. Este crescimento foi consequência de diversos fatores internos e externos ao Japão, mas o principal fator externo

foi o aumento da deslocalização das empresas automóveis japonesas para fora do Japão de modo a evitar as pesadas sanções comerciais existentes neste período. Esta mudança de estratégia também originou diversas mudanças “dentro” da Yazaki sendo que a mais relevante foi a mudança de liderança. Em 1974, Yasuhiko Yazaki (33 anos de idade) sucedeu ao fundador Sadami Yazaki. Entre 1974 e 1990, verificou-se um aumento nas vendas em cerca de 30 vezes e um aumento dos colaboradores em 10 vezes (Yazakicorporation, 2013).

Em 1949, teve início a produção de cabos para automóveis e surgiram os primeiros escritórios Yazaki na Europa (Suíça). O ano de 1981 foi marcado pelo início da produção de fibra ótica e conetores. A primeira unidade de produção na Europa foi fundada em Portugal no ano de 1986. Em 1987, ocorreu a abertura do primeiro departamento R&D na Europa (Alemanha). Em 2004, a Yazaki Component Technology SRL na Roménia inicia a produção de eletrónica e instrumentação, etc. (YAZAKI, 2008b).

2.5. PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS

A YAZAKI está concentrada na indústria automóvel mais concretamente em três áreas:

- Sistemas de distribuição elétrica;
- Eletrónica e instrumentação;
- Componentes;

Como descrito anteriormente, a Yazaki ocupa a posição 10 no ranking de maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel fornecendo e interagindo com os seguintes fabricantes de automóveis: Toyota, Honda, GM, Ford, Tesla, Subaru, Nissan, Mazda, Jaguar, Land Rover, PSA, McLaren, entre outras. E coordena o desenvolvimento de novas peças, o seu teste e montagem, proporcionando que a Yazaki detenha 30% da quota de mercado mundial de cablagens para automóveis.

Os sistemas de distribuição elétrica produzidos requerem muita mão-de-obra e um alto grau de coordenação e proximidade com o cliente.

Relativamente à área de eletrónica e instrumentação, a Yazaki oferece produtos eletrónicos e instrumentos autónomos inovadores, tais como “Clusters”, módulos de “*Displays*” e relógio, caixas de distribuição de energia, “*Body Eletronics*”, “*Head Up Displays*” (HUD) e “*Combi*

Switches”. A empresa também oferece soluções de sistemas inteligentes de distribuição eletrônica, energia e sinal, equipamentos de gás, ar-condicionado e sistemas de energia solar. Também são desenvolvidos e produzidos conectores e terminais especializados para automóveis (Yazakicorporation, 2013).

A Yazaki vende os seus produtos, principalmente, para fabricantes de automóveis, mas também fornece para empresas de produção de energia elétrica, gás e construção fazendo com que ocupe o *top* 100 das empresas com maior número de produtos patenteados nos EUA (Alves, 2012).

Atualmente, a Yazaki dedica-se à inovação tecnológica e ao melhoramento da qualidade de vida das pessoas, tendo como base a diversidade ambiental e cultural existente em todo o globo, contribuindo para o seu sucesso do mercado a nível mundial (Duarte, 2014).

3. YAZAKI SALTANO OVAR - PE

Neste capítulo, é apresentada a empresa Yazaki Saltano Ovar e o departamento onde a presente dissertação foi desenvolvida.

3.1. APRESENTAÇÃO DA YAZAKI SALTANO OVAR - PE

A Yazaki Saltano de Ovar - PE, Componentes Elétricos para Automóveis, Lda. integra o subsetor de componentes para automóveis, mais concretamente na produção de fios, cabos elétricos e eletrónica (produção de cablagens para automóveis) (Ferreira, 2014). Atualmente, a Yazaki Saltano de Ovar – PE está dividida em três áreas de negócio (Figura 3) (Yazaki, 2014):

- Componentes para a indústria automóvel (*HV & Optical Components, Moulding, Wire Division e PDU (Power Distribution Units)*),
- Sistema de distribuição para automóveis (*Wire Harness Manufacturing – EDS*)
- Centro de Investigação e Desenvolvimento (*Porto Technical Centre – PTC*)

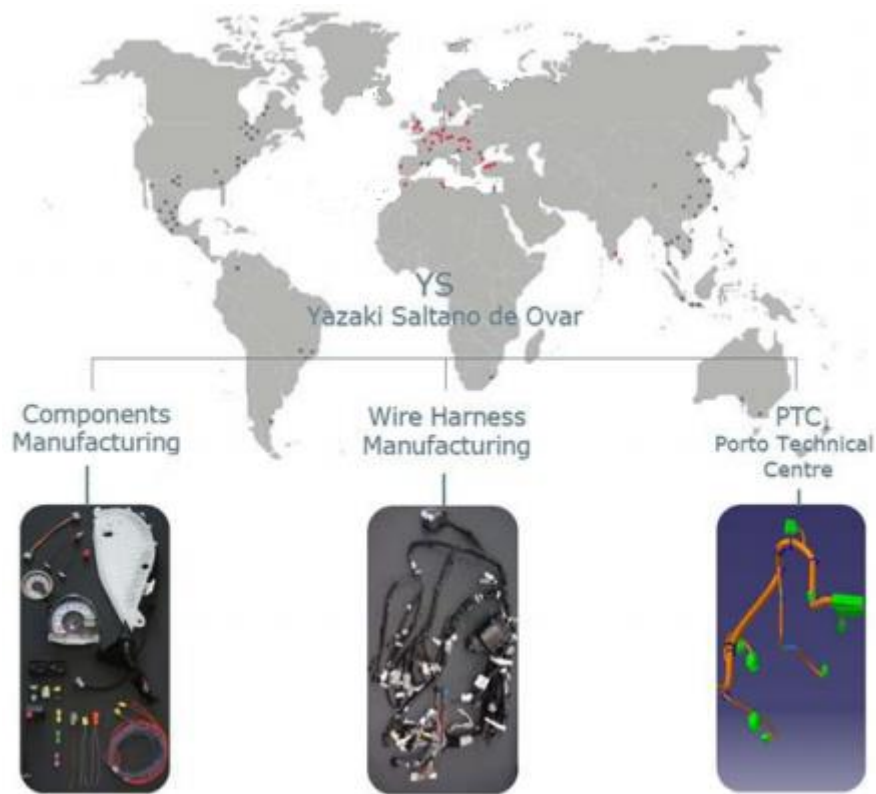


Figura 3 – Yazaki Saltano de Ovar - PE – três áreas de negócio (Ferreira, 2014)

A Yazaki Saltano de Portugal (YSP) foi fundada a 30 de julho de 1986 em Oliveira do Douro e tinha como objetivo a produção de cablagens para automóveis. Em 1989, a fábrica sediada em Oliveira do Douro encerrou sendo que os seus serviços foram transferidos, no mesmo ano, para uma nova unidade fabril sediada em Vila Nova de Gaia. Em 1991, a primeira unidade fabril de componentes elétricos para automóveis do país foi fundada em Ovar (Yazaki Saltano de Ovar, Componentes Elétricos para Automóveis, Lda (YSE)), tornando-se assim, uma “extensão” da YSP. A YSP foi a sede da empresa em Portugal, sendo que o principal escritório estava localizado em Vila Nova de Gaia (Ferreira, 2014).

A partir de 3 de março de 2009 (Sofia & Carvalho, 2015) procedeu-se ao encerramento da unidade fabril da Yazaki Saltano de Portugal e todos os serviços existentes na YSP concentram-se em Ovar na YSE, que conta cerca de 2000 colaboradores (Yazaki, 2014).

Na Figura 4, é possível verificar que a Yazaki Saltano de Ovar é composta por 6 edifícios principais: escritório, cantina, PTC, laboratório, *Guesthouse* e unidade de produção.



Figura 4 – Yazaki Saltano Ovar (Yazaki, 2014)

Cronologia (YAZAKI, 2008a)

1986: Foi fundada a YSP - Yazaki Saltano de Portugal e a unidade fabril YSE - Yazaki Saltano de Ovar Produtos Eléctricos

1987: Inicia o desenho de produção a partir da Yazaki Saltano Portugal

1988: Estabelecimento dos Serviços Laboratoriais na YSE

1989: A fábrica em Oliveira do Douro é encerrada e é inaugurada a nova fábrica sediada em Vila Nova de Gaia

1991: Início da produção na fábrica de Ovar (componentes eléctricos para automóveis)

1993: Início da produção de fios para automóveis na YSE

1994: Início da produção de componentes na YSE

1998: Transferência dos serviços laboratoriais para Ovar

2001: Inauguração do *Porto Technical Centre* (PTC) situado na YSE

2002: Implementação de um novo serviço na YSE: *Supply Management Support*

2003: Implementação de um novo serviço na YSE: *Central Costing & Crimping Centre*

2005: Implementação de um novo serviço na YSE: *Global Service*

2007: Implementação de um novo serviço na YSE: *Component Design*

2009: Encerramento da unidade fabril de Vila Nova de Gaia

2010: O PTC é transferido para Ovar, é criado um novo serviço: Departamento HEV

2011: Implementação de um novo serviço: *SBI Management*

2012: Implementação de um novo serviço: *Project Management*

2013: Implementação de um novo serviço: *Financial Support Services*

2014: Implementação de um novo serviço: *FM&SD Support (Forward Model & System Development)*

3.2. PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS

As atividades desenvolvidas na Yazaki Saltano de Ovar (YSE) são muito diversificadas mas aquelas mais recorrentes e que possuem um grande volume de produção são as seguintes (Sofia & Carvalho, 2015):

- Produção de Cablagens de Baixa-Voltagem;
- Produção de Componentes Óticos e Cablagens de Alta-Voltagem;
- Produção de Produtos de Injeção de Plástico;
- Produção de Unidades de Distribuição de Potência;
- Produção de Fio Elétrico;
- Centro de Investigação e Desenvolvimento (PTC) e Laboratório;

3.3. EDS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O departamento de engenharia de produção é o departamento em que a presente dissertação foi desenvolvida, por isso é apresentada aqui uma pequena descrição das atividades deste departamento.

A engenharia de produção é um departamento que se subdivide em 5 subdepartamentos, sendo eles os seguintes: Equipamentos, *Layouts* e Painéis de montagem, Corte, Processos e *Checker's*.

O departamento de Equipamentos (Figura 5) é responsável pelo estudo, encomenda, preparação, montagem e reparação de grande parte dos equipamentos existentes na unidade de produção. A importância deste departamento deve-se ao facto de ser necessário um estudo prévio do melhor *layout*, dos equipamentos adequados e uma boa capacidade de resposta nas situações mais problemáticas (avarias, mudanças, etc.) de modo que tudo funcione nas perfeitas condições (EDS, 2014).



Figura 5 – Departamento de Equipamentos (EDS, 2014)

O departamento de *Layouts* e Painéis de montagem (Figura 6) está encarregue de preparar os painéis de montagem tendo em conta os requisitos do cliente de modo a que o processo de montagem das cablagens seja o mais eficiente e simples possível. Este departamento é importante, pois assegura que os painéis de montagem sejam elaborados de acordo com as medidas e informações corretas, boa ergonomia, clareza nas ajudas visuais, etc., para que os colaboradores tenham menor dificuldade no processo de montagem, reduzindo a ocorrência de defeitos no produto acabado assim como o tempo de montagem (EDS, 2014).

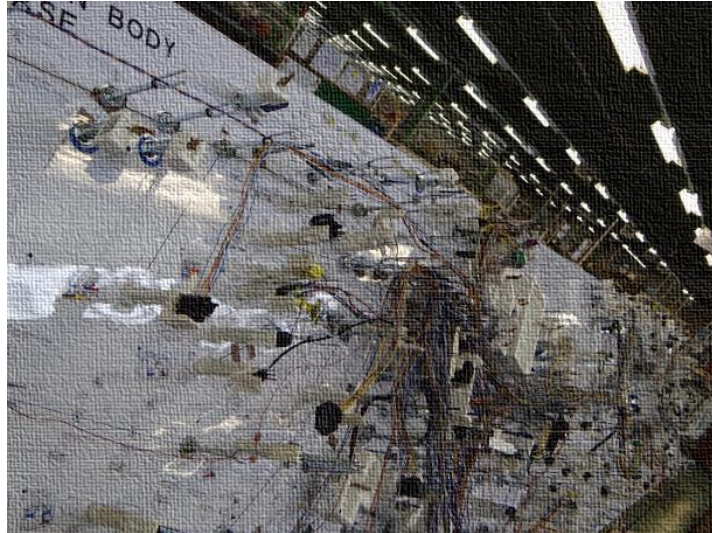


Figura 6 – Departamento de *Layouts* e Painéis de montagem (EDS, 2014)

O departamento de Corte, de fios que são inseridos na cablagem, é gerido de acordo com as especificações do *software* CAO (*Cutting Area Optimisation*) que permite a otimização de forma automática das máquinas existentes na área do corte. Este departamento tem como principal objetivo a redução de tempos de *set-up* de acordo com a parametrização que está definida e as ferramentas que são atribuídas a cada máquina (EDS, 2014).

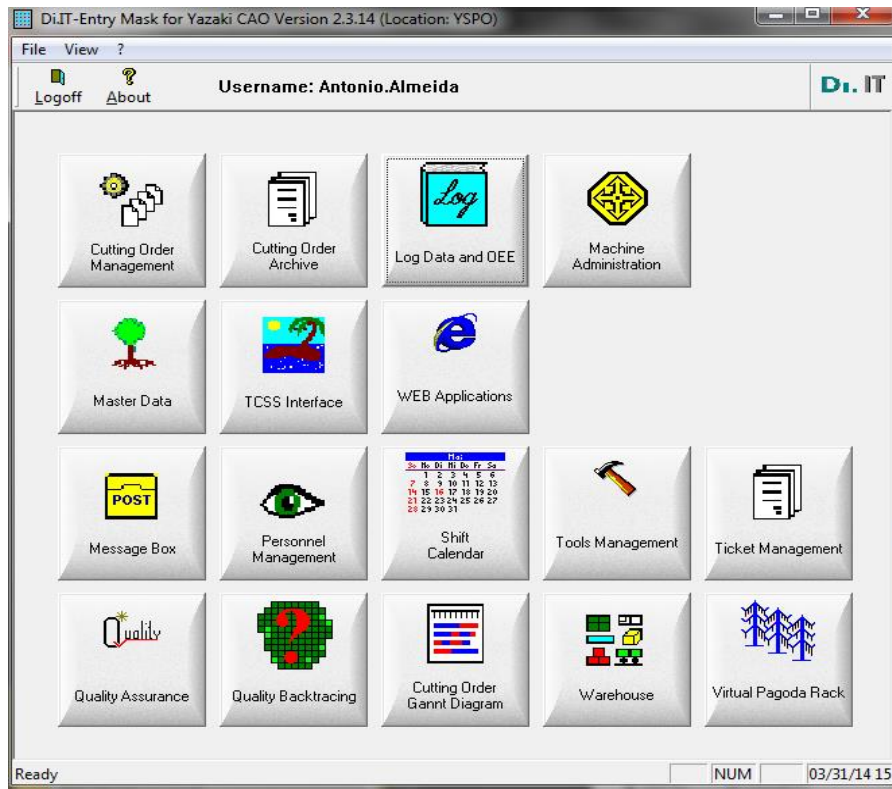


Figura 7 – CAO: menu principal

O departamento de Processos define as etapas de um projeto e faz o seu acompanhamento e melhoria após o início da sua produção. Para tal ser possível, é necessário a recolha e elaboração da informação do projeto e a transmissão dessa informação à equipa, de modo que todas as tarefas necessárias à definição/preparação do processo estejam de acordo com os *timings* do plano do projeto. Neste departamento são rececionados os desenhos de cliente, especificações e suas análises, os requisitos dos clientes, o volume de produção e o tempo de vida do projeto. Também são analisadas as características dos circuitos a partir da listagem de circuitos, peças e tubos assim como também é realizado o balanceamento da linha. O balanceamento de linha só é realizado após a disponibilização da listagem dos produtos necessários à cablagem e é realizado tendo em conta o *cycle time* e o número de cablagens a produzir por dia e o número de postos de trabalho necessários para atingir as encomendas do cliente. O balanceamento deve ser feito para todos os processos necessários à montagem da cablagem e os seus testes. Através destas análises é possível definir as necessidades de equipamento e as ferramentas auxiliares ao processo produtivo. Após a conclusão dos processos descritos será necessário proceder às identificações das áreas de produção e caixas de componentes e das estantes de fio (EDS, 2014). O departamento de processos será o departamento onde a presente dissertação foi desenvolvida na sua maioria.

O departamento de *Checker's* (Figura 8) é o departamento responsável pelo teste elétrico das cablagens já produzidas. O teste elétrico é realizado por um conjunto de equipamentos previamente estudados e programados que garantam que o produto final chegue ao cliente com todos os requisitos estipulados. Caso este teste não fosse realizado nada garantia que os circuitos e componentes da cablagem estavam corretos e em contacto em termos elétricos. Um componente ou circuito em falha ou trocado poderia originar falhas, avarias e/ou curto-circuitos no sistema elétrico do automóvel (EDS, 2014).

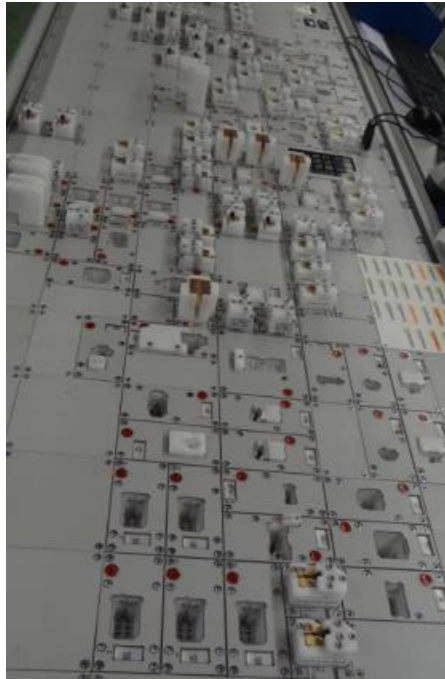


Figura 8 – Departamento de *Checker's* (EDS, 2014)

3.4. PROCESSO PRODUTIVO E ATIVIDADES DE SUPORTE

As empresas têm de organizar a sua produção da forma mais eficiente possível de modo a servir o cliente, aproveitar economias de escala e reduzir custos mas mantendo elevados os níveis de qualidade dos seus produtos (Gestão, 2010).

O processo produtivo é a principal função do gestor de operações, pois é ele que define a capacidade a instalar, o *layout* das operações, o planeamento da produção e a tecnologia e equipamentos a utilizar. O gestor tem de se dotar de conhecimentos técnicos acerca do processo e do produto e de ter a capacidade de motivar os trabalhadores e de tomar decisões (Peinado & Graeml, 2007).

O processo produtivo implementado na Yazaki Saltano de Ovar - PE é inspirado na filosofia *Lean Manufacturing*.

O *Lean Manufacturing* é uma metodologia que tem como principal objetivo eliminar desperdícios, ou seja, eliminar o que não atribui valor para o cliente e/ou produto, permitindo agilizar o processo produtivo (Anjani Kumar & Mahto, 2013).

Este conceito foi fundado por Toyota Taiichi Ohno (1950) e implementado no Sistema Toyota de Produção. Ohno criou e implementou um sistema de produção cujo principal objetivo era a identificação e a eliminação de desperdícios originando uma redução de custos

de produção, aumento da qualidade e agilização do tempo de entrega dos produtos aos clientes (Werkema, 2012).

Segundo Taiichi Ohno, uma boa implementação deste processo produtivo resulta na redução de sete tipos de desperdícios (identificados por Ohno) (Werkema, 2012):

- Defeitos;
- Excesso de produção;
- Stocks;
- Processamentos excessivos;
- Movimentos efetuados por trabalhador;
- Transportes;
- Tempo de espera originado pelo equipamento de processamento ou por uma atividade anterior (sistemas lentos ou inoperacionais);

Em 1990, Womack e Jones publicaram o livro intitulado de: “The Machine that Changed the World” em que um dos assuntos abordados foi o acrescentar de um outro desperdício à “lista” criada por Ohno denominado de: “produtos e serviços que não atendem às necessidades do cliente” (Jones & Womack, 2007).

Womack e Jones também enumeram que “existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento enxuto” que também é denominado por *Lean Thinking*. *Lean Thinking* é um conceito que tem como objetivo especificar valor, ou seja, ordenar os processos que criam valor de forma sequencial e realizá-los de um modo cada vez mais eficaz (Jones & Womack, 2007) (Werkema, 2012).

Segundo o *Lean Institute*, o *Lean Thinking* tem como princípios especificar valor, identificar o fluxo de valor, criar fluxos contínuos, produção *Pull* e procurar a perfeição. A primeira etapa deste conceito consiste na definição de “valor” por parte do cliente. Do ponto de vista do cliente, “a necessidade gera valor” sendo que será a entidade fornecedora do produto que identifica a necessidade e procura satisfazê-la cobrando pelo serviço prestado. O lucro obtido

depende do preço cobrado e da melhoria contínua dos processos, daí resultando a redução de custos e aumento da qualidade (Werkema, 2012).

A segunda etapa é responsável por identificar o fluxo de valor, ou seja, a cadeia produtiva é analisada e subdividida em processos de três tipos: processos que geram valor, processos que não geram valor mas são relevantes para efeitos de manutenção e/ou qualidade e processos que não incorporam valor ao produto final. Estes últimos devem ser eliminados de imediato reduzindo assim os custos de produção (Werkema, 2012).

A terceira etapa tem como objetivo proporcionar fluidez aos processos e atividades que ainda não foram realizadas, ou seja, são criados fluxos contínuos o que origina uma redução do tempo de produção e de processamento do produto e uma diminuição de stocks. Ao implementar este conceito, uma empresa consegue atender às necessidades dos clientes de uma forma quase instantânea, pois está em condições de desenvolver, produzir e distribuir o produto de uma forma muito ágil (Werkema, 2012).

A quarta etapa consiste na inversão do fluxo produtivo, ou seja, é o consumidor que “puxa” a produção, eliminando stocks e aumentando o valor do produto.

Por último, a quinta etapa procura a obtenção da perfeição. Esta deve ser o objetivo constante de todos os intervenientes envolvidos nos fluxos de valor. O aperfeiçoamento contínuo deve concentrar todos os esforços da empresa, nos quais todos os “membros da cadeia” (trabalhadores, distribuidores, revendedores, etc.) possuam um conhecimento alargado do processo proporcionando o diálogo e a procura contínua de melhores formas de criar valor (Werkema, 2012).

Nos últimos anos, o número de empresas que adotaram os conceitos associados a *Lean Manufacturing* tem vindo a aumentar de uma forma significativa. Contudo, deve-se ter em conta que a adoção do *Lean Manufacturing* é um processo que requer mudanças a nível da cultura e da organização e é, por isso, um processo difícil e moroso (Werkema, 2012).

Este processo baseia-se no conceito de melhoria contínua ou *Kaizen* que representa todas as atividades no sentido de melhorar o desempenho dos processos e sistemas de trabalho (PME, 2013) onde a abordagem de “aprender-ao-fazer” é amplamente respeitada. *Kaizen* é definido como um ciclo de melhoria contínua tendo como foco a análise do desempenho, oportunidades e implementação de melhorias e a sua avaliação. As melhorias contínuas

exigem que as empresas se “esforcem” para resolver os problemas com que se deparam de modo a melhorar o seu desempenho (Aasheet Kumar, Chaudhary, Kalra, & Jha, 2014). A aplicação deste processo estimula o trabalho em equipa, a eficácia do processo e o acelerar do processo produtivo, pois é feita uma simplificação e flexibilização do sistema. Neste tipo de ideologia, a produção é feita em múltiplos lotes de pequena dimensão fazendo com que os colaboradores tenham formação em diversas áreas adquirindo assim, uma elevada série de competências. Neste sistema, existe uma frequente rotação dos postos de trabalho e é realçada a comunicação através da cadeia de distribuição (Gestão, 2010).

4. MCLAREN

No presente capítulo é realizada uma pequena descrição da marca e do modelo da cablagem para o qual o trabalho foi desenvolvido.

4.1. MCLAREN

McLaren Automotive, ou simplesmente McLaren é um fabricante britânico de automóveis de alto desempenho. Foi fundada em 1989 por Ron Dennis com a designação de *McLaren Cars* e tinha como objetivo o fabrico de “carros de rua” com tecnologia Fórmula 1, ou seja, é um fabricante de veículos superdesportivos em série com edições limitadas. Atualmente, este fabricante está sediado em Woking, Inglaterra e emprega cerca de 1300 colaboradores.

McLaren dispõe de uma rede de retalhistas de venda de carros composta por cerca de 71 retalhistas distribuídos por 30 países (Sousa & Poa, 2013).

O projeto da presente dissertação foi desenvolvido na área de montagem da cablagem da McLaren mais concretamente do modelo P13.

4.2. MODELO P13 OU GAMA 650S

O modelo P13 ou como é atualmente conhecido, modelo 650S, do fabricante britânico (McLaren) começou a ser produzido em 2015 sendo que a sua estreia mundial foi realizada no segundo semestre do mesmo ano. Ao invés de outros modelos já produzidos pela McLaren, o modelo P13 é um modelo redirecionado para o mercado de carro desportivo, contendo a chapa de identificação “Sports Series” (Floreia, 2014).

Atualmente, o modelo 650S conta com 3 versões:

- 650S SPIDER
- 650S COUPE
- 650S CAN-AM SPIDER – LIMITED EDITION

4.2.1. MODELO 650S SPIDER E 650S COUPE

As versões 650S SPIDER (Figura 9) e 650S COUPE (Figura 10) foram apresentadas no Salão de Genebra em 2015 e são caracterizadas por um estilo aerodinâmico e exuberante, como se pode constatar nas Figuras 9 e 10. A versão 650S SPIDER dispõe de um teto retrátil em que a operação de abrir e fechar o teto demora 17 segundos e pode ser efetuada com o carro em movimento (limite de 30 km/h).

O fabricante levou ao extremo o conceito de aerodinâmica e de acústica proporcionando que este modelo atinja velocidades elevadas com menor consumo e que seja possível conversar dentro do veículo em movimento com o teto aberto sem que seja necessário elevar muito o tom de voz (esta última especificação só se verifica na versão 650S SPIDER). Ambas as versões apresentam um painel de estilo “minimalista” mas com todas as informações que o condutor necessita (Riogaragem, 2015).

Estas versões estão equipadas com um motor V8 com tecnologia 3.8 turbo de 7 velocidades e 3799 cm³ de cilindrada gerando uma potência de 650 cavalos ou 478 kW e 7250 rpm. Estas características fazem com que seja possível fazer uma aceleração dos 0 aos 100 km/h em menos de 3 segundos e dos 0 aos 200 km/h em 8 segundos, sendo que a sua velocidade máxima é de 329 km/h. Os presentes modelos apresentam um consumo combinado de 11.7 L/100 km e um peso bruto de 1.370 kg (UltimateSpecs, 2014).



Figura 9 – 650S SPIDER (McLaren, 2015c)



Figura 10 – 650S COUPE (McLaren, 2015b)

As especificações e características implementadas na versão 650S SPIDER conduziram a que fosse possível “bater” em 6 segundos o tempo necessário para completar uma volta do circuito de Nürburgring (tempo realizado: 8:10.921). Este recorde foi realizado na difícil prova denominada de “24 horas de Nürburgring” (AutoEsporte, 2015).

4.2.2. **MODELO 650S CAN-AM SPIDER – LIMITED EDITION**

O modelo 650S CAN-AM SPIDER (Figura 11) foi concebido para celebrar o 50º aniversário da Canadian-American Challenge Cup, razão pela qual apenas foram construídos 50 exemplares. O *design* deste modelo foi inspirado no carro de corridas da mesma marca que venceu 5 vezes consecutivas o Canadian-American Challenge Cup, mas possui um maior número de peças de fibra de carbono, spoiler dianteiro, capô e travões aerodinâmicos fazendo com que o peso bruto do veículo tenha diminuído (Allan, 2014). A nível de características mecânicas, é em tudo idêntico ao modelo 650S SPIDER, ou seja, motor V8 com 3799 cm³ e uma potência de 650 cavalos (UltimateSpecs, 2014).



Figura 11 – 650S CAN-AM SPIDER (McLaren, 2015a)

5. LEVANTAMENTO DO PROBLEMA

No decorrer deste capítulo, é feito o levantamento do problema tendo em conta o tema proposto.

No âmbito da atual “competitividade industrial” todas as fábricas desejam aumentar a sua produção e “consumir” uma menor quantidade de recursos materiais e humanos mantendo e/ou aumentando o nível de qualidade. Este conceito é traduzido pela eficiência da produção. Quanto maior for o valor obtido, maior será a produtividade. Uma elevada eficiência é a utilização racional de recursos materiais e humanos que maximiza a probabilidade de atingir os resultados predeterminados (eficiência é sinónimo de ausência de desperdício - Nunes, 2015). Posto isto, é desejável que o índice de eficiência assuma valores próximos de 100%, permitindo que os recursos envolvidos na produção sejam rentabilizados ao máximo. Contudo, este objetivo não está a ser alcançado na linha de produção das cablagens do modelo P13 da McLaren e ML da MFTE na Yazaki Saltano de Ovar - PE. Após a realização de uma pequena reunião com as chefes de linha de montagem e as pessoas responsáveis pela marca na Yazaki verificou-se que o principal problema inerente ao baixo valor de eficiência está na falta de processos que são necessários realizar mas que não estão documentados e na atribuição do tempo “teórico” necessário aos processos na produção das cablagens descritas.

Atendendo ao problema descrito e na expectativa de o minimizar, foi decidido fazer um estudo de tempos e métodos/processos na linha de montagem do modelo P13 da McLaren e no modelo ML da MFTE que terá como base os seguintes objetivos:

1. Análise dos processos descritos no desenho da cablagem e a sua confrontação com os processos descritos no *Routing Report*, identificando possíveis diferenças e/ou falhas;
2. Cronometragem de alguns processos referenciados como “complexos”;
3. Análise de processos realizados na linha de montagem e confrontação dos mesmos com os descritos no documento *Routing Report*, identificando os processos que não estão contemplados no documento;
4. Cronometragem por posto, ou seja, cronometragem do tempo necessário à realização de todos os processos por posto de trabalho;
5. Análise dos resultados obtidos e o seu reportar, de modo a ser possível efetuar correções no tempo total de produção da cablagem;
6. Previsão de um balanceamento de uma linha de montagem de uma cablagem que irá ser produzida no próximo ano de 2017;

6. ESTUDO DE MÉTODOS E TEMPOS

Neste capítulo, é feita uma descrição do conceito de estudo de tempos e métodos, assim como os passos a seguir na sua implementação.

6.1. ESTUDO DE MÉTODOS

O estudo dos métodos tem como objetivo principal a melhoria geral da eficiência no processo, nomeadamente (Azevedo, 2015):

- Aumentar a produção mantendo inalterada a quantidade de trabalho, material e equipamento;
- Melhorar a implantação de fábricas, oficinas, escritórios e postos de trabalho;
- Diminuir desperdícios inerentes ao processo;
- Melhorar a qualidade do serviço ou produto sem adicionar trabalho e/ou equipamento ao processo;
- Eliminar “fadiga inútil” fazendo com que o esforço humano seja economizado;

- Melhorar a segurança no trabalho e o seu nível de comodidade tornando o trabalho atrativo;

O estudo de métodos e tempos (ETM) permite ainda aumentar os níveis de higiene e segurança no trabalho e reduzir substancialmente os níveis de fadiga nos colaboradores (Azevedo, 2015).

De modo a ser possível alcançar os objetivos propostos, o estudo dos métodos é baseado na realização de quatro atividades essenciais (Kanawaty, 1992):

- Observação;
- Recolha e registo de dados e informações;
- Análise crítica dos resultados obtidos;
- Proposta de novos métodos e/ou oportunidades de melhoria;

Estas atividades deverão ser realizadas com rigor de modo a aumentar a produtividade e melhorar as condições de trabalho dos operadores. Para tal é necessário realizar um estudo detalhado de como o trabalho é executado tendo em vista a implementação de melhorias a nível de procedimentos e processos, melhoria do posto de trabalho, melhoria de equipamentos e redução da utilização de maquinaria, energia, espaço e de mão-de-obra (Azevedo, 2015).

A atividade de observação pode ser realizada por visualização, entrevista ou realização da tarefa/operação pela pessoa que está a efetuar o estudo.

Esta fase é de vital importância, pois existem diversas informações que devem ser observadas e recolhidas para posterior tratamento. Tudo o que não for tido em conta poderá pôr em causa a análise crítica e eventuais oportunidades de melhoria.

De modo a facilitar o trabalho da pessoa encarregada pelo estudo, este deverá ser apresentado pela chefia direta aos colaboradores explicando os seus objetivos. Além disso, o responsável pelo estudo deverá ter em conta diversos aspetos, sendo que os mais relevantes são os seguintes:

- Pedir a opinião da chefia acerca da escolha das operações a estudar, dos colaboradores a observar e sobre qualquer questão técnica que diga respeito à produção;
- Nunca dar uma ordem direta a um colaborador;
- Caso seja levantada alguma questão por parte dos colaboradores ao responsável pelo estudo que exija uma decisão importante, esta deve ser enviada diretamente à chefia;
- Nunca confiar a um colaborador uma decisão que possa ser considerada crítica para a chefia;

Nunca permitir que os colaboradores utilizem a “posição” do responsável pelo estudo para desautorizar as chefias, ou para obter uma modificação de algo com o qual não concordam (Kanawaty, 1992);

Além destes aspetos, para ser possível obter uma boa “observação”, também é de extrema importância formular as seguintes questões (Kanawaty, 1992):

- Tarefa ou operação

O que é que está a ser realizado?

Porque é que tem de ser realizado?

Existe alternativa?

O que poderia ser feito em alternativa?

- Local

Onde está a ser realizado e porquê?

Existe um lugar alternativo? Onde?

- Sequência

Quando está a ser realizado?

Porquê que foi adotada essa sequência?

Existem alternativas?

Quando é que as alternativas podem ser implementadas?

- Executante

Quem é a pessoa que está a realizar a tarefa/operação? Porquê?

Existe algum colaborador que possa realizar a mesma tarefa? Quem?

- Meios/recursos

Como está a ser realizado?

Porque está a ser realizado determinado processo?

Existe um processo idêntico alternativo? Como poderia ser executado?

Estas são as questões que determinam se a observação será produtiva ou não.

A atividade de registo de dados deverá ser realizada juntamente com o colaborador responsável de modo a obter dados “reais”, conjugando todas as adversidades com que os colaboradores se deparam. O registo de dados poderá incluir a medição de tempos de execução de cada operação para que seja possível a quantificação de tempos produtivos e não produtivos, quantificação da ocupação dos meios disponíveis, quantificação da velocidade de execução da operação. Bem como a auscultação da opinião dos colaboradores que realizam a tarefa em estudo, pois são os colaboradores que dispõem de um maior conhecimento sobre as operações realizadas. Esta “ferramenta” tornar-se-á essencial na realização da análise crítica e para a sistematização do método alternativo (Kanawaty, 1992).

A análise crítica de resultados é uma das atividades com maior relevância no estudo de métodos, pois é nesta etapa que se avaliam os resultados obtidos e se procede à eliminação, simplificação, combinação e automatização de alguns processos (Kanawaty, 1992).

Após o ensaio de novos processos na fase de testes, é importante ouvir, novamente, a opinião dos colaboradores acerca das mudanças implementadas e assim determinar o nível de satisfação e as mudanças que consideram ser positivas e negativas (Kanawaty, 1992).

Por fim, segue-se a fase de proposta de novos métodos e/ou oportunidades de melhoria junto das entidades de chefia e, caso sejam aceites, procede-se à implementação das mesmas (Kanawaty, 1992).

Para auxiliar este estudo é muito frequente utilizar gráficos de atividades (representam todas as atividades de um processo produtivo) que permitem visualizar de uma forma esquemática e com escala temporal todas as operações da atividade em estudo. Os gráficos mais usuais são os gráficos homem-máquina, gráficos de atividades múltiplas e gráficos de duas mãos ou gráficos de Mão direita-Mão esquerda.

Os gráficos homem-máquina têm como finalidade estudar e analisar o trabalho de um colaborador com uma ou mais máquinas, sendo possível a identificação (depois de concluído) do tempo de ciclo da operação, o tempo improdutivo do operador e/ou da máquina e os custos associados. Normalmente, para se atingir a melhor solução será necessário construir vários gráficos homem-máquina (1 colaborador e 1 máquina, 1 colaborador e 2 máquinas, etc.) de modo a ser possível a minimização dos tempos improdutivos.

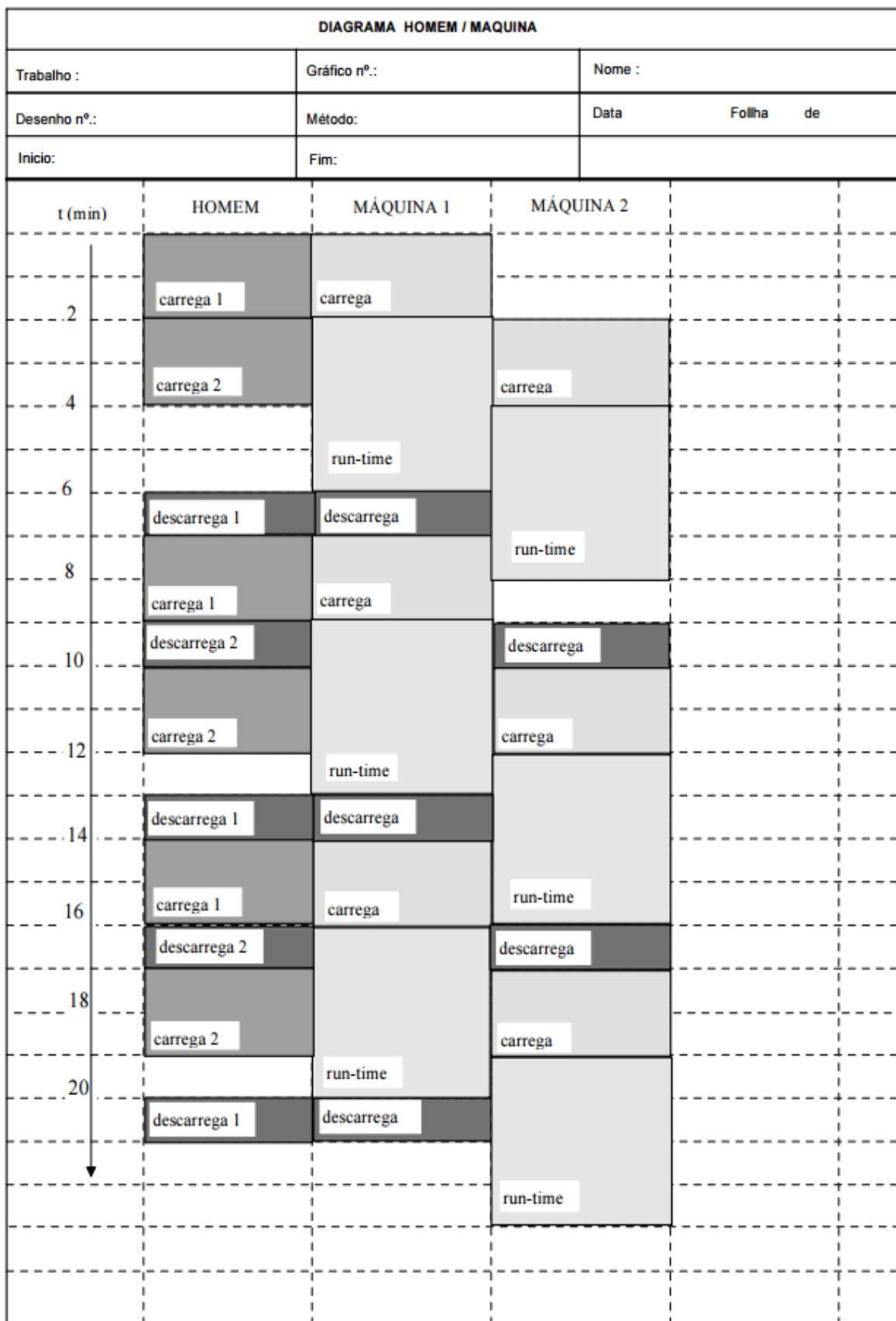


Figura 12 – Exemplo de um diagrama Homem-Máquina; carregar 2 min; descarregar 1 min; *run time* 4 min (Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2006)

Relativamente aos gráficos de atividades múltiplas, estes são amplamente usados para o estudo do trabalho de vários colaboradores em ambiente de equipa, com a utilização ou não de máquinas. Os gráficos de atividades múltiplas são muito semelhantes aos gráficos abordados anteriormente, com a exceção de que os componentes utilizados nestes gráficos representam máquinas e/ou colaboradores.

Por fim, os gráficos de Duas-Mãos ou gráficos Mão direita-Mão esquerda são utilizados para analisar de forma detalhada todas as tarefas manuais que são realizadas pela mão direita e pela mão esquerda de forma sequencial. As tarefas são dispostas em duas colunas, uma coluna referente à mão direita e outra referente à mão esquerda. De modo a facilitar a “leitura” do gráfico foi convencionado que as operações seriam representadas por círculos sem preenchimento e as deslocações/movimentos por círculos com preenchimento a preto (Azevedo, 2015).

6.2. ESTUDO DE TEMPOS

O estudo de tempos é uma técnica de medida de trabalho que permite registar os tempos de uma dada operação ou tarefa executada em determinadas condições. Os dados recolhidos serão analisados de modo a ser possível obter o tempo necessário para a execução da tarefa em estudo, tendo em conta um rendimento que se pretende atingir (Exertus, 2003).

Este tipo de estudo é muito utilizado na determinação dos tempos *standard* ou tempos padrão de operações/tarefas já sistematizadas, sendo que é uma ferramenta que suporta o estudo de métodos. O tempo padrão é um fator de extrema importância quando se está a idealizar um novo processo produtivo, pois é de acordo com este fator que são planeadas as capacidades (determina-se a capacidade disponível), feita estimativa de custos (determina-se o custo e/ou preço do produto), e determinada a carga (é planeado as necessidades de mão-de-obra e de equipamento) e é realizada a avaliação de métodos e colaboradores (reduzir/eliminar tempos improdutivos, avaliar desempenho dos colaboradores e estipular objetivos/incentivos e prémios de produtividade).

Os tempos padrão apenas são válidos até à data em que se verifique uma alteração do método ou das condições de trabalho. Caso se verifique uma destas situações será necessário proceder à atualização do tempo padrão (Kanawaty, 1992).

Para a correta elaboração do presente estudo será necessário proceder à realização de quatro etapas chave: seleccionar, medir, avaliar a precisão e definir padrão.

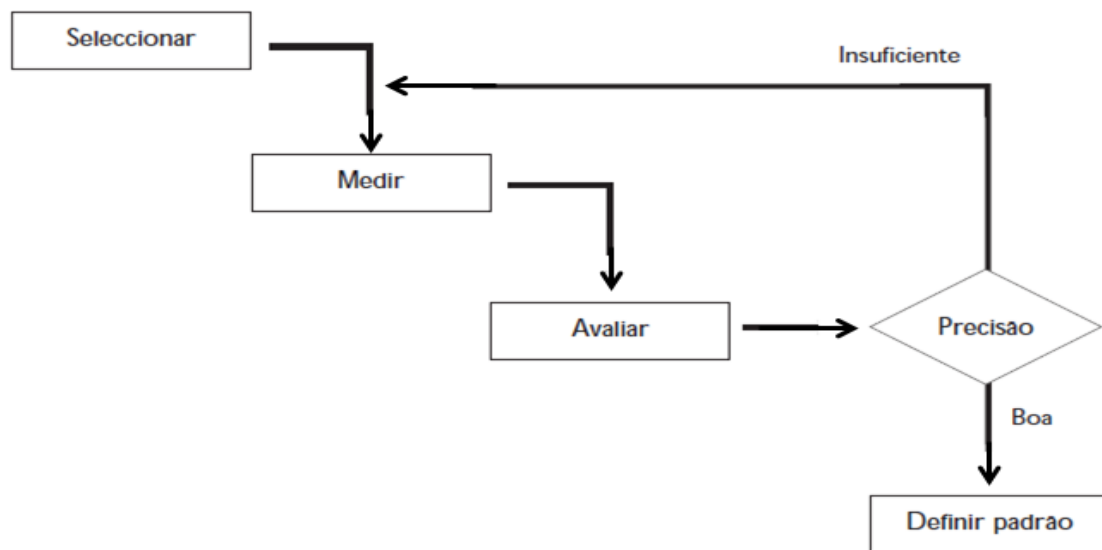
A primeira etapa, seleccionar, consiste na escolha e preparação da tarefa a estudar assim como na recolha de toda a informação inerente ao processo.

A segunda etapa, medir, é caracterizada pela forma como deve ser feita a medição, considerações a ter em conta e que meios existem para tal ser possível.

Na terceira etapa, avaliar a precisão, é definido o número de medições mínimas a realizar de modo a afirmar que o tempo necessário para determinada tarefa é “Y”.

A quarta e última etapa, definir o padrão, introduz os coeficientes necessários para que o tempo obtido possa ser considerado como tempo padrão (Kanawaty, 1992).

De um modo geral, o processo de Estudo de Tempos pode ser definido pelo fluxograma 1:



Fluxograma 1 – Processo de Estudo de Tempos (Exertus, 2003)

6.2.1. MÉTODOS DE MEDIDA DO TRABALHO

De modo a efetuar o estudo de tempos, existe um conjunto de métodos de medida do trabalho, dos quais se destacam os seguintes (Carvalho, 2012):

- Estimativa

Neste método, os tempos de operação são registados pelo próprio colaborador. As atividades são codificadas e agrupadas e as horas de início e fim de cada atividade são anotadas, dando

origem a um tempo padrão (com exatidão reduzida). Este método é simples logo não necessita de um elevado grau de formação por parte dos colaboradores.

- Registo de dados históricos

Em semelhança com o método “estimativa”, este também é um método simples em que o cálculo do tempo padrão é facilitado, mas o ritmo do trabalhador não é tomado em conta. Este registo é caracterizado pela contagem do número de produtos efetuados em atividades consistentes, ou seja, é realizada a divisão do número de produtos acabados pelo tempo necessário à sua produção.

- Amostragem

Este método é caracterizado pela observação dos colaboradores em instantes de tempo aleatórios, no qual é determinado o processo que está a ser realizado. Este processo pode e deve ser repetido várias vezes em todos os postos de observação, pois é necessário um número de observações suficiente para se obter resultados fiáveis. A amostragem é amplamente usada na avaliação de tempos produtivos e não produtivos.

- Tempos padrão

Para a realização deste método é necessária a consulta de uma base de dados com a duração das operações elementares (tempo padrão), pois estas são, normalmente, repetitivas não sendo necessário medir repetidamente o seu tempo mesmo em “trabalhos” diferentes. Ao utilizar este método é permitida a reformulação e avaliação dos processos existentes com a poupança de um estudo de tempos. Se os tempos necessários à realização de um novo produto estão disponíveis na base de dados, ao serem somados obtém-se o tempo padrão correspondente.

- Tempo de movimentos predeterminados

Para determinar o tempo padrão através deste método é necessário somar os tempos necessários à realização de um conjunto básico de movimentos, aos quais é possível reduzir todos os trabalhos. São eles os seguintes:

1. Alcançar;
2. Segurar;

3. Mover;
4. Rodar;
5. Aplicar Pressão;
6. Posicionar;
7. Desligar;

Tendo como base os movimentos básicos enumerados, o grau de dificuldade associado à realização de cada movimento, os tempos parciais obtidos a partir da tabela de tempos predeterminados e a aplicação de um fator de tolerância é possível obter o tempo padrão (Adissi, Pinheiro, & Cardoso, 2013).

- Cronometragem

Taylor, foi o pioneiro no desenvolvimento do conceito de cronometragem. Esta técnica é a mais correntemente utilizada para a determinação dos tempos de operação de tarefas breves e repetitivas.

No presente trabalho, o estudo de tempos foi elaborado pelo método de cronometragem, por isso, este tema é analisado com maior pormenor.

O estudo de tempos por cronometragem tem como principal objetivo determinar o tempo padrão de operações através de medições da duração das operações elementares que a constituem.

Para tal ser possível atingir, será necessário cumprir o seguinte conjunto de etapas:

- Etapa 1: obter informações sobre as operações e colaboradores em estudo;

Numa primeira instância, é muito importante a análise dos fatores do estudo (operações e colaboradores). Ou seja, é muito importante conhecer a experiência do colaborador nas operações em estudo, recolher informações sobre a padronização das tarefas e como devem ser realizadas, e determinar a variabilidade do funcionamento dos equipamentos e das condições de trabalho. É relevante a obtenção destas informações pois poderão influenciar o resultado final da cronometragem (Kanawaty, 1992).

- Etapa 2: dividir as operações nos seus elementos e registo de uma descrição completa do processo;

A divisão das operações deve ser feita de modo a dividi-las em operações elementares. Esta divisão permite ao analista identificar e analisar os erros, listar todo o processo e os seus tempos, fazer uma diferenciação na avaliação do ritmo de trabalho, fazer a separação das operações em que o ritmo seja limitado por uma máquina e também facilita a análise de algumas operações elementares caso estas não sejam repetidas em todos os ciclos e caso algumas sejam semelhantes em diferentes trabalhos.

Na divisão das tarefas, deve ser tido em conta que estas não tenham uma duração muito curta, de modo a que seja possível a sua medição de forma adequada, e que não tenham uma duração muito elevada, para que não exista grande variabilidade, que as operações realizadas pelos colaboradores sejam separadas das operações realizadas pelas máquinas. O início e o fim das operações elementares devem ser facilmente identificáveis e, caso existam operações constantes, estas deverão ser diferenciadas das operações variáveis e os pontos de medida devem ser garantidos (pontos visuais ou ruídos) (Kanawaty, 1992).

- Etapa 3: observação e registo do tempo despendido pelo operador nas operações elementares;

A observação e o registo do tempo poderão ser realizados através de leitura contínua ou de leitura repetitiva. Na primeira, a contagem começa no início da primeira operação e vai-se registando o tempo de cada operação. A duração da operação é obtida pela subtração do tempo total no seu final e do tempo final da operação anterior. Na segunda, o cronómetro reinicia a contagem no final de cada operação dando origem ao tempo total da operação. Os resultados obtidos devem ser registados em formulários específicos (Kanawaty, 1992).

- Etapa 4: determinar o número de ciclos a serem cronometrados;

O número de ciclos a serem cronometrados depende, essencialmente, de três fatores: nível de confiança pretendido, variabilidade dos tempos e do nível de confiança a atingir. Quanto mais elevado for o valor dos parâmetros descritos, maior será o número de ciclos a cronometrar. Na maioria dos casos, este valor é determinado de uma das seguintes formas (Kanawaty, 1992):

1. Via prática, o analista dá por terminada a análise quando sente confiança nos resultados que dispõe;
2. Via estatística, são empregues métodos estatísticos de amostragem;
 - Etapa 5: avaliar o ritmo do operador (F_r);

A cada tarefa deverá ser atribuído um “fator de ritmo” em percentagem que relacione o ritmo de trabalho do colaborador com o ritmo de um “colaborador normal”. Esta avaliação deverá ser realizada pelo responsável pelo estudo, no momento de registo dos tempos, através da comparação do ritmo do colaborador com o seu próprio conceito de “ritmo normal” (permite que o operador efetue todas as operações sem nenhum cansaço excessivo) (Kanawaty, 1992).

- Etapa 6: Determinar o tempo de ciclo e *Takt Time*;

Takt Time é definido a partir da procura de mercado e do tempo disponível para a produção de determinado item, ou seja, é o tempo “teórico” por produto para atender a procura existente (Adissi et al., 2013). Em termos matemáticos, este fator é obtido tendo em conta a procura média diária do cliente (D) e tempo total de trabalho por dia (W), como se pode constatar recorrendo à equação 1 (Bagal, Sane, & Karandikar, 2014):

$$Takt\ Time = \frac{W}{D} \quad (1)$$

Numa linha de montagem o tempo de ciclo (T_c) é o período de tempo necessário para completar um ciclo de produção, ou seja, é o *tempo real* gasto para completar os processos que constituem o ciclo de trabalho (Kanawaty, 1992). Este parâmetro depende do tempo total de produção e do número total de peças que irão ser efetivamente produzidas por período, como referido na equação 2 (Gerhardt, Fogliatto, & Cortimiglia, 2007):

$$T_c = \frac{\text{Tempo total de produção}}{\text{Nº de peças a produzir por período}} \quad (2)$$

- Etapa 7: Determinar as tolerâncias/concessões;

A tolerância é a percentagem de tempo médio de trabalho que é permitida para atrasos inevitáveis, sendo que existem 3 tipos:

1. Pessoais (pausas normais de um dia de trabalho e necessidades fisiológicas);

2. Fadiga (pausas para descanso e recuperação do colaborador);
3. Espera (manutenções corretivas e paragens de equipamentos);

O estudo das tolerâncias deve ser realizado recorrendo a uma amostragem de trabalho onde os colaboradores são observados em instantes aleatórios de modo a ser possível constatar as atividades em que estes se encontrem envolvidos: atividades de trabalho normais, atrasos inevitáveis, atrasos evitáveis, intervalos. Assim sendo, as tolerâncias concedidas serão apresentadas segundo um fator denominado de fator de tolerância (FT), como descrito na equação seguinte:

$$FT = \frac{1}{1 - \%A_{total}} \quad (3)$$

$\%A_{Total}$ – tempo de intervalo dividido pelo tempo de trabalho

- Etapa 8: Determinar o tempo padrão de cada operação;

Como abordado anteriormente, o tempo padrão é a quantidade de tempo necessário à realização de uma determinada operação por um colaborador adotando um determinado método de trabalho. Este tempo é constituído pelo tempo necessário à realização da(s) operação(ões) e pelas tolerâncias permitidas. Assim sendo, o valor do tempo padrão (T_p) é obtido pela multiplicação do tempo de ciclo (T_c) pelo fator de ritmo (F_r) e pela tolerância (Tol), como é demonstrado na equação 4 (Carvalho, 2012):

$$T_p = (T_c * F_r) * Tol \quad (4)$$

7. ANÁLISE DE MÉTODOS E TEMPOS NA LINHA DE MONTAGEM DOS MODELOS P13 E ML

Ao longo deste capítulo são descritos os procedimentos e resultados obtidos a partir da análise de tempos e de processos efetuados.

7.1. LINHA DE MONTAGEM DO MODELO P13 – McLAREN

7.1.1. ANÁLISE DE MÉTODOS

A análise de processos produtivos foi realizada em três etapas:

1ª Etapa: Comparação dos processos do desenho da cablagem com os processos descritos no *Routing Report* (análise teórica);

No decorrer da etapa 1, são comparados os processos descritos no “desenho Yazaki” da cablagem com os processos enumerados no documento *Routing Report* (documento em que estão descritos os processos necessários a realizar para a produção de uma cablagem) de

modo a verificar se existem ou não discrepâncias. Nesta etapa são analisados cerca de 3000 processos distintos sendo que os tópicos a analisar são: a descrição do processo (isolamento, inserção de terminais, colocação de fios e conectores no painel, inserção de “pinos”, tubos usados, entre outros), a referência do componente usado e, nos casos em que se aplica, o comprimento da fita, dos fios e dos tubos usados.

Após a realização deste passo verificou-se que existem processos contemplados no desenho da cablagem que não estão descritos no *Routing Report*. Os mesmos foram registados dando origem à tabela 2:

Tabela 2 – Processos de produção em falta no *Routing Report* modelo P13 (comparação com desenho Yazaki)

Quantity	Work Description	Conn S	Cav S	Conn E	Cav E	Component	Length
	Takeout taping visible wires 3 branches					430 0k 19 30	
	Takeout taping visible wires 3 branches					430 0k 19 30	
	Takeout taping visible wires 3 branches					430 0k 19 30	
	Takeout taping visible wires 3 branches					430 0k 19 30	
						7039 2833 30	
	Takeout taping visible wires 4 branches					430 0K 19 30	
	Spot tape to fix tube/comp. on W/H branch					430 0K 19 30	
	Put connector at jig board	23					
	Put connector at jig board	22					
	Put connector at jig board	21					
	terminal insertion	350					
	terminal insertion	?					
	terminal insertion	?					
	terminal insertion	360					
	wire layout	501		22			
	wire layout	501		23			
	terminal insertion	21					
	terminal insertion	51					
	terminal insertion	325					
	terminal insertion	56					
	terminal insertion	51					
	terminal insertion	360					
	terminal insertion	502					
	terminal insertion	503					

Tabela 2 – (Cont.) Processos de produção em falta no *Routing Report* modelo P13 (comparação com desenho Yazaki)

Quantity	Work Description	Conn S	Cav S	Conn E	Cav E	Component	Length
	terminal insertion	200					
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty						
	Loose/flexible taping penalty						
	Loose/flexible taping penalty						
	Loose/flexible taping penalty						
	Loose/flexible taping penalty						

Com a realização desta verificação é possível ter uma noção da existência ou não de operações em déficit no *Routing Report*. Concluímos assim que seria vantajoso proceder à realização da 2ª etapa, pois se existem discrepâncias entre o desenho e o *Routing Report*, poderão existir outros processos em falta quando a comparação for feita entre a realidade (processos realizados na linha de montagem) e a documentação existente.

2ª Etapa: Análise, contagem e descrição dos processos realizados na linha de montagem por posto de trabalho (situação real);

Na presente etapa são analisadas e descritas as seguintes operações:

- Os conetores que são colocados no painel;

- O número de fios inseridos e o número de pinos em cada conetor;
- Número de *Clip's* e/ou *Spacer* e/ou *Seal* e/ou *Locking* colocados nos conetores;
- Número de fios que são colocados no painel em cada posto de trabalho;
- Comprimento, tipo de isolamento e tipo de fita;
- Número e tipo de cruzamentos e número de ramos que os constituem;
- Quantidade e comprimento de tubos/malhas e suas fixações;
- Processos associados ao processo de Inspeção Elétrica das cablagens;

Desta forma obteve-se as tabelas descritas: no anexo B - Processos Posto 1; no anexo C - Processos Posto 2; no anexo D - Processos Posto 3; anexo E - Processos Posto 4; anexo F - Processos Posto 5; anexo G - Processos Posto 6; anexo H - Processos Posto 7; anexo I - Processos Posto 8 e anexo J - Processos Posto de Inspeção Elétrica. Estas tabelas demonstram todos os processos realizados na linha de montagem por posto de trabalho, desde o processo mais simples até ao processo mais complexo. Os processos descritos são a base que sustenta parte do trabalho desenvolvido, pois é a partir deles que se procede às comparações referidas no decorrer do relatório e suas conclusões.

Após a realização da etapa 2, comparou-se os processos executados na linha de montagem com o *Routing Report*. A tabelas 3 lista os processos que não estão contemplados no documento descrito, mas que são realizados na linha de montagem:

Tabela 3 – Processos realizados na linha de montagem não contemplados no *Routing Report* do modelo P13

Quantity	Work Description	Conn S	Cav S	Conn E	Cav E	Component	Length
	terminal insertion	503					
	terminal insertion	503					
	terminal insertion	503					
	terminal insertion	503					
	terminal insertion	374					
	terminal insertion	374					
	wire layout	503		88			
	wire layout	503		110			
	wire layout	503		88			
	wire layout	503		456			
	wire layout	374		704			
	wire layout	374		704			
	Put connector at jig board	704					
	Elect Comp Fuse 3A						
						Cap	
						Spacer	
	terminal insertion	51					
	terminal insertion	51					
	Put connector at jig board	21					
	Put connector at jig board	22					
	Put connector at jig board	23					
	Put connector at jig board	83					
	terminal insertion	350					
	terminal insertion	350					
	Overlap Taping					430 H3 19 30	3314*
	Spiral Taping					430 0K 19 30	1128*
	Spot tape					430 0K 19 30	
	Spot tape					430 0K 19 30	
	Spot tape					430 H3 19 30	
	Spot tape					430 H3 19 30	
6	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch					430 21 19 70	
15	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch					430 0K 19 30	
	Insert unslit twist tube					450 2F7 048 70	195*
	Insert unslit twist tube					450 2F7 048 70	120*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						305*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						120*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						120*

Tabela 3 – (Cont.) Processos realizados na linha de montagem não contemplados no *Routing Report* do modelo P13

Quantity	Work Description	Conn S	Cav S	Conn E	Cav E	Component	Length
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						135*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						160*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						860*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						105*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						85*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						560*
	Fix slitted fiber/cloth tube on W/H						350*
35	Connecting mated parts						
	Fixing bolt/nut						
	JB assembly tab guard cover						
	Tab guard cover setting						
10	Terminal insertion(6P+)						
6	Loose/flexible taping penalty						
	*medidas em milímetros						

Atendendo à tabela construída, constata-se que cerca de 5% da totalidade dos processos realizados na linha de montagem não estão especificados no respetivo documento sendo que o caso mais frequente é na parte do isolamento da cablagem pois estão em défice cerca de 4,5 metros de isolamento, concluindo-se assim que o tempo atribuído à produção da cablagem está muito desfasado do o tempo real necessário na produção da mesma cablagem.

Esta diferença contribui negativamente para a obtenção do valor da eficiência da linha, pois se existem processos em falta, isso significa que o tempo necessário para os realizar não está a ser contemplado no cálculo do tempo integrante à realização de uma cablagem, como demonstrado pela seguinte equação de cálculo da eficiência da linha:

$$e_{linha} = \frac{n^{\circ} \text{ cablagens produzidas por dia (real)}}{n^{\circ} \text{ de cablagens a produzir por dia (teórico)}} \quad (5)$$

De acordo com a equação 5 e devido à falta de processos é fácil concluir que o tempo teórico para a produção de uma cablagem em comparação com a realidade é menor, logo o parâmetro “nº de cablagens a produzir por dia (teórico)” assume valores excessivos, contribuindo assim para o decréscimo do indicador da eficiência.

Cronometragem de cada posto de trabalho (análise de tempos);

Nesta última etapa, foi cronometrado o tempo que cada operador(a) necessita para fazer o trabalho destinado a cada posto, sendo que estão contabilizadas as deslocações, inserções, colocação de fio e de “pinos”, isolamento e operações secundárias inerentes ao posto e/ou à cablagem. Como descrito anteriormente foram feitas três cronometragens por cada posto de modo a que os resultados obtidos sejam fiáveis (estipulado pela Yazaki). Posteriormente, procedeu-se ao cálculo da média de tempo por posto, que será usada no cálculo da eficiência do balanceamento da linha de montagem a estudar. Tendo por base o descrito foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 4 – Cronometragem por posto, modelo P13 (tempo em minutos)

Posto	Ensaio	Cronometragem	Média
Posto 1 - Colocação de Fio	1	44,681	44,513
	2	43,866	
	3	44,991	
Posto 2 - Colocação de Fio	1	46,211	46,600
	2	46,665	
	3	46,924	
Posto 3 - Colocação de Fio	1	49,297	49,163
	2	48,585	
	3	49,606	
Posto 4 - Colocação de Fio	1	38,764	39,863
	2	38,965	
	3	41,861	
Posto 5 - Isolamento	1	42,143	42,595
	2	42,201	
	3	43,442	

Tabela 4 – (Cont.) Cronometragem por posto, modelo P13 (tempo em minutos)

Posto	Ensaio	Cronometragem	Média
Posto 6 - Isolamento	1	44,748	45,301
	2	45,869	
	3	45,287	
Posto 7 - Isolamento	1	38,672	38,008
	2	37,309	
	3	38,043	
Posto 8 - Isolamento	1	41,053	42,455
	2	40,890	
	3	45,423	
Posto de Inspeção Elétrica	1	41,858	41,065
	2	40,850	
	3	40,486	
Posto de Inspeção Visual e Empacotamento	1	23,402	22,711
	2	22,160	
	3	22,570	

É de salientar que o colaborador responsável pelo posto de Inspeção Visual e Empacotamento também auxilia o posto de inspeção elétrica, nomeadamente quando se deteta um erro. Nos dias em que as cronometragens foram realizadas embora o *Takt time* fosse de 45 min, o tempo de ciclo era de 49,163 min. Dado que o tempo de ciclo era superior ao *takt time*, a produção diária conseguia-se cumprir através da realização de trabalho extra.

Tendo em conta as cronometragens realizadas, fez-se a análise da eficiência do balanceamento desta linha de montagem, de acordo com a expressão seguinte:

$$e_{balanceamento} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{n * \text{tempo de ciclo}} * 100 =$$

$$= \frac{44,513+46,600+49,163+39,863+42,595+45,301+38,008+42,455+41,065+22,711}{10*45} * 100 = 91,6\% \quad (6)$$

t_i - tempo total de produção da cablagem

n - número de postos de trabalho

Os valores considerados para o cálculo da eficiência são os tempos referentes aos postos de colocação de fio, isolamento, inspeção elétrica e inspeção visual e empacotamento.

O valor obtido é bom de acordo com os padrões da empresa (o indicador eficiência do balanceamento é um indicador adimensional e representado por meio de uma escala compreendida entre 0 e 100%, na qual 100% representa o valor ideal), mas existem postos de trabalho em que o tempo necessário à realização do painel é superior ao tempo de ciclo (em alguns casos, pode mesmo ser necessário cerca de 10% a mais de tempo) devido ao facto de os colaboradores estarem a efetuar processos que não estão contemplados no *Routing Report*. Ou seja, quando o balanceamento da linha foi efetuado não havia sobrelotação do posto de trabalho, pois não estavam contemplados todos os processos. Atendendo aos factos enumerados e de modo a tentar corrigir este problema, foi feito o levantamento dos processos em falta e que estão descritos na tabela 3. Todos os dados obtidos foram enviados para o departamento “Custeio” que irá efetuar uma reanálise dos dados obtidos relativamente ao produto em estudo. Esta análise proporcionará a incorporação dos processos em falta nos respetivos documentos e na base de dados onde é gerado o *Routing Report*. A partir destas alterações obter-se-á um novo tempo de produção da cablagem (do produto estudado) que será mais adequado à realidade.

7.1.2. ANÁLISE DE TEMPOS

Por oportunidade de observação optou-se por realizar em primeira instância a análise de tempos.

A análise de tempos na linha de montagem foi efetuada por cronometragem recorrendo a um cronómetro digital de modo a obter uma leitura precisa. Os cronómetros podem ser configurados em segundos, minutos ou horas, sendo que o dispositivo usado estava configurado para apresentar o tempo em minutos, facilitando a comparação dos tempos obtidos com os tempos descritos no *routing report*, pois estes apresentam-se em minutos. De modo a que os resultados das cronometragens fossem satisfatórios e fidedignos foi necessário estabelecer um processo “padrão” a todas as cronometragens (Kanawaty, 1992). Assim sendo, estabeleceu-se que para cada operação a cronometrar seria necessário efetuar, no mínimo, três

ensaios, pois é a metodologia aceita na Yazaki para a determinação de tempos (método de via prática). Cada ensaio teria início a partir do momento em que o colaborador pegasse no objeto e terminaria no momento em que o operador deixasse de ter contacto com o mesmo, ou seja, se o processo a cronometrar for:

- Isolamento, a cronometragem tem início no momento em que o colaborador pega na fita necessária ao isolamento e termina no momento em que esta volta a ser colocada na estante de armazenamento (Figura 13).

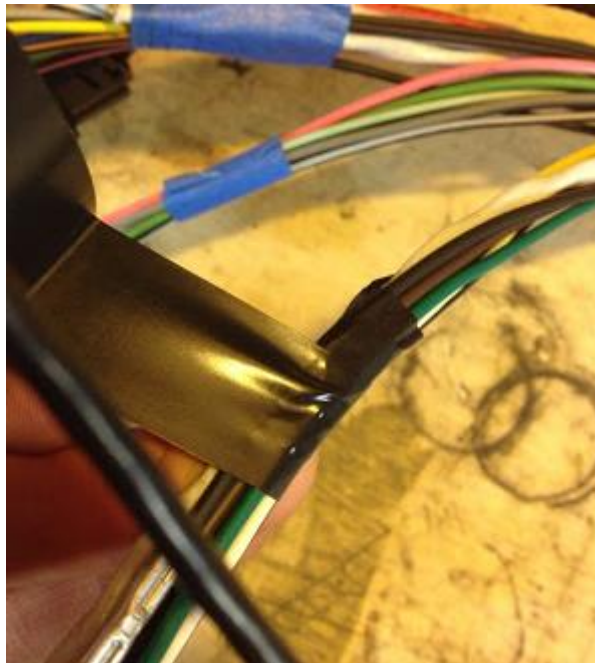


Figura 13 – Isolamento de Cablagem (Bmatt, 2013)

- Colocação de um fio, este processo tem início no momento em que o colaborador começa a retirar o fio da estante de fios até ao momento no qual o fio estaria totalmente “estendido” ao longo do painel de montagem (Figura 14).

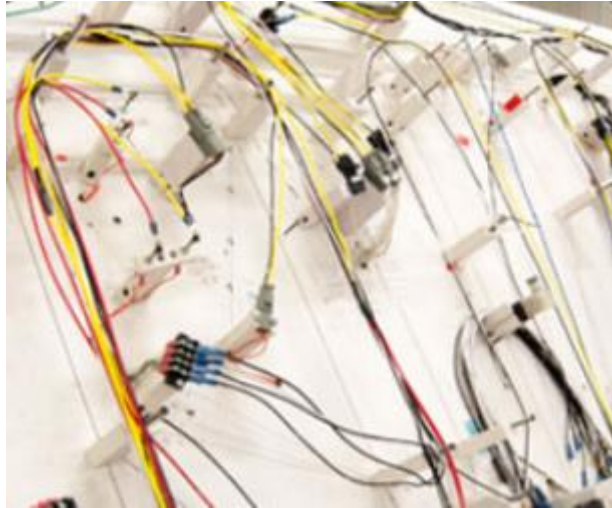


Figura 14 – Colocação de fio no painel (Timberline, 2015)

- Colocação de *grommet*, começa no instante em que o colaborador pega no *grommet* e o insere na respetiva máquina de expansão de *grommet* até ao momento em que o operador pouisa a máquina de colocação de *grommet* (Figura 15).



Figura 15 – Colocação de *grommet* (TwinTurbo.net, 2010)

- *Clip Checker*, a cronometragem principia no exato momento em que o colaborador pega na cablagem até ao momento que a mesma é retirada da maquete *Clip Checker* e colocada no respetivo local para a operação posterior (Figura 16).

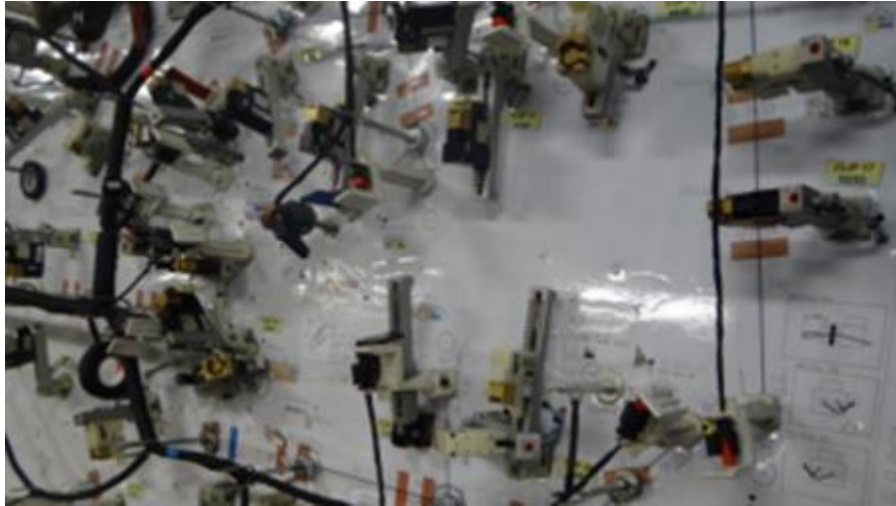


Figura 16 – *Clip Checker* (EDS, 2014)

- A cronometragem da operação teste elétrico tem início no exato momento em que o colaborador pega na cablagem até ao momento em que este a retira do dispositivo de teste elétrico e a coloca na respetiva mesa para a seguinte operação (Figura 17).



Figura 17 – Teste Elétrico (EDS, 2014)

- Inspeção Visual, este processo tem início quando o operador começa a analisar a cablagem (componentes, medidas, existência de imperfeições, entre outros) e termina quando todos os aspetos forem analisados (Figura 18).



Figura 18 – Inspeção Visual (EDS, 2014)

- Embalamento, tem início no momento que o colaborador pega na caixa de embalamento até ao momento em que esta é pousada e colocada a sua tampa.

Tendo por base os processos descritos, foram obtidos os dados expostos no ANEXO A: Cronometragens. Neste anexo estão presentes as cronometragens efetuadas de processos a nível unitário (isolamento com ferro, inspeção elétrica, colocação de *grommet*, inspeção visual, *Clip Checker* e colocação de fio no painel) e a comparação do tempo obtido com o tempo padrão estipulado. Comparando o tempo padrão estipulado com o tempo obtido pela cronometragem verifica-se que, em média, o tempo obtido na cronometragem é 3 vezes superior ao tempo padrão. Esta comparação alerta para o facto de que os tempos padrão para as tarefas atualmente executadas estavam desatualizados originando uma forte penalização no valor da eficiência afastando-o da meta estabelecida.

7.2. ML – MFTE (MITSUBISHI FUSO TRUCK EUROPE`S)

7.2.1. ANÁLISE DE MÉTODOS E TEMPOS

A análise de processos e tempos da linha de produção da cablagem do modelo ML também foi realizada em três etapas em tudo idênticas às etapas do subcapítulo anterior, contudo neste caso só são apresentadas a tabela referente aos processos realizados na linha de montagem e não contemplados no *Routing Report* (tabela 5) e a tabela das cronometragens por posto (tabela 6).

Tabela 5 – Processos de produção não contemplados no *Routing Report* do modelo ML

Quantity	Work Description	Circ S	Circ E	Conn S	Component	Length
4					7182 9630 30	
1					7322 9623 40	
2	Insert blindplug				7282 8781 30	
3	Insert blindplug				7182 8730 30	
4					7182 9630 30	
12	Insert blindplug				7222 7923 30	
1	Insert blindplug				7222 6214 40	
6	Insert blindplug				7222 7464 30	
2	Insert blindplug				7282 7028 40	
7	Connection mated parts					
	Terminal insertion(6P+)(FB)	BA12A				
	Terminal insertion(6P+)(FB)	HF01				
	Terminal insertion	FCE1		404		
	Terminal insertion	BA12A		41		
	Terminal insertion	HF01		41		
	Terminal insertion	HNE1		12		
	Terminal insertion	HSE2		14		
	Terminal insertion					
	Terminal insertion	STE1Y		96		
	Fix slitted Cot on W/H					510*
	Fix slitted Cot on W/H					530*
	Fix slitted Cot on W/H					140*
	Fix slitted Cot on W/H					105*
	Fix slitted Cot on W/H					90*
	Fix slitted Cot on W/H					140*
	Fix slitted Cot on W/H					740*
3	Terminal insertion >= 6 pol conn penalty					
	*medidas em milímetros					

De acordo com os dados especificados na tabela 5, verifica-se que existem vários processos não contemplados no *Routing Report* e que perfaz em cerca de 4,8% da totalidade dos processos realizados na linha de montagem. De entre os processos em falta listados, os casos mais frequentes são a inserção de “pinos” em conetores (Figura 19) e a inserção e fixação de *Cot's* (Figura 20) na cablagem (*fix slitted cot on W/H*).

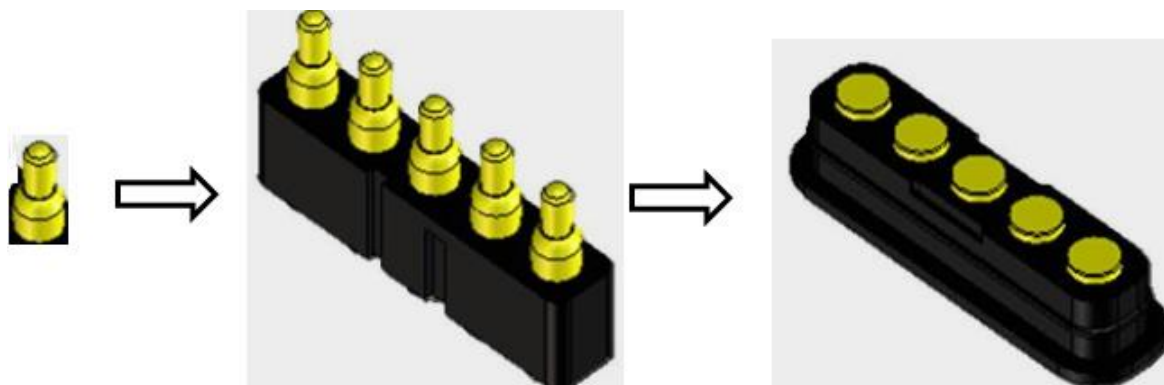


Figura 19 – Inserção de pinos em conectores (Yokowo, 2014)



Figura 20 – Fixação de Cot (Newark, 2013)

Os postos de trabalho cronometrados foram: colocação de fios, isolamento, inspeção elétrica, acessórios e inspeção visual e empacotamento, dando origem aos seguintes resultados:

Tabela 6 – Cronometragem por posto, modelo ML (tempo em minutos)

Posto	Ensaio	Cronometragem	Média
Posto 1 - Colocação de Fio	1	19,007	18,707
	2	18,507	
	3	18,608	
Posto 2 - Colocação de Fio	1	17,998	17,943
	2	18,570	
	3	17,261	
Posto 3 - Colocação de Fio	1	16,157	15,060
	2	14,714	
	3	14,309	

Tabela 6 – (Cont.) Cronometragem por posto, modelo ML (tempo em minutos)

Posto	Ensaio	Cronometragem	Média
Posto 4 - Isolamento	1	13,227	13,125
	2	13,997	
	3	12,150	
Posto 5 - Isolamento	1	12,699	12,900
	2	12,838	
	3	13,164	
Posto 6 - Isolamento	1	11,918	12,919
	2	12,655	
	3	14,185	
Posto 7 – Isolamento	1	13,006	13,625
	2	13,625	
	3	14,244	
Posto de Inspeção Elétrica	1	17,767	18,720
	2	21,413	
	3	16,979	
Posto de Acessórios	1	6,854	6,271
	2	6,301	
	3	5,689	
Inspeção Visual e Empacotamento	1	3,829	2,810
	2	2,286	
	3	2,316	

Os processos do posto de acessórios e inspeção visual e empacotamento são realizados pelo mesmo operador, sendo que quando este as termina irá auxiliar o colaborador responsável pela operação inspeção elétrica.

É de salientar que o tempo de ciclo registrado (18,707 min) é superior ao *takt time* (14 min).

Tendo em conta o valor da média das cronometragens realizadas, a eficiência do balanceamento da linha de montagem em estudo é dada por:

$$e_{balanceamento} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{n * \text{tempo de ciclo}} * 100 =$$

$$= \frac{18,707+17,943+15,060+13,125+12,900+12,919+13,625+18,720+6,271+2,810}{10*14} * 100 = 94,3\% (7)$$

À semelhança do cálculo da eficiência efetuado na linha de montagem do modelo P13, na linha de montagem do modelo ML os valores considerados para o cálculo da eficiência são os valores referentes aos postos de colocação de fio, isolamento, inspeção elétrica, acessórios e inspeção visual e empacotamento.

De acordo com os dados obtidos, verifica-se que são vários os postos de trabalho da linha de montagem que necessitam de um tempo superior ao tempo de ciclo para conseguirem realizar as operações que lhes são destinadas, existindo casos em que o colaborador necessita de cerca de 30% a mais de tempo, tal situação é compensada recorrendo a trabalho extra. Esta adversidade pode ser minimizada ou corrigida com o incorporar das operações em falta que foram identificadas e com a revisão do balanceamento da linha de montagem.

O valor da eficiência obtido é um valor extremamente razoável de acordo com os padrões da empresa, mas temos de ter em conta que a eficiência é obtida através da média de tempos em geral e não posto por posto. Ou seja, é como se o tempo por posto não ultrapassasse o tempo de ciclo em nenhum posto de trabalho, o que não se verifica.

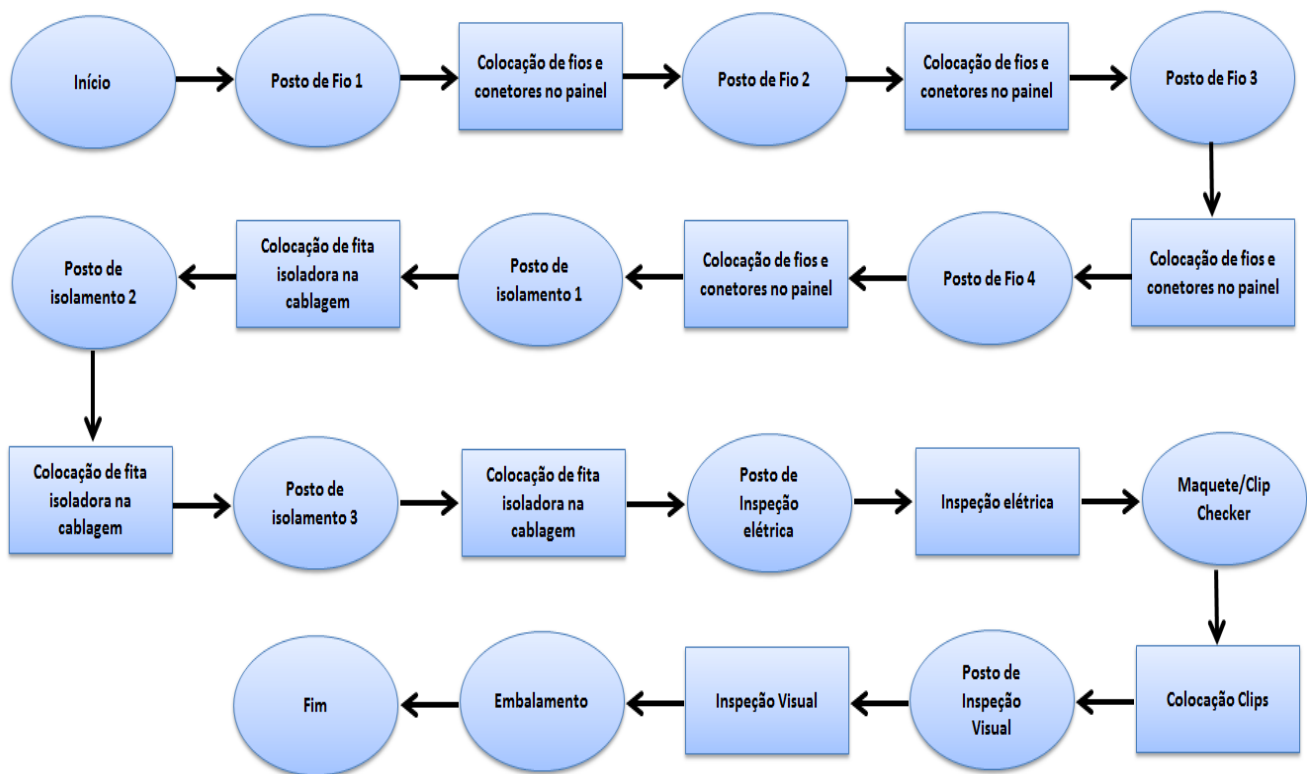
As cronometragens e a tabela dos processos em falta foram enviados para o departamento “Custeio” e para a chefe da linha de montagem para que sejam analisadas e para que seja possível proceder a alterações no tempo total de produção da cablagem, no número de cablagens a produzir por dia, no tempo de ciclo da linha para o produto em estudo e no documento *Routing Report*.

8. BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO

Ao longo deste capítulo, é abordado o conceito de balanceamento de linhas de produção bem como as heurísticas de maior relevância nesta área.

8.1. LINHAS DE PRODUÇÃO/MONTAGEM

Uma linha de produção é constituída por um conjunto de postos de trabalho (PT) com posição fixa e onde a sequência das operações a realizar segue uma determinada lógica operatória. Um posto de trabalho pode ser constituído por um ou mais colaboradores que realizam operações manuais auxiliados por ferramentas ou equipamentos.



Fluxograma 2 – Linha de montagem P13, Yazaki

8.2. BALANCEAMENTO

O balanceamento de uma linha de produção é o processo no qual é feita a distribuição da carga das operações envolvidas de forma uniforme pelos diversos postos de trabalho. Hoje em dia, este parâmetro é muito importante pois todas as empresas estão preocupadas em reduzir ao máximo os custos de operação e aumentar a qualidade dos seus produtos fazendo uma melhoria “contínua” dos seus processos, aumentando assim a eficiência e eficácia do sistema produtivo. O balanceamento pode ajudar a caracterizar a capacidade da linha tendo em conta o comportamento dinâmico do sistema e também pode permitir a implementação de mudanças de forma rápida e eficaz otimizando assim o rendimento da linha. Apesar dos esforços das empresas no balanceamento da linha existirão sempre desperdícios como é o caso de tempos de espera, produção excessiva, etc. (Bagal et al., 2014). Em suma, os objetivos do balanceamento de linha são os seguintes (Aasheet Kumar et al., 2014):

- Aumentar a produtividade;
- Eliminar desperdícios;
- Padronizar os métodos de melhoria de modo a encontrar e resolver problemas;

- Diminuir desequilíbrios entre postos de trabalho;

Quando se inicia o fabrico de um novo produto é necessário, numa primeira instância, definir todas as operações necessárias a realizar, estimar a duração de cada operação e só posteriormente é que é idealizado o balanceamento da linha tendo em conta as precedências das operações (Pape, 2015). Caso alguma das considerações apresentadas não sejam tidas em conta, deverão decorrer diversos problemas, tais como: tempo improdutivo elevado, perda de tempo para efetuar novo balanceamento, tempo de ciclo “real” (*Cycle Time*) superior ao tempo de ciclo “teórico” (*Takt Time*), etc. (Pape, 2015). Este problema foi observado nas linhas de produção analisadas neste projeto.

Sempre que um produto é constituído por vários processos, o balanceamento de linhas de produção pode ser feito segundo tais critérios:

- Dado um tempo de ciclo, qual o número mínimo necessário de PT’s (postos de trabalho)?
- Dado um número de PT’s, qual o tempo mínimo possível de ciclo?

Neste tipo de problemas é muito frequente usar a seguinte nomenclatura (Assis, 2011):

- N – Número de PT’s existentes na linha;
- t_c – Tempo de ciclo é o intervalo de tempo entre dois artigos sucessivos, ou seja, é o tempo médio que demora a produção de um produto (“tempo real”);
- *Takt Time* – é definido a partir da procura de mercado e do tempo disponível para a produção de determinado item, ou seja, é o tempo “teórico” por produto para atender a procura existente;
- t_i – Tempo médio de uma operação de ordem i ;
- $\sum t_i$ – Tempo total necessário à produção de uma unidade, ou soma das durações de todas as operações;
- e – Eficiência;

Estas variáveis podem relacionar-se de acordo com as seguintes equações (Aasheet Kumar et al., 2014):

$$N_{min} = \frac{1}{Takt\ Time} \sum_1^n t_i \quad (8)$$

A partir da equação 8 é possível determinar o número mínimo de PT's necessários à linha sendo que o resultado obtido deverá ser arredondado, por excesso, às unidades.

$$e_{balanceamento} = \frac{1}{N * Takt\ Time} \sum_1^n t_i \quad (9)$$

A equação 9 determina a eficiência do balanceamento da linha.

De notar que todos os PT's apresentam um tempo ocioso, pois na prática é impossível uma eficiência de 100%.

$$f = N * Takt\ Time - \sum_1^n t_i \quad (10)$$

Na equação 10 consegue-se determinar a folga existente do conjunto de operações.

O balanceamento de linhas de produção já é efetuado há muito tempo, mas ainda não existe nenhum método que otimize o cálculo do mesmo (Assis, 2011). Na prática utilizam-se diversos métodos heurísticos (Silva, 2008):

1. Determinar o número de PT's e o tempo disponível em cada uma delas;
2. Agrupar as tarefas individuais, formando grupos para cada PT e aplicar uma ou mais heurísticas.

A título de exemplo, as heurísticas 1 e 2 de Bagal e Sane podem ser aplicadas no seguinte exemplo teórico (recorre-se ao *takt time*).

Tendo em atenção a tabela 7, que ilustra as várias operações necessárias à realização de um produto e os seus tempos de operação e precedências, pretende-se agrupar as operações da linha de produção num número de estações apropriado. Sabe-se que a linha funciona 7 horas por dia, e que deve produzir 420 peças por dia.

Tabela 7 – Operações de montagem de um produto (Silva, 2008)

Operação	Tempo de Operação (em minutos)	Operações Precedentes
1	0,20	-
2	0,40	-
3	0,70	1
4	0,10	1, 2
5	0,30	2
6	0,11	3
7	0,32	3
8	0,60	3, 4
9	0,27	6, 7, 8
10	0,38	5, 8
11	0,50	9, 10
12	0,12	11

Em primeira instância, calcula-se o *takt time* e o número mínimo de PT's:

$$takt\ time = \frac{7 \cdot 60}{420} = 1\ min \quad (11)$$

$$N_{min} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{takt\ time} = \frac{4}{1} = 4 \quad (12)$$

8.2.1. HEURÍSTICA 1 DE BAGAL E SANE

- Ordenar as operações por ordem decrescente de tempo de operação;
- Atribuir operações a uma estação, até perfazer o tempo de ciclo, respeitando as precedências das operações;
- Repetir b) para todos os PT's (Bagal et al., 2014);

Ordenar as operações por ordem decrescente de tempo de operação:

Tabela 8 – Operações ordenadas por ordem decrescente de tempo de operação (Silva, 2008)

Operação	Tempo de Operação (em minutos)	Operações Precedentes
3	0,70	1
8	0,60	3, 4
11	0,50	9, 10
2	0,40	-
10	0,38	5, 8
7	0,32	3

Tabela 8 – (Cont.) Operações ordenadas por ordem decrescente de tempo de operação (Silva, 2008)

Operação	Tempo de Operação (em minutos)	Operações Precedentes
5	0,30	2
9	0,27	6, 7, 8
1	0,20	-
12	0,12	11
6	0,11	3
4	0,10	1,2

Determinar o agrupamento das operações:

Tabela 9 – Operações agrupadas (Silva, 2008)

Estação	Operação	Tempo de Operação (em minutos)	Soma dos Tempos por PT (em minutos)
1	2	0,40	1,00
	5	0,30	
	1	0,20	
	4	0,10	
2	3	0,70	0,81
	6	0,11	
3	8	0,60	0,98
	10	0,38	
4	7	0,32	0,59
	9	0,27	
5	11	0,50	0,61
	12	0,11	

Após a elaboração das duas tabelas, conclui-se que o número de PT's necessários são 5 e não 4 como anteriormente calculado, assim sendo a eficiência do balanceamento é obtida da seguinte maneira (Bagal et al., 2014):

$$e_{balanceamento} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{n * takt\ time} = \frac{4}{5 * 1} = 0,8 = 80\% \quad (13)$$

8.2.2. HEURÍSTICA 2 DE BAGAL E SANE

A heurística 2 será elaborada tendo em conta o enunciado anteriormente apresentado

- a) Construir os diagramas de precedências de modo que as operações com idêntica precedência sejam colocadas verticalmente em colunas. Os elementos que possam ser colocados em mais do que uma coluna devem ser representados a tracejado (Bagal et al., 2014)

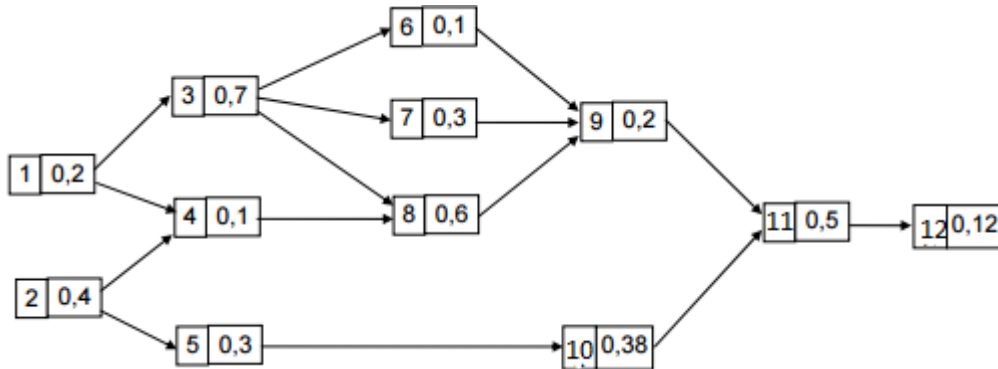


Figura 21 – Diagrama de precedências (Silva, 2008)

- b) Listar os elementos seguindo uma ordem crescente de colunas e listar também os tempos de operação e o somatório dos tempos de operação de cada coluna (Bagal et al., 2014)

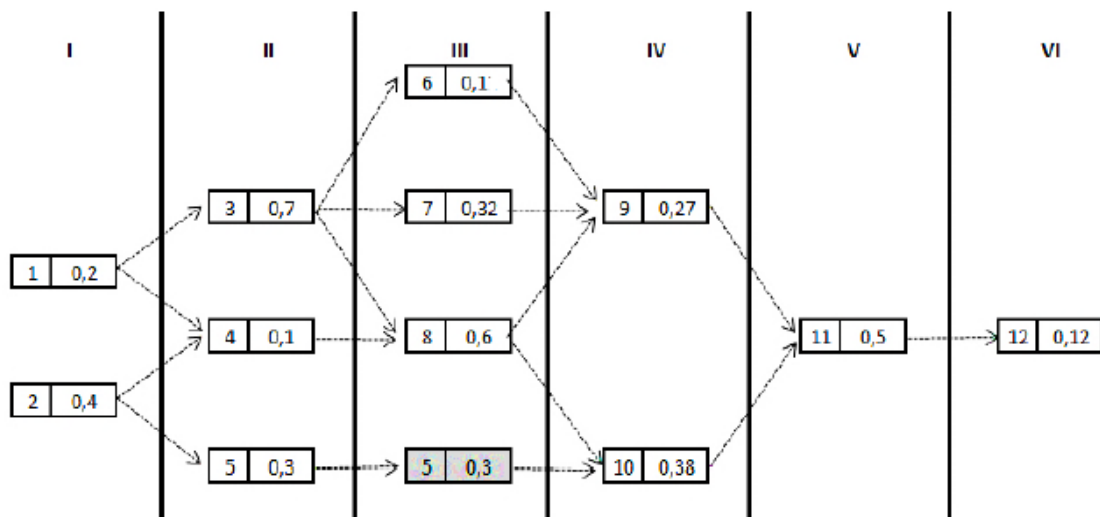


Figura 22 – Diagrama de operações dividido em colunas (Carvalho, 2012)

Tabela 10 – Lista de operações divididas em colunas (Carvalho, 2012)

Coluna	Operação	Tempo de Operação (em minutos)	Soma dos Tempos por coluna (em minutos)
I	1	0,20	0,60
I	2	0,40	
II	3	0,70	1,10
II	4	0,10	
II,III	5	0,30	
III	6	0,10	1,02
III	7	0,32	
III	8	0,60	
IV	9	0,27	0,65
IV	10	0,38	
V	11	0,50	0,50
VI	12	0,12	0,12

- c) Atribuir elementos a estações a começar pela coluna I (Bagal et al., 2014)
- d) Repetir todo o processo, seguindo a numeração das colunas até ser atingido o tempo de ciclo (Bagal et al., 2014)

Tabela 11 – Alocação das operações aos postos de trabalho (Carvalho, 2012)

Posto de Trabalho	Operação	Tempo de Operação	Soma dos Tempos por PT
1	1	0,20	1
	2	0,40	
	4	0,10	
	5	0,30	
2	3	0,70	0,80
	6	0,10	
3	7	0,32	0,92
	8	0,60	
4	9	0,27	0,65
	10	0,38	
5	11	0,50	0,62
	12	0,12	

Calculando a eficiência do balanceamento (14) recorrendo à heurística 2, verifica-se que o seu valor é inferior a 100%, devido ao facto de o número de postos de trabalho ser superior ao mínimo necessário. Este resultado deve-se ao facto do cálculo do número mínimo de postos

de trabalho apenas ter em conta os tempos das operações não considerando outras condicionantes (Bagal et al., 2014).

$$e_{balanceamento} = \frac{0,20+0,40+0,10+0,30+0,70+0,10+0,32+0,60+0,27+0,38+0,50+0,12}{5*1} = 0,8 = 80\%(14)$$

Na Figura 23, está representado um diagrama com a alocação das operações a cada posto de trabalho. Como se pode observar, as operações estão divididas em cinco PT's. No primeiro PT são realizadas as operações 1, 2, 4 e 5, no segundo PT as operações 3 e 6, no terceiro PT as operações 7 e 8, no quarto PT as operações 9 e 10 e por fim, no quinto PT são realizadas as operações 11 e 12.

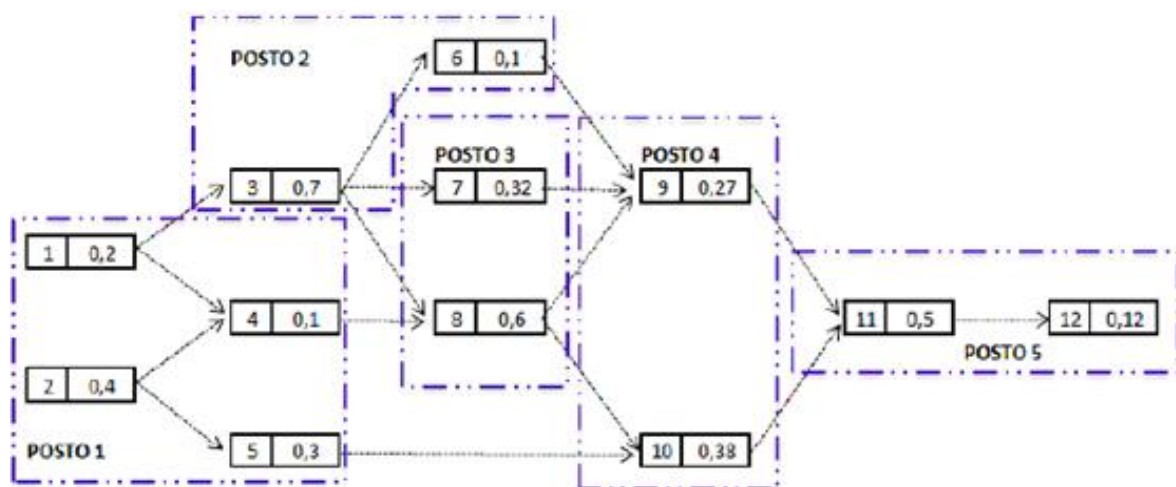


Figura 23 – Diagrama de alocação das operações aos postos de trabalho (Carvalho, 2012)

Após a análise das heurísticas apresentadas verifica-se que o número de postos de trabalho necessários é igual a 5 e que a eficiência do balanceamento é de 80% nos dois casos. Esta eficiência é diferente de 100%, pois não se consegue igualar o *takt time* calculado em todos os postos de trabalho (só é conseguido no posto 1 de cada uma das heurísticas apresentadas) devido ao facto de o tempo de execução das diversas tarefas variar muito.

9. BALANCEAMENTO DE DUAS LINHAS DE PRODUÇÃO DO MODELO P14 DA MCLAREN

No presente capítulo, são apresentados os resultados obtidos a partir de um balanceamento de linha de uma cablagem que irá ser produzida num futuro próximo.

Como abordado anteriormente, o balanceamento de linhas de produção ou montagem tem como grande objetivo minimizar o desperdício relacionado com o excesso de produção, de defeitos, de movimentos e de transporte. O princípio da equivalência e divisão do trabalho deu origem ao conceito de linha de montagem sendo que o seu objetivo principal é o facilitar da produção em série e a divisão de estruturas de trabalho complexas em tarefas simples de modo a simplificar a montagem. Do ponto de vista da produção, a principal vantagem do balanceamento de uma linha é a redução do tempo em que os trabalhadores estão parados (tempo improdutivo) e como consequência o aumento da produtividade. Geralmente, uma linha de montagem é projetada para uma produção de volumes elevados de um único produto ou uma família de produtos.

9.1. BALANCEAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO DO MODELO P14 - CABLAGEM SIMPLES

Neste subcapítulo são apresentadas duas heurísticas amplamente usadas no balanceamento de linhas (descritas no subcapítulo 8.2.1 e 8.2.2) e analisados os respectivos resultados do balanceamento tendo em conta o tempo necessário à produção de uma cablagem e o número de cablagens a produzir por dia. Devido ao facto de esta cablagem ainda não estar em produção, os tempos usados para efetuar o balanceamento são tempos teóricos (tempo padrão), e é utilizado o *takt time*. Depois de efetuado o balanceamento é calculada a eficiência do mesmo e analisado o seu resultado.

Current Times	
P1&P2	Assy
0,0000	51,2792

Figura 24 – Tempo de produção da cablagem

Atendendo ao descrito e à Figura 24 (parâmetro *Assy*), o tempo total para a produção da cablagem ($\sum t_i$) é de 51,28 minutos (dado obtido através do documento *Routing Report* da cablagem) e o número de cablagens a produzir por dia é de 18 (encomendas por parte do cliente). Deste modo é possível obter o valor do parâmetro *takt time* e o número mínimo de postos de trabalho:

Tempo por turno = 8 horas = 8 * 60 minutos

$$takt\ time = \frac{tempo\ por\ turno}{n^{\circ}\ cablagens\ dia} = \frac{8*60}{18} = 26,67\ min \quad (15)$$

A partir da equação 15 é obtido um *takt time* de 26,67 minutos, ou seja, é o tempo disponível para produção de uma cablagem para fazer face às encomendas do cliente.

$$N_{min} = \frac{\sum t_i}{takt\ time} = \frac{51,28}{26,67} \approx 2\ PT \quad (16)$$

Tendo por base a equação 16 concluiu-se que o número mínimo de postos de trabalho é de dois de modo a cumprir o *takt time* obtido.

Heurística 1 de Bagal e Sane:

- a) Ordenar as operações por ordem decrescente de tempo de operação;

A lista com a ordenação das operações por tempo decrescente está descrita no Anexo K: Operações Ordenadas por Tempos. Neste anexo é possível verificar o tempo de execução da operação, a sua ordem e se existe ou não operação precedente. Em caso afirmativo é especificado qual(ais) a(s) operação(ões) precedente(s).

- b) Atribuir operações a um posto de trabalho, até perfazer o *takt time*, respeitando as precedências das operações;

A atribuição das operações a um posto de trabalho tem como limite o valor do *takt time*. Se este valor for ultrapassado em algum dos postos de trabalho significa que o posto ficará com excesso de operações sobrecarregando o colaborador além de que o balanceamento dos postos de trabalho não estará bem realizado. No Anexo L: Operações por Posto de Trabalho estão descritas as operações por posto de trabalho, o tempo de operação, a ordem da operação e a operação precedente.

Tendo por base os dados recolhidos e recorrendo a um *software* de balanceamento de linhas elaborado na Yazaki obtém-se o tempo de operação de cada posto de trabalho e a eficiência do balanceamento, como exemplificado nas Figuras 25 e 26:

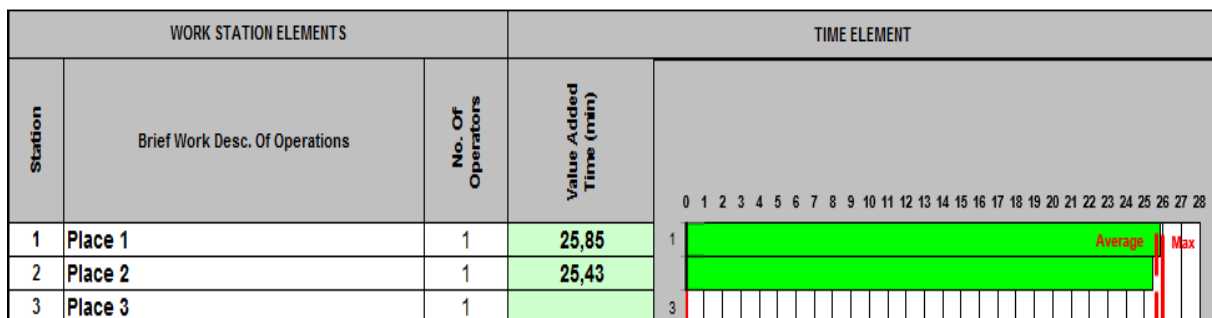


Figura 25 – Balanceamento de linha P14 heurística I - Cablagem Simples

Posto de Trabalho 1 = 25,85 min

Posto de Trabalho 2 = 25,43 min

A Figura 25 foi obtida pela atribuição de diversas operações a cada colaborador até se perfazer o tempo de ciclo calculado, como ilustrado na Figura 26.

Operator	Sequence	Modules	Quantity	Work Description
1				Terminal insertion(6P+)
1				Terminal insertion(6P+)
1				Terminal insertion(6P+)
1				Terminal insertion(6P+)

Operator	Sequence	Modules	Quantity	Work Description
2				Overlap Taping
2				Overlap Taping
2				Overlap Taping
2				Overlap Taping

Figura 26 – Divisão de tarefas por colaborador

De acordo com os dados obtidos a eficiência do balanceamento ($e_{balanceamento}$) é dada por:

$$e_{balanceamento} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{n * takt\ time} = \frac{51,28}{2 * 26,67} * 100 = 96\% \quad (17)$$

De salientar que este processo não é linear, pois por norma um operador apenas está responsável por um posto de fio ou por um posto de isolamento e o isolamento só pode ser efetuado após a colocação de fios no painel. Neste caso em particular, o operador 1 está responsável pela colocação de todos os fios e “pinos”, inserção de terminais e colocação dos conectores. O operador 2 está responsável por todos os processos associados ao isolamento da cablagem e o seu transporte.

Heurística 2 de Bagal e Sane:

- a) Construir o diagrama de precedências

O diagrama de precedências indica de uma forma sintética e de fácil compreensão a ordem das operações a serem executadas. A sua elaboração segue o procedimento descrito no subcapítulo 8.2.2

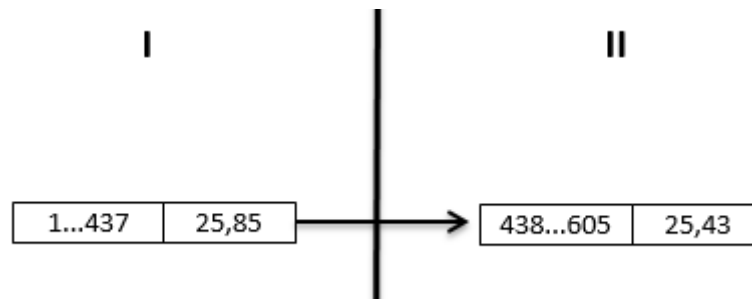


Neste caso, o diagrama de precedências obtido é muito simples, pois a única precedência existente entre os dois postos de trabalho é que o isolamento só pode ser efetuado após a

realização das inserções necessárias e a colocação dos fios e conectores no painel de montagem.

b) Listar os elementos seguindo uma ordem crescente de colunas

Nesta etapa, os processos são listados respeitando o *takt time*, ou seja, quando o valor do *takt time* é atingido os restantes processos são listados na coluna seguinte e assim sucessivamente.



Após a distribuição dos processos verifica-se que apenas duas colunas são suficientes para contemplar todos os processos inerentes à cablagem em estudo, ou seja, na coluna I estão contemplados as operações desde o processo 1 até ao processo 437 e na coluna 2 estão abrangidos os processos desde o processo 438 até ao processo 605.

c) Atribuir elementos a estações a começar pela coluna I

Por fim, nesta última etapa é feita a distribuição das colunas em postos de trabalho originando a seguinte tabela:

Tabela 12 – Alocação das operações aos postos de trabalho

Posto de Trabalho	Operação	Tempo de Operação	Soma dos Tempos por PT
1	1...437	25,85	25,85
2	438...605	25,43	25,43

Como no passo b) chegou-se à conclusão que 2 colunas bastariam, neste passo constata-se que dois postos de trabalho são suficientes para produzir o número de cablagens necessárias por dia, sendo que o posto 1 realiza os processos desde o processo 1 até ao processo 437 e o posto 2 elabora os processos decorrentes entre o processo 438 e o processo 605, inclusive.

Apesar do número de processos efetuados no posto 1 ser muito elevados em comparação com o posto 2, deve-se referir que os processos realizados no posto 2 são muito mais demorados.

Após a realização do balanceamento a partir da heurística 2 é possível calcular a eficiência associada ao balanceamento, como demonstrado a partir da equação 18:

$$e = \frac{25,85+25,43}{2*26,67} * 100 = 96\% \quad (18)$$

Tendo em conta a heurística 2 obtém-se o seguinte gráfico (Figura 27) de balanceamento de linha recorrendo a um *software* de balanceamento de linhas desenvolvido na Yazaki.

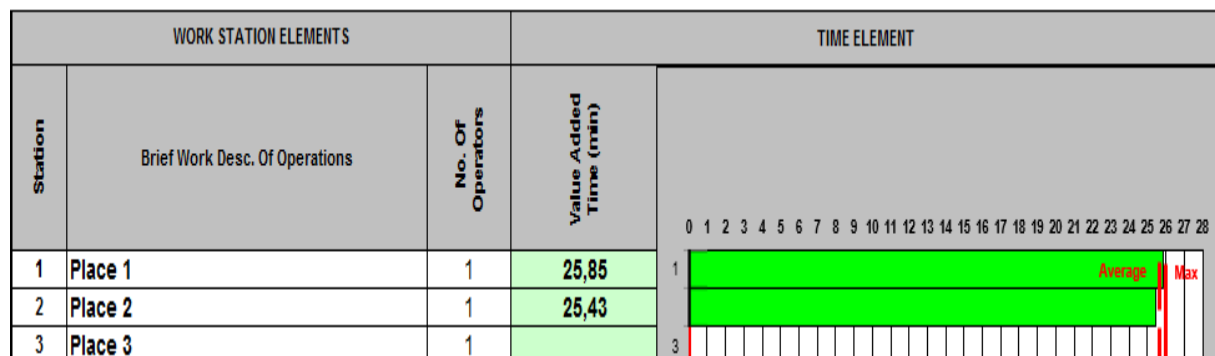


Figura 27 – Balanceamento de linha P14 heurística II - Cablagem Simples

Apesar de o balanceamento ter sido realizado recorrendo a duas heurísticas, o resultado obtido em cada heurística é igual, sendo que a distribuição de processos pelos postos de trabalho não varia da heurística 1 para a heurística 2.

Analisando a eficiência do balanceamento obtido pela implementação das heurísticas 1 e 2 verifica-se que o valor obtido é idêntico e muito próximo de 100% concluindo assim que o balanceamento foi realizado de forma correta, ou seja, respeitando as diversas etapas das heurísticas. Contudo, o valor ideal não é atingido devido ao facto de o tempo de operação de cada posto de trabalho diferir um pouco do valor do *takt time* que foi anteriormente calculado. De notar que não se colocou, em anexo, as tabelas de balanceamento devido ao facto de serem muito extensas e de serem semelhantes aos exemplos anteriormente apresentados.

9.2. MODELO P14 - CABLAGEM COMPLEXA

No presente subcapítulo é apresentada uma proposta de balanceamento de linha de montagem do modelo P14 da McLaren que começará a ser produzido no próximo ano de 2017.

Ao invés do balanceamento efetuado no subcapítulo anterior, o balanceamento da cablagem do modelo P14 (cablagem complexa) será realizado respeitando todos os processos necessários à montagem da cablagem (exceto processos associados ao corte de fios e cravação de terminais):

Current Times			
Assy	Elect.	Clip J.	Vis & Pack.
363,7643	32,3467	46,1018	16,9857

Figura 28 – Tempo de produção da cablagem

- Linha de montagem (*Assy*) – Tempo total de operação: 363,76 minutos
- Inspeção Elétrica (*Elect.*) – Tempo total de operação: 32,35 minutos
- Maquete/Clip Checker (*Clip J.*) – Tempo total de operação: 46,10 minutos
- Inspeção Visual e Embalamento (*Vis & Pack.*) – Tempo total de operação: 16,99 minutos

O balanceamento descrito foi idealizado tendo em conta que será necessário produzir 10 cablagens por dia (a produção de uma cablagem exige a realização de cerca de 4200 processos diferentes, razão pela qual não se colocou em anexo as tabelas de balanceamento), visto que o contrato realizado com o cliente prevê a produção de 2420 cablagens por ano e que o número de dias úteis é de 242, como demonstrado na equação 19.

$$n^{\circ} \text{ de cablagens dia} = \frac{n^{\circ} \text{ cablagens ano}}{\text{dias uteis}} = \frac{2420}{242} = 10 \text{ cablagens dia} \quad (19)$$

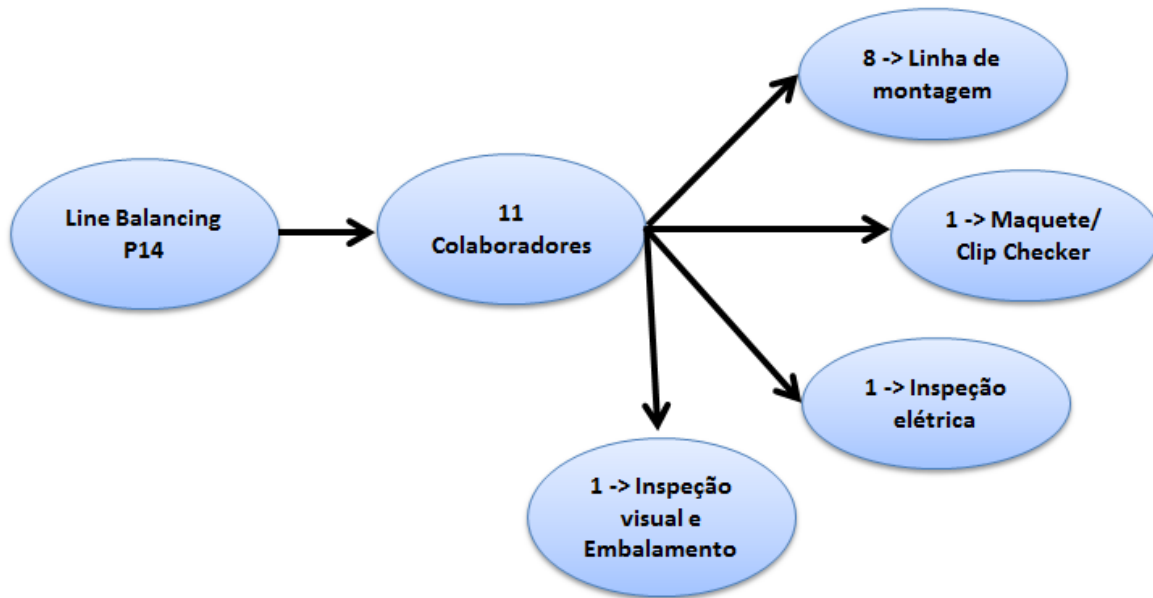
Tendo em conta os parâmetros analisados e calculados até ao momento, é possível obter o *takt time* e o número mínimo de postos de trabalho necessários para a linha de montagem, como descrito nas equações 20 e 21, respetivamente:

$$\text{takt time} = \frac{\text{tempo por turno}}{n^{\circ} \text{ cablagens dia}} = \frac{8 \cdot 60}{10} = 48 \text{ min} \quad (20)$$

$$N_{\min} = \frac{\sum t_i}{\text{takt time}} = \frac{363,8}{48} \approx 8 \text{ PT} \quad (21)$$

Recorrendo às equações 20 e 21 verifica-se que o valor de referência para a quantidade de processos por posto é de 48 minutos e que o número mínimo de postos de trabalho na linha de montagem são 8.

Posto isto, é construído o Fluxograma 3:



Fluxograma 3 – Distribuição dos operadores

A partir deste momento já é possível proceder ao balanceamento da linha de montagem, obtendo o seguinte gráfico de ocupação de cada colaborador:

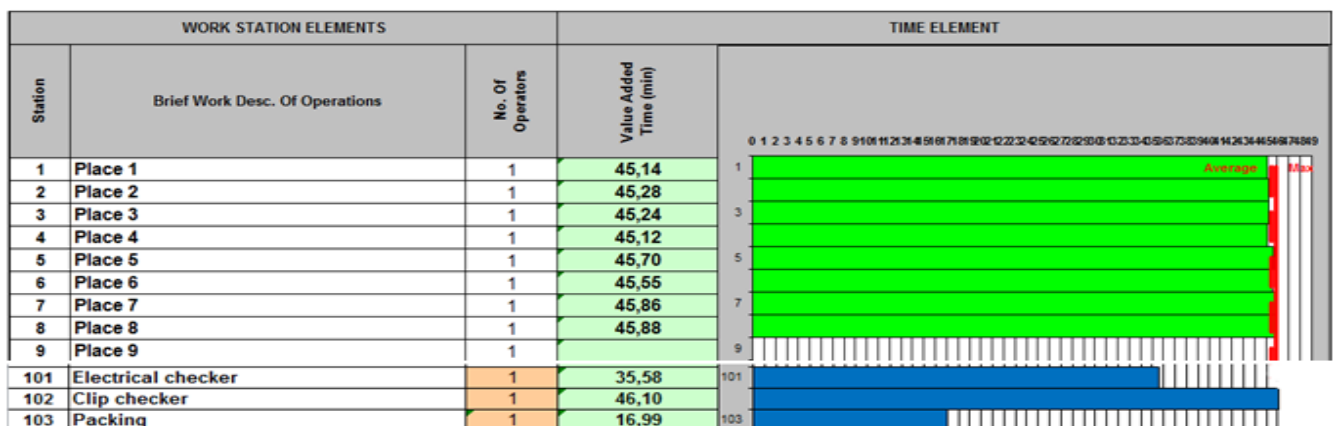


Figura 29 – Balanceamento de linha P14 - Cablagem Complexa

Tendo em conta a complexidade da cablagem, foi necessário atribuir 4 colaboradores para a colocação de fio, conetores, “pinos” e inserções de fios em conetores (place 1, 2, 3, 4) e 4 colaboradores para efetuar os processos associados ao isolamento (place 5, 6, 7, 8) (Figura 29). Após a produção da cablagem também será necessário atribuir 1 colaborador à operação

Electrical Checker, 1 colaborador à operação *Clip Checker* e 1 colaborador à operação Inspeção Visual e *Packing*. Analisando a Figura 29, verifica-se que a quantidade de trabalho nos postos da linha de montagem (station 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) não tem grandes diferenças entre eles, razão pela qual as linhas *Average* (linha interrompida) e *Max* (linha a cheio) estão quase sobrepostas indicando um bom balanceamento (não existem diferenças significativas entre os diversos postos de trabalho, logo o tempo médio de realização dos processos associados a cada posto não difere muito do tempo médio obtido tendo em conta todos os postos). Na Figura 29 também é possível constatar que a operação “*Packing*” é muito menos morosa que as restantes operações, assim sendo o operador responsável por esta operação irá ajudar o operador responsável pela operação *Clip Checker*.

Operator	Sequence	Modules	Quantity	Work Description
3				Terminal insertion
4				Terminal insertion
2				Terminal insertion
4				Terminal insertion
4				Terminal insertion
1				Terminal insertion
1				Terminal insertion

Operator	Sequence	Modules	Quantity	Work Description
6				Spot tape
6				Spot tape
5				Spot tape
8				Spot tape
7				Spot tape
7				Spot tape
5				Spot tape

Figura 30 – Exemplo da divisão de tarefas por colaborador

A partir do balanceamento de linha é possível prever a quantidade de trabalho associado a cada colaborador e quais as operações associadas ao mesmo e a relação de trabalho improdutivo, como demonstrado na Figura 31. Nesta mesma Figura, verifica-se que a relação de trabalho improdutivo é de 0% (valor ideal) e a amplitude de valores obtidos (diferença entre o valor máximo e mínimo da quantidade de trabalho) é de 1,66%. Na Figura 31 também se constata que os valores correspondentes ao volume de trabalho (99,3%; 99,6%; 99,5%; 99,2%; 100,5%; 100,2%; 100,9% e 100,9%), amplitude e trabalho improdutivo adquirem cor verde, levando a constatar que o mesmo está dentro do intervalo de valores aceitáveis de acordo com os limites estipulados e apresentados na Figura 32.

Com o balanceamento de linha verifica-se quantas estantes de fio serão necessárias (neste caso 4) e quais os fios e conetores que deverão ser colocados em cada posto de trabalho de

modo a diminuir grandes deslocações e a proporcionar que o material necessário esteja sempre perto do colaborador responsável pela sua colocação no painel.

Amplitude	1,66%
No Working Operator	0,00%
Over working Operator	0,00%
Place 1	99,3%
Place 2	99,6%
Place 3	99,5%
Place 4	99,2%
Place 5	100,5%
Place 6	100,2%
Place 7	100,9%
Place 8	100,9%
Place 9	

Figura 31 – Relação de tempo produtivo e improdutivo

Limits for conditional formating				
	Less than	Min	Max	Over
Conveyor	90%	97,5%	102,50%	110%

Figura 32 – Legenda de cores da quantidade de trabalho

Com base nos dados obtidos, a eficiência do balanceamento é obtida de acordo com a equação 22:

$$e = \frac{45,14+45,28+45,24+45,12+45,70+45,55+45,86+45,88}{8*48} * 100 = 94,7\% \quad (22)$$

Um balanceamento de linha realizado com muito cuidado faz com que futuramente sejam evitados muitos problemas de excesso de trabalho por parte de algum trabalhador e que os componentes necessários estejam sempre nos locais corretos e à disposição do colaborador, o que contribui para que cada cablagem demore o tempo estipulado a ser produzida.

Em simultâneo ao balanceamento de linha, também foram comparados os processos enumerados no desenho da cablagem com os processos descritos no *Routing Report* e foram listados os processos em déficit dando origem à tabela 13:

Tabela 13 – Processos não contemplados no *Routing Report* do modelo P14

Quantity	Work Description	Circ S	Conn S	Cav S	Component	Length
	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch				430 H3 19 30	
	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch				430 H3 19 30	
	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch				430 H3 19 30	
	Spot tape to fix tube/comp, on W/H branch				430 H3 19 30	
	Separate cross-branch taping 5 branches					
	Separate cross-branch taping 5 branches					
	Takeout taping non visible wires 4 branches				430 H3 19 30	
	Takeout taping non visible wires 3 branches				430 H3 19 30	
	Insert fuse				7127 5047	
	Insert relay				7181 8016	
	Insert relay				7181 8016	
	Takeout taping non visible wires 3 branches				430 H3 19 30	
	Wire layout	V1577A				
	Wire layout	V1593A				
	terminal insertion	S1914A	352			
	terminal insertion	S1914A	352			
	terminal insertion	G0345D	51			
	terminal insertion	G0219C	503			
	terminal insertion	G0219C	502			
	terminal insertion	F0419A	360			
	terminal insertion	E0910D	325			
	terminal insertion	E0905G	110			
	terminal insertion	V1582A	360			
	terminal insertion	G0284A	360			
	terminal insertion	V0837B	51			
	terminal insertion	MB301J18				
	terminal insertion	MB301J18				

Neste caso, não são referidos processos relativos ao isolamento, mas este só é maioritariamente identificado quando comparado com a linha de montagem o que neste caso é impossível visto a cablagem ainda não estar em produção.

Os processos listados na tabela 13 não foram contemplados no balanceamento da linha devido ao facto de não dispor dos tempos correspondentes à sua execução.

10. CONCLUSÕES

Ao longo deste texto foram sendo apresentadas conclusões que permitiram sustentar as opções de desenvolvimento efetuadas no decorrer do projeto. Assim, nesta última secção é realizada uma síntese das principais conclusões, consequências e relevância do trabalho realizado e perspetivados futuros desenvolvimentos.

A elaboração do presente trabalho permitiu aprofundar conhecimentos em: balanceamento de linhas (heurísticas mais usuais), eficiência de balanceamentos e estudo de métodos e tempos (processos realizados e cronometragens).

O desenrolar do projeto exigiu uma pesquisa aprofundada de vários temas de modo a contornar diversos problemas identificados, dos quais se destacam os seguintes: método de cronometragem que melhor se enquadrava em cronometragens por processos unitários, considerações a ter num estudo de métodos/processos, cronometragem por posto de trabalho e sua análise, e heurísticas e/ou métodos para um bom balanceamento de linha. A partir da análise de processos foi possível constatar que relativamente aos modelos P13 e ML existem vários processos realizados na linha de montagem e que não estão descritos no *Routing Report*. No caso do modelo P13 estão em falta cerca de 5% da totalidade dos processos realizados na linha de montagem sendo que o caso mais frequente é referente aos processos de isolamento. No caso do modelo ML a mesma comparação totaliza um valor de 4,8% sendo que os processos em falta com maior frequência são: a inserção de pinos nos conectores e a

inserção de *Cot`s* na cablagem. Apesar de a percentagem de processos em falta nas duas linhas de montagem ser muito idênticas, tal não significa que o tempo em falta seja idêntico, pois no caso do modelo P13 estão em falta 5% de uma totalidade de mais de 3000 processos efetuados. No caso do modelo ML estão em falta 4,8% de uma totalidade de cerca de 1300 processos. As discrepâncias enumeradas originam que o tempo atribuído à produção da cablagem não esteja corretamente calculado, tendo em conta os processos efetivamente realizados na linha de montagem.

Posteriormente também foram realizados balanceamento de linhas de dois modelos de cablagens que irão ser produzidos em 2017. Os balanceamentos realizados foram idealizados tendo em conta o número de cablagens a produzir por ano, o *takt time* e o número mínimo de postos de trabalho necessários, sendo que um dos balanceamentos apresentados foi realizado recorrendo a duas heurísticas apresentadas numa unidade curricular do 1º ano de mestrado. Com base no descrito procedeu-se à distribuição de processos por posto de trabalho tendo em conta a existência ou não de processos precedentes e o *takt time* definido. Em simultâneo também foi executada a comparação dos processos identificados no desenho da cablagem com os processos descritos no *Routing Report* e identificados os processos em défice.

Relativamente ao caso em estudo, o efetuar de um balanceamento de linha com prudência prevê uma correta distribuição de trabalho pelos operadores, reduzindo as desigualdades de carga de trabalho. Este fator também contribui para a drástica diminuição do tempo necessário às deslocações, visto ser possível prever em que posto de trabalho se deverão colocar os componentes (fios, conetores, pinos, tubos, etc.) necessários à realização do trabalho destinado a esse posto, tendo em conta o balanceamento idealizado.

Com a aplicação do estudo de tempos e métodos realizados neste trabalho, poderão ser minimizadas as discrepâncias existentes entre o tempo teórico atribuído à produção de uma cablagem e o tempo efetivamente necessário. Ou seja, poderão ser retificados os tempos de ciclos e revistos os balanceamentos.

Como trabalho futuro pode-se apontar para um estudo de processos em outras linhas de montagem, identificando e contemplando os processos em falha e posteriormente uma atualização da eficiência das linhas de montagem estudadas.

Em contexto de estágio, a Yazaki Saltano de Ovar – PE facultou-me todas as condições necessárias à realização do estudo (formação, documentação, etc.) contribuindo assim para o aperfeiçoamento da minha formação.

No decorrer do estágio, tive a oportunidade de reforçar e obter novas competências, visto que acompanhei diversas atividades realizados no departamento de engenharia de produção, tais como, elaboração de correções nos painéis de montagem, processos necessários na construção de uma nova linha de montagem, correções a nível de nomenclatura e etiquetas, etc.

A nível pessoal, a oportunidade de estágio na Yazaki Saltano de Ovar – PE proporcionou o primeiro contacto com o mercado de trabalho e a aplicação de diversos métodos e conhecimentos adquiridos durante o percurso académico realizado.

Referências Documentais

- [1] Adissi, P., Pinheiro, F., & Cardoso, R. (2013). *Gestão ambiental de Unidade Produtivas*. (Elsevier, Ed.) (1ª). Rio de Janeiro: Elsevier.
- [2] Allan, L. (2014). McLaren reveals racy 650S Can-Am special edition. *Auto Express*. Retrieved from <http://www.autoexpress.co.uk/mclaren/93092/mclaren-reveals-racy-650s-can-am-special-edition>
- [3] Alves, A. (2012). Yazaki. Retrieved February 10, 2016, from <https://pt.wikipedia.org/wiki/Yazaki>
- [4] Assis, R. (2011). Balanceamento de uma Linha de Produção.
- [5] AutoEsporte, R. (2015). McLaren 650S Spider ganha edição comemorativa pelas 24 horas de Nürburgring. *AutoEsporte*. Retrieved from <http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2015/08/mclaren-650s-spider-ganha-edicao-comemorativa-pelas-24-horas-de-nurburgring.html>
- [6] Automonitor. (2015). Produção automóvel mundial cresce 3% | Automonitor. Retrieved March 11, 2016, from <http://automonitor.pt/2015/03/10/uncategorised/producao-automovel-mundial-cresce-3/>
- [7] Azevedo, R. (2015). *Melhoria e automação de linhas de montagem*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [8] Bagal, P., Sane, S., & Karandikar, V. (2014). Line Balancing on Wiring Harness Assembly Line : A Case Study. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(2), 968–973. Retrieved from <http://inpressco.com/wp-content/uploads/2014/04/Paper93968-973.pdf>
- [9] Bmatt. (2013). How to Build Wiring Harness. Retrieved June 30, 2015, from <http://optimaltour.blogspot.pt/2013/03/how-to-build-wiring-harness-that-will.html>
- [10] Carvalho. (2014). Indústria Automóvel. *Diário Económico*, (18 Dezembro de 2014), I–VIII. Retrieved from http://economico.sapo.pt/public/uploads/especiais_sp/Especial_Ind%25C3%25BAstria_Autom%25C3%25B3vel_18_Dezembro_2014.pdf

- [11] Carvalho, D. (2012). *Planeamento e Balanceamento de uma Linha de Montagem Universal para Formação*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [12] Coface. (2013). Sector Automóvel: A Europa recorre aos mercados emergentes. Retrieved March 11, 2016, from <http://www.coface.pt/Noticias-e-Publicacoes/Publicacoes/Sector-Automovel-A-Europa-recorre-aos-mercados-emergentes>
- [13] Duarte, C. (2014). *Relatório de Estágio na Empresa Yazaki Saltano de Ovar – Porto Technical Centre*. Universidade de Aveiro.
- [14] EDS, Y. S.-. (2014). Engenharia de Produção - EDS. In *Formação Engenharia de Produção* (p. 178). Ovar.
- [15] Exertus, L. (2003). *Métodos e tempos*. (L. Exertus, Ed.) (1^a). AEP.
- [16] Ferreira, M. (rel. M. (2014). *Universidade Católica Portuguesa*. Universidade Católica Portuguesa.
- [17] Florea, C. (2014). McLaren Sports Series, Once Known As The P13, Will Debut In 2015. *TopSpeed*, 3. Retrieved from <http://www.topspeed.com/cars/car-news/mclaren-sports-series-once-known-as-the-p13-will-debut-in-2015-ar166161.html#main>
- [18] Gerhardt, M. P., Fogliatto, F. S., & Cortimiglia, M. N. (2007). Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização em massa. *Gestão Da Produção*, 14(2), 267–279. <http://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200006>
- [19] Gestão, P. (2010). Os Processos Produtivos e as suas Principais Características. *Portal Da Gestão*. Retrieved from <https://www.portal-gestao.com/artigos/6268-os-processos-produtivos-e-as-suas-principais-caracter%25C3%25ADsticas.html>
- [20] Instituto Superior Técnico de Lisboa. (2006). Diagrama Homem/máquina. In G. da Produção (Ed.), *Gestão da Produção I* (Vol. 1, pp. 42–51). Lisboa: Engenharia do Processo.
- [21] Jones, D., & Womack, J. (2007). *The Machine that Changed the World*. (F. PRESS, Ed.) (1^a). Harper Collins.
- [22] Kanawaty, G. (1992). *Introduction to Work Study*. (ILO publications, Ed.) (4th ed.). Geneva. <http://doi.org/10.1097/00006199-195402000-00013>
- [23] Kumar, A., Chaudhary, G., Kalra, M., & Jha, B. (2014). Optimization of cycle time for Wire Harness assembly – Line balancing and Kaizen approach. *International Journal of*

- Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(8), 15324–15331.
<http://doi.org/10.15680/IJRSET.2014.0308036>
- [24] Kumar, A., & Mahto, D. G. (2013). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Global Journal of Researches in Engineering*, 13, 30–50.
<http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- [25] McLaren. (2015a). McLaren - 650S Can-Am. Retrieved March 11, 2016, from <http://www.autoexpress.co.uk/mclaren/93092/mclaren-reveals-racy-650s-can-am-special-edition>
- [26] McLaren. (2015b). McLaren 650S Coupé - Innovation. Retrieved March 11, 2016, from <http://cars.mclaren.com/650S-spider>
- [27] McLaren. (2015c). McLaren 650S Spider. Retrieved March 5, 2016, from <http://cars.mclaren.com/650S-spider>
- [28] Newark. (2013). Corrugated Loom Tubing – Slit. Retrieved July 12, 2016, from <http://www.newark.com/panduit/clt100f-c20/tubing-slit-corrugated-loom-23/dp/96F4124>
- [29] Nunes, P. (2015). Eficiência. Retrieved March 3, 2016, from <http://knoow.net/cienceconempr/gestao/eficiencia/>
- [30] Pape, T. (2015). Heuristics and lower bounds for the simple assembly line balancing problem type 1: Overview, computational tests and improvements. *European Journal of Operational Research*, 240(1), 32–42. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.06.023>
- [31] Peinado, J., & Graeml, A. (2007). Estudo de Processos de Trabalho. In UnicenP (Ed.), *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* (1ª, p. 375). Paraná: UnicenP.
- [32] PME. (2013). Gestão da Produção - Optimizar a produção através do LEAN Objectivos. In PME (Ed.), *Formação PME*. PME.
- [33] Riogaragem. (2015). McLaren 650S Spider – Empolga pelo desempenho. Retrieved March 11, 2016, from <http://www.riogaragem.com.br/novidades/mclaren-650s-spider-empolga-pelo-desempenho>
- [34] Silva, M. (2008). Estudos de Tempos e Métodos – Layouts Optimização de Layouts. In ISEP (Ed.), *Estudos de Tempos e Métodos* (p. 22). Porto: ISEP.

- [35] Sofia, D., & Carvalho, F. (2015). *Avaliação da Pegada Hídrica da Empresa Yazaki Saltano de Ovar*. Faculdade de Economia do Porto. Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/80992/2/123914.pdf>
- [36] Sousa, J., & Poa, N. (2013). McLaren Automotive. *McLaren Automotive*, 2–5.
- [37] Tavares, M., & Junior. (2016). Indústria automóvel. Retrieved March 6, 2016, from https://pt.wikipedia.org/wiki/Indústria_automobilística
- [38] Timberline. (2015). Wire Harness. Retrieved June 30, 2016, from http://www.timberlinemfg.com/timberline_wire_harnesses.htm
- [39] TwinTurbo.net. (2010). Where to buy rubber wiring harness grommets. Retrieved June 30, 2016, from <http://twinturbo.net/nissan/300zx/forums/general/view/2388544/Where-to-buy-rubber-wiring-harness-grommets.html>
- [40] UltimateSpecs. (2014). 2014 McLaren 650S Spider. *ultimateSPECS*, 1. Retrieved from <http://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/McLaren/68548/McLaren-650S-Spider.html>
- [41] Werkema, C. (2012). *Lean Seis Sigma (2ª)*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- [42] Yazaki. (2014). Inspiring Vision Built on Strong Tradition. *YSE*. Ovar.
- [43] YAZAKI. (2008a). Yazaki-Europe. Retrieved February 8, 2016, from http://www.yazaki-europe.com/company/locations_worldwide.html
- [44] YAZAKI. (2008b). Yazaki-Europe. Retrieved February 8, 2016, from <http://www.yazaki-europe.com/company/history.html>
- [45] Yazakicorporation. (2013). Yazaki Price fixing, 4. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Yazaki>
- [46] Yazakicorporation. (2015). Global Network | YAZAKI Corporation. Retrieved February 13, 2016, from <https://www.yazaki-group.com/global/network/index.html#list>
- [47] Yokowo. (2014). Yokowo Spring Loaded Connector | News. Retrieved July 13, 2016, from <http://www.yokowoconnector.com/news/oct2014/>

Anexo A. Cronometragens

Operação	Medida (mm)	Ensaio	Tempo Colocar ferro (min)	Isolamento (min)	Tirar ferro (min)	Routing report	
Isolamento com ferro	355	1	0,020	0,763	0,800		
	355	2	0,033	0,895	0,700		
	355	3	0,026	1,206	0,630	Total (min)	Total (min)
		Média	0,026	0,955	0,710	1,691	0,489
Isolamento com ferro	70	1	0,050	0,421	0,060		
	70	2	0,080	0,362	0,050		
	70	3	0,062	0,405	0,059	Total (min)	Total (min)
		Média	0,064	0,396	0,056	0,516	0,273
Isolamento com ferro	220+170	1	0,060	1,080	0,082		
	220+170	2	0,059	1,760	0,080		
	220+170	3	0,050	1,050	0,075	Total (min)	Total (min)
		Média	0,056	1,297	0,079	1,432	0,515
Isolamento com ferro	490	1	0,023	0,943	0,104		
	490	2	0,035	2,127	0,109		
	490	3	0,007	2,353	0,105	Total (min)	Total (min)
		Média	0,022	1,808	0,106	1,935	
Isolamento com ferro	540	1	0,023	1,657	0,061		
	540	2	0,019	2,336	0,058		
	540	3	0,021	1,452	0,063	Total (min)	Total (min)
		Média	0,021	1,815	0,061	1,897	0,629
Isolamento com ferro	195	1	0,095	1,160	0,110		
	195	2	0,100	1,190	0,130		
	195	3	0,120	0,950	0,100	Total (min)	Total (min)
		Média	0,105	1,100	0,113	1,318	0,364

Isolamento com ferro	700	1	0,040	4,260	0,600		
	700	2	0,042	4,740	0,630		
	700	3	0,060	5,080	0,710	Total (min)	Total (min)
		Média	0,047	4,693	0,647	5,387	0,750
Inspeção elétrica	-	1		19,216			
	-	2		20,007			
	-	3		23,001		Total (min) (1)	Total (min)
		Média		20,741		20,741	20,063

(1) 2 Colaboradores

Operação	Medida (mm)	Ensaio	Cronometragem	Routing report
Colocar				
Grommet	7075161730	1	1,220	
	7075161730	2	1,187	
	7075161730	3	1,313	Total (min)
		Média	1,240 (2)	0,591
Colocar				
Grommet	7075161730	1	0,569	
	7075161730	2	0,454	
	7075161730	3	0,484	Total (min)
		Média	0,502 (2)	0,591
Colocar				
Grommet	7075112330	1	0,718	
	7075112330	2	0,930	
	7075112330	3	0,843	Total (min)
		Média	0,830 (2)	0,591
Colocar				
Grommet	7075112330	1	1,236	
	7075112330	2	1,425	
	7075112330	3	1,510	Total (min)
		Média	1,390 (2)	0,591
(2) Movimentar expander				
Inspeção				
Visual	-	1	22,402	
	-	2	21,160	
	-	3	17,309	Total (min)
		Média	20,290	10,015
Clip				
Checker	-	1	40,910	
	-	2	38,364	
	-	3	29,003	Total (min)
		Média	36,092 (1)	42,719

(1) 2 Colaboradores

Operação	Descrição	Comprimento (m)	Ensaio	Medição (min)	Routing Report (min)
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.75/0.85;MM;;BR	2,755	1	0,790	0,095
			2	0,458	
			3	0,441	
			Média	0,563	
Fio elétrico	Wire;Single;General;FLRYA;0.5;MM;;GY	4,3471	1	1,064	0,3442
			2	1,129	
			3	1,011	
			Média	1,070	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;W	4,715	1	0,826	0,143
			2	1,079	
			3	0,704	
			Média	0,870	
Fio elétrico	ks74355506		1	0,770	
			2	0,870	
			3	0,603	
			Média	0,748	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;BR	3,640	1	0,189	0,117
			2	0,208	
			3	0,195	
			Média	0,197	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;BR	3,640	1	0,189	0,117
			2	0,208	
			3	0,195	
			Média	0,197	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;BR	3,640	1	0,189	0,117
			2	0,208	
			3	0,195	
			Média	0,197	
Fio elétrico	Assy Cable;Antenna Cable (Feeder cable);3800MM	3,800	1	0,500	0,324
			2	0,391	
			3	0,315	
			Média	0,402	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;4;MM;;R	3,300	1	0,333	0,109
			2	0,675	
			3	0,382	

			Média	0,463	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;2.5;MM;;L	6,580	1	0,433	
			2	0,520	
			3	0,470	
			Média	0,474	0,188
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;2.5;MM;;Y	6,585	1	0,433	
			2	0,520	
			3	0,470	
			Média	0,474	0,188
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;1;MM;;L	4,020	1	0,607	
			2	0,552	
			3	0,501	
			Média	0,553	0,105
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;C	4,020	1	0,607	
			2	0,552	
			3	0,501	
			Média	0,553	0,105
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;2.5;MM;;Y	6,455	1	0,842	
			2	0,451	
			3	0,447	
			Média	0,580	0,185
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;2.5;MM;;Y	6,460	1	0,842	
			2	0,451	
			3	0,447	
			Média	0,580	0,185
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;G	5,565	1	0,236	
			2	0,228	
			3	0,369	
			Média	0,278	0,163
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	4,68	1	0,541	
			2	0,422	
			3	0,495	
			Média	0,486	0,142
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;L	5,318	1	0,317	
			2	0,745	
			3	0,438	
			Média	0,500	0,156

Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;Y	5,52	1	0,867	0,162
			2	0,758	
			3	0,685	
			Média	0,770	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;W	4,787	1	0,317	0,143
			2	0,745	
			3	0,438	
			Média	0,500	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;C	4,715	1	0,826	0,143
			2	1,079	
			3	0,704	
			Média	0,870	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;BR	3,640	1	0,189	0,117
			2	0,208	
			3	0,195	
			Média	0,197	
Fio elétrico	Terminal;General;Receptacle;Female;SN	4,98	1	0,224	0,149
			2	0,246	
			3	0,256	
			Média	0,242	
Fio elétrico	Terminal;General;Receptacle;Female;SN	4,98	1	0,224	0,149
			2	0,246	
			3	0,256	
			Média	0,242	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;GY	5,41	1	0,501	0,160
			2	0,994	
			3	0,725	
			Média	0,740	
Fio elétrico	Wire;Single;General;CIVUS;0.33/0.35;MM;;L	5,35	1	0,518	0,158
			2	0,864	
			3	0,614	
			Média	0,665	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;Y	5,525	1	0,453	0,162
			2	0,754	
			3	0,455	
			Média	0,554	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;Y	5,525	1	0,453	0,162
			2	0,754	

			3	0,455	
			Média	0,554	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;Y	5,525	1	0,453	
			2	0,754	
			3	0,455	
			Média	0,554	0,162
Fio elétrico	Wire;Single;General;CIVUS;1;MM;;BE	4,455	1	0,676	
			2	0,684	
			3	0,532	
			Média	0,631	0,135
Fio elétrico	Wire;Single;General;CIVUS;1;MM;;L	4,455	1	0,676	
			2	0,684	
			3	0,532	
			Média	0,631	0,135
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;L	5,191	1	0,520	
			2	0,680	
			3	0,702	
			Média	0,634	0,153
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;C	5,191	1	0,52	
			2	0,680	
			3	0,702	
			Média	0,634	0,153
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;C	4,737	1	0,421	
			2	0,442	
			3	0,486	
			Média	0,450	0,142
Fio elétrico	Terminal;General;Box;Female;AG	4,737	1	0,421	
			2	0,442	
			3	0,486	
			Média	0,450	0,142
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;C	4,737	1	0,421	
			2	0,442	
			3	0,486	
			Média	0,450	0,142
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;L	5,318	1	0,317	
			2	0,745	
			3	0,438	
			Média	0,500	0,156

Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	4,155	1	0,281	0,129
			2	0,358	
			3	0,431	
			Média	0,357	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;BR	4,151	1	0,281	0,128
			2	0,358	
			3	0,431	
			Média	0,357	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;C	4,151	1	0,281	0,128
			2	0,358	
			3	0,431	
			Média	0,357	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;C	4,09	1	0,559	0,128
			2	0,639	
			3	0,534	
			Média	0,577	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;L	4,34	1	0,657	0,134
			2	0,709	
			3	0,650	
			Média	0,672	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	4,055	1	0,353	0,127
			2	0,316	
			3	0,331	
			Média	0,333	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	3,96	1	0,431	0,124
			2	0,356	
			3	0,392	
			Média	0,393	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;1;MM;;Y	3,935	1	0,378	0,124
			2	0,513	
			3	0,501	
			Média	0,464	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;Y	4,405	1	0,809	0,135
			2	0,842	
			3	0,582	
			Média	0,744	
Fio	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;W	4,51	1	0,809	0,138

elétrico			2	0,842	
			3	0,582	
			Média	0,744	
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.33/0.35;MM;;BR	4,51	1	0,809	
			2	0,842	
			3	0,582	
			Média	0,744	0,138
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	4,496	1	0,654	
			2	0,740	
			3	0,685	
			Média	0,693	0,136
Fio elétrico	Wire;Single;General;FLRYA;0.5;MM;;W	4,43	1	0,654	
			2	0,740	
			3	0,685	
			Média	0,693	0,136
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;W	4,217	1	0,654	
			2	0,740	
			3	0,685	
			Média	0,693	0,129
Fio elétrico	Wire;Single;General;T3ZH;0.5;MM;;L	4,217	1	0,654	
			2	0,740	
			3	0,685	
			Média	0,693	0,129

Anexo B. Processos Posto 1 – Colocação de Fio

	Conectores											Wire Layout		
	Conetor	Nº inserções	Clip	eyelet	Colocação no Jig	Plug	Spacer	Rear	Seal	Fechar conetor	Locking	Normal	Tube;Fiber/Cloth;QS3430;6;6;MM;Non-Slit	Wire through grommet
P o s t o 1 - C o l o c a ç ã o d e F i o	670			X	X							1		
	111	15			X							10		
	501	34			X	30						5		
	503	9			X								7	
	560	3			X							3		
	431	8			X					X		6		
	360	Corte			X							3		
	61	7			X							5		
	62	7			X							4		
	110	8			X							7		1
	88	3			X							3		
	600	2			X							2		
	112	2		X		X	1							2
	516	3				X						2		
	525	2				X				X		2		
	331	2				X				X		2		
	120	12		X		X						8		
	390	2				X				X		2		
	502	3				X							2	
	432	2				X				X		2		
	650	2				X				X		2		
	411	2				X				X		2		
	326	2				X				X		2		
	122	1				X						1		
	89	1				X						1		
	391	3				X	3			X	X	2		
	138				X	X						1		
	29				X	X						1		
	76	1				X	1			X				1
	256	3				X	8							3
	27	2				X	2					2		
	413	2				X								
	28				X	X						1		
119	12		X		X						3			
33				X	X						1			
301				X	X						1			
510	2				X									
422	2				X									
305	2				X									
18	1				X						1			
10	1				X						1			
115	Posto 2				Posto 2						2			

P o s t o 1 - C o l o c a ç ã o d e F i o	601	1			X							1		
	59	2			X							2		
	400	8			X							1		
	113	12			X							5		
	98	9			X							6		
	3	2			X			X		X		2		
	500	4			X					X		4		
	448	4			X					X		4		
	QS3430 (600mm)													
	QS3430 (600mm)													
	368	2			X					X		2		
	116	3			X					X		3		
	330	27			X	15						2		
	369	2			X					X		2		
	370	2			X					X		2		
	99			X	X							1		
	54			X	X							1		
	131			X	X							1		
	415	6	X		X					X		6		
	95	2			X							2		
	666			X	X							1		
	564	3			X					X				
	572	3			X									
	520	3			X									
	315	3			X									
	255	2			X	8							2	
	77	1			X	1				X				
	554	2	X		X								2 (2 gromets)	
	80			X	X									
	74	14			X									
	72	2			X									
	555	1			X									
	63			X	X							1		
90	4			X							1			
21-ksterminal				X										
22-ksterminal				X										
375	5			X							1			
114	4			X							2			
371	2			X					X		2			
372	2			X					X		2			
42	1			X							1			
Wrap butyl rubber	10													
Connecting mated parts	14													

Anexo C. Processos Posto 2 – Colocação de Fio

Conectores														Wire Layout	
	Conetor	Nº inserções	Clip	eyelet	Colocação no Jig	Plug	Cover	Rear	Spacer	Seal	Fechar conetor	Locking	Normal	Wire through grommet	
P o s t o 2 - C o l o c a ç ã o d e F i o	110	2											2		
	69	3			X	3					X		3		
	56			X	X								1		
	208	4	X		X						X		4		
	205	4	X		X						X		4		
	203	4	X		X						X		4		
	201	4	X		X						X		4		
	460	4			X	2							2		
	19	2			X										
	58	3			X	3					X		3		
	52	3			X	3					X		3		
	327	3			X	3					X		3		
	75	15			X								14		
	568	3			X						X		3		
	95	2									X		2		
	31			X	X								1		
	15	2			X						X		2		
	366	3			X						X		3		
	53	3			X						X		3		
	367	3			X						X		3		
139			X	X								1			
14	9			X	3					X		4			
569	2			X											
125	9			X	3					X		6			
250	2			X						X		2			
96	8			X								4			
81			X	X								1			
120	1											1			
119	1											1			
13	2	X			X						X		2		
12	2	X			X						X		2		
155	2	X			X						X		2		
154	2	X			X						X		1		
799	11				X								5		
51	1				X										
130			X		X								1		
			Colocado no posto 1												

Anexo D. Processos Posto 3 – Colocação de Fio

	Conectores												Wire Layout		
	Conetor	Nº inserções	Clip	eyelet	Colocação no Jig	Plug	Cover	Rear	Spacer	Seal	Fechar conetor	Locking	Normal	Fix slitted Fiber/Cloth tube on W/H	Wire through grommet
P o s t o 3 - C o l o c a ç ã o d e F i o	444	6			X						X		5		
	254	3			X	5							1		
	5	3	X		X								3		
	8	3			X								3		
	6	4	X		X								4		
	4	3	X		X								3		
	9	3			X								3		
	7	4	X		X								3		
	501	5									X	X	5		
	157	2			X								2		
	253	12	X		X	2							9		
	375	3											3		
	330	4			X								2		
	90	6									X		6		
	41	12			X								9		
	124	2			X								2		
	100	2			X						X		1		
	57				X	X							1		
	32				X	X							1		
	30				X	X							1		
119	1									X					
120	1									X					
149	6			X						X					
135				X	X							1			
147	4	X		X	8					X		2			
97	10			X						X		8			
249	11			X	4							8			
2	3			X	1					X		1			
251	10			X	7							9			
83	2			X								2			
151	2			X						X		2			
11	4			X						X		1			
67				X	X							2			
410	55			X	25			X				2			
		Colocado no PT1			Colocado no PT2										

Anexo E. Processos Posto 4 – Colocação de Fio

Conectores														Wire Layout		
Conetor	Nº inserções	Clíp	eyelet	Colocação no Jig	Plug	Cover	Rear	Spacer	Seal	Fechar conetor	Locking	Normal	Fix slitted Fiber/Cloth tube on W/H	Wire through grommet		
74357066				X								1				
74357066				X												
74357067				X								1				
74357067				X												
74357069				X								1				
74357069				X												
74357070				X								1				
74357070				X												
74357072				X								1				
74357072				X												
74357074				X								1				
74357074				X												
74357328				X								1				
74357328				X												
74354931				X								1				
74354931				X												
290	1			X								1				
55			X	X								1				
610	2			X						X		2				
603	4			X	4					X		1				
325	75			X			X			X		55				
573			X	X								1				
83	6									X		4				
39	1									X		1				
126	2			X						X		2				
253	4									X		4				
316	1									X		1				
254	2									X		2				
38	4			X	4					X		3				
68			X	X								1				
561	3			X						X		1				
60	1			X						X		1				
41	1									X		1				
72	4									X		4				
123	1			X						X						
314	2	X		X						X		1				
		Colocado no PT1		Colocado no PT2		Colocado no PT3										

P o s t o 4 - C o l o c a ç ã o d e F i o	410	11								X	X(2)	5			
	485	9								X	X	3			
	502	1								X			1		
	503	2								X			2		
	33			X	X								1		
	456			X	X								1		
	256	1									X				
	255	2									X				1
	554	1									X				1 (2 grommets)
	66	1									X		1		
	418	1									X		1		
	557	2									X				2 (2 grommets)
	18	2									X		1		
	110	1									X		1		
	4	1									X		1		
	5	1									X		1		
	6	1									X		1		
	7	1									X		1		
	8	1									X		1		
	9	1									X		1		
	375	2						X			X		2		
	403			X	X								1		
	96	1									X				
	157	1									X		1		
	400	2									X				
	115	1									X				
	49	1									X				
	602	1									X				
	249	3									X		3		
	251	1									X		1		
	75	1									X				
	24	1									X				
	42	1									X				
	25	1									X		1		
	127	1									X		1		
	200	inserção do 325													
73			X	X									1		
65	2	X		X						X		2			
Wrap butyl rubber	6														
Connecting mated parts	5														
Insert separate connector lock rear	21														
		Colocado no PT1		Colocado no PT2		Colocado no PT3									

Anexo F. Processos Posto 5 – Isolamento

Posto 5 - Isolamento	Isolamento			Tubos/Malhas		Cruzamentos	
	430H31930			Fix slitted fiber/cloth tube on W/H*	Spot tape to fix tube	Número de ramos	
	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape		430H31930	Não Visível	Visível
		230		65	2	4	
	410					3	
	315					3	
	95					4	
	110					3	
	195					3	
	100					3	
	95					4	
	90					3	
	240					3	
	50					3	
	75					5	
	170					3	
	130					3	
	110					4	
	180					3	
	735					3	
	65					3	
	55					3	
	95					8	
							8
	85						4

65						3	
50						3	
200						3	
365						4	
90						3	
265						3	
95						3	
95						4	
155						3	
65						3	
415							3
185							5
200							4
90							5
75							
20							
130							
4300K1930				430211970			
Espiral*	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape	195	2		
100			41	160	2		
205				65	2		
100							
140							
160							
30							
350							
	505						
	60			4300k1930			
	295			305	2		
485				95	2		
120				140	2		
310				140	2		

85				120	2		
70				120	2		
160				85	2		
225				560	2		
40				135	2		
40				Prender malha 350	2		
170				95	2		
90				95	2		
140							
355							
315							
50							
280							
100							
170							
130							
80							
70							
65							
65							
125							
300							

*Medidas em milímetros

Anexo G. Processos Posto 6 – Isolamento

Posto 6 - Isolamento	Isolamento			Tubos/Malhas		Cruzamentos	
	430H31930			Fix slitted fiber/cloth tube on W/H*	Spot tape to fix tube	Número de ramos	
	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape		430H31930	Não Visível	Visível
		180		120	2	4	
		140		140	2	3	
		125		65	2	3	
	100			60	2	5	
	100			75	2	3	
	180			260	2	5	
	90			95	2	3	
	235			90	2	3	
	105			260	2	4	
	335					4	
	65					3	
	285					3	
	45					4	
	100					3	
	40					3	
	95					5	
	35					3	
	110					3	
	380						4
	60						
	225						

30								
95								
110								
120								
250								
120								
65								
235								
210								
45								
55								
60								
70								
275								
245								
35								
4300K1930				430211970			4300k1930	
Espiral*	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape	65	2		3	
	30		14	165	2		3	
	50			550	2		7	
65						3		
205						4		
80						3		
310						3		
40						3		
40						3		
50						5		
60						3		
	70					4		
55						4		
95						3		

285						3	
85						4	
155						3	
65						4	
40						3	
230						3	
175							
165				4300k1930			
170				275	2		
160				105	2		
165				95	2		
165				45	2		
200				140	2		
120							
55							
130							
305							
130							
435							
170							
2 Wrap butyl rubber e respetivo isolamento							
2 Grommets e respetivo isolamento							

*Medidas em milímetros

Anexo H. Processos Posto 7 – Isolamento

Posto 7 - Isolamento	Isolamento			Tubos/Malhas		Cruzamentos	
	430H31930			Fix slitted fiber/cloth tube on W/H*	Spot tape to fix tube	Número de ramos	
	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape		430H31930	Não Visível	Visível
		290	1	860	2	4	
		260		420	2	3	
		120		120	2	3	
		255		105	2	3	
		390		60	2	3	
		155	Amarelo	105	2	3	
		195	1	60	2	4	
	345			860	2	3	
	90			265	2	3	
	85			45	2	5	
	20			130	2	4	
	135			160	2	3	
	395		Verde	105	2	3	
	130		1	80	2	3	
	225			550	2	3	
	80					3	
	100					3	
	60					3	
	50					3	
	50		Branco			3	
	180		1				4
	95						4

80						3
30						6
130						5
145						3
90						
70		Vermelho				
215		1				
250						
255						
85						
140						
640						
170						
50						
320						
85						
120						
45						
205						
35						
315						
4300K1930			430211970			4300K1930
Espiral*	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape	70	2	6
	45		12	90	2	3
100						5
100						
195						
50						
250						
	150					
	100					
	100					

	50						
	85			4300k1930			
80				105	2		
65				95	2		
130				45	2		
100				140	2		
130				220	3		
165							
220							
	100						
	80						
	70						
145							
85							
2 Wrap butyl rubber e respetivo isolamento							
2 Grommets e respetivo isolamento							

*Medidas em milímetros

Anexo I. Processos Posto 8 – Isolamento

Posto 8 - Isolamento	Isolamento			Tubos/Malhas		Cruzamentos	
	430H31930			Fix slitted fiber/cloth tube on W/H*	Spot tape to fix tube	Número de ramos	
	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape		430H31930	Não Visível	Visível
	105		1	860	2	3	
	100			105	2	3	
	90			65	2	3	
	80			130	2	3	
	70			100	2	3	
	240					3	
		195				4	
		130				3	
		295				6	
		255				3	
		140	Verde			3	
		390	1			4	
	195					3	
	130					3	
	605					3	
	70						
	155						
	110						
	115						
	540						
	155						
	350		Azul				

175			1				
190							
85							
295							
250							
30							
190							
70			Branco				
105			2				
130							
210							
130							
95							
205							
130							
65							
525							
255							
105							
150							
95							
135							
4300K1930				430211970		4300K1930	
Espiral*	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape	120	2	4	
230			9				
1010							
65							
130							
75							
50							
160							
90							

150								
30								
				4300k1930				
				220	3			
1 Wrap butyl rubber e respetivo isolamento								
Colocação de Grommet`s com expander e respetivo isolamento						Referência	Quantidade	
						7075161730	2	
						7075112330	2	
						7035289130	1	
						7075105730	2	

*Medidas em milímetros

Anexo J. Processos Posto de Inspeção Elétrica

Posto de Inspeção Elétrica	Isolamento				Tubos/Malhas		Cruzamentos	
	430H31930				Fix slitted fiber/cloth tube on W/H*	Spot tape to fix tube	Número de ramos	
	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape	430H31930		Não Visível	Visível	
				2				
	4300K1930				430211970		4300K1930	
	Espiral*	Cheio*	Cheio com ferro*	Spot tape				5
	100			3			3	
	160						3	
	195						3	
	125						4	
	100						4	
	225							
	160							
	125							
	125							
35								
130								
140								
145								
				4300k1930				
				85	2			
					2			
Fusíveis								
3A	5A	7,5A	10A	15A	20A			
6	4	1	7	5	4			

25A	30A	35A	50A	60A	
1	6	4	4	2	
Operações					
Close pre-inst lock at box/protector			1		
Connecting mated parts			6		
Electrical Inspection			1		
Fix connector cover			5		
Fix fuse box cover			1		
Fixing adhesive label			1		
Fixing bolt/nut			1		
Fixing sticker/caution plate			1		
Insert relay			12		
Insert separate connector lock rear			1		
JB assembly tab guard cover			1		
Manual fixing strap clip without retainer			7		
Scan and put video control label			1		
Scanning - stamping - signing			1		
Video control fuse box			2		
8G210006 - Sheet fixing			2		
Isolar 8G210006			5		
Cap			1		
Spacer			1		
Fix foam pad			2		
Atomakis		430H31930	3		
		4300K1930	4		

*Medidas em milímetros

Anexo K. Heurística 1: Operações ordenadas por tempos

Tempo de Operação	Operação	Operação Precedente
0,7502	1	-
0,4579	2	-
0,2593	3	-
0,2593	4	-
0,2593	5	-
0,1749	6	-
0,1749	7	-
0,1749	8	-
0,1749	9	-
0,1749	10	-
0,1749	11	-
0,1749	12	-
0,1749	13	-
0,1691	14	-
0,1497	15	-
0,1485	16	-
0,1485	17	-
0,1386	18	-
0,1386	19	-
0,1386	20	-
0,1386	21	-
0,1386	22	-
0,1386	23	-
0,1386	24	-
0,1386	25	-
0,1386	26	-
0,1386	27	-
0,1386	28	-
0,1386	29	-
0,1386	30	-
0,1319	31	-
0,1291	32	-
0,1273	33	-
0,0902	34	-
0,0902	35	-
0,0748	36	-

0,0748	37	-
0,07	38	-
0,07	39	-
0,07	40	-
0,0673	41	-
0,0672	42	-
0,0664	43	-
0,0664	44	-
0,0664	45	-
0,0656	46	-
0,0649	47	-
0,0647	48	-
0,0643	49	-
0,0643	50	-
0,0643	51	-
0,0643	52	-
0,063	53	-
0,063	54	-
0,0627	55	-
0,0627	56	-
0,0627	57	-
0,0627	58	-
0,0627	59	-
0,0627	60	-
0,0627	61	-
0,0627	62	-
0,0627	63	-
0,0627	64	-
0,0627	65	-
0,0627	66	-
0,0627	67	-
0,0627	68	-
0,0627	69	-
0,0627	70	-
0,0627	71	-
0,0627	72	-
0,0627	73	-
0,0627	74	-
0,0627	75	-
0,0627	76	-

0,0627	77	-
0,0627	78	-
0,0627	79	-
0,0627	80	-
0,0627	81	-
0,0621	82	-
0,062	83	-
0,062	84	-
0,062	85	-
0,062	86	-
0,062	87	-
0,062	88	-
0,062	89	-
0,062	90	-
0,0607	91	-
0,0607	92	-
0,0584	93	-
0,058	94	-
0,058	95	-
0,058	96	-
0,0576	97	-
0,0562	98	-
0,0558	99	-
0,0558	100	-
0,0552	101	-
0,0551	102	-
0,055	103	-
0,055	104	-
0,055	105	-
0,055	106	-
0,055	107	-
0,055	108	-
0,055	109	-
0,055	110	-
0,055	111	-
0,055	112	-
0,055	113	-
0,055	114	-
0,055	115	-
0,055	116	-

0,055	117	-
0,055	118	-
0,055	119	-
0,055	120	-
0,055	121	-
0,055	122	-
0,055	123	-
0,055	124	-
0,055	125	-
0,055	126	-
0,055	127	-
0,055	128	-
0,055	129	-
0,055	130	-
0,055	131	-
0,055	132	-
0,055	133	-
0,055	134	-
0,055	135	-
0,055	136	-
0,055	137	-
0,055	138	-
0,055	139	-
0,055	140	-
0,055	141	-
0,055	142	-
0,055	143	-
0,055	144	-
0,055	145	-
0,055	146	-
0,055	147	-
0,055	148	-
0,055	149	-
0,055	150	-
0,055	151	-
0,055	152	-
0,055	153	-
0,055	154	-
0,055	155	-
0,055	156	-
0,055	157	-
0,055	158	-
0,055	159	-
0,055	160	-
0,055	161	-
0,055	162	-
0,055	163	-

0,055	164	-
0,055	165	-
0,055	166	-
0,055	167	-
0,055	168	-
0,055	169	-
0,055	170	-
0,055	171	-
0,055	172	-
0,055	173	-
0,055	174	-
0,055	175	-
0,055	176	-
0,055	177	-
0,055	178	-
0,055	179	-
0,055	180	-
0,055	181	-
0,055	182	-
0,055	183	-
0,055	184	-
0,055	185	-
0,055	186	-
0,055	187	-
0,055	188	-
0,055	189	-
0,055	190	-
0,055	191	-
0,055	192	-
0,055	193	-
0,055	194	-
0,055	195	-
0,055	196	-
0,055	197	-
0,055	198	-
0,055	199	-
0,055	200	-
0,055	201	-
0,055	202	-
0,055	203	-
0,055	204	-
0,055	205	-
0,055	206	-
0,055	207	-
0,055	208	-
0,055	209	-
0,055	210	-

0,055	211	-
0,055	212	-
0,055	213	-
0,055	214	-
0,055	215	-
0,055	216	-
0,055	217	-
0,055	218	-
0,055	219	-
0,055	220	-
0,055	221	-
0,055	222	-
0,055	223	-
0,055	224	-
0,055	225	-
0,055	226	-
0,055	227	-
0,055	228	-
0,055	229	-
0,055	230	-
0,055	231	-
0,055	232	-
0,055	233	-
0,055	234	-
0,055	235	-
0,055	236	-
0,055	237	-
0,055	238	-
0,055	239	-
0,055	240	-
0,055	241	-
0,055	242	-
0,055	243	-
0,055	244	-
0,055	245	-
0,055	246	-
0,055	247	-
0,055	248	-
0,055	249	-
0,055	250	-
0,055	251	-
0,055	252	-
0,055	253	-
0,055	254	-
0,055	255	-
0,055	256	-
0,055	257	-

0,055	258	-
0,055	259	-
0,055	260	-
0,055	261	-
0,055	262	-
0,055	263	-
0,055	264	-
0,055	265	-
0,055	266	-
0,055	267	-
0,055	268	-
0,055	269	-
0,055	270	-
0,055	271	-
0,055	272	-
0,055	273	-
0,055	274	-
0,055	275	-
0,055	276	-
0,055	277	-
0,055	278	-
0,055	279	-
0,055	280	-
0,055	281	-
0,055	282	-
0,055	283	-
0,055	284	-
0,055	285	-
0,055	286	-
0,055	287	-
0,055	288	-
0,055	289	-
0,055	290	-
0,055	291	-
0,055	292	-
0,055	293	-
0,055	294	-
0,055	295	-
0,055	296	-
0,055	297	-
0,055	298	-
0,055	299	-
0,055	300	-
0,055	301	-
0,055	302	-
0,055	303	-
0,0545	304	-

0,0544	305	-
0,0543	306	-
0,0539	307	-
0,0534	308	-
0,0534	309	-
0,0534	310	-
0,0534	311	-
0,0533	312	-
0,053	313	-
0,053	314	-
0,053	315	-
0,053	316	-
0,053	317	-
0,053	318	-
0,053	319	-
0,053	320	-
0,053	321	-
0,053	322	-
0,053	323	-
0,053	324	-
0,053	325	-
0,053	326	-
0,0528	327	-
0,0528	328	-
0,0528	329	-
0,0523	330	-
0,0523	331	-
0,0516	332	-
0,0513	333	-
0,0507	334	-
0,0505	335	-
0,0504	336	-
0,0499	337	-
0,0498	338	-
0,0495	339	-
0,0495	340	-
0,0495	341	-
0,0495	342	-
0,0495	343	-
0,0495	344	-
0,0495	345	-
0,0495	346	-
0,0495	347	-
0,0495	348	-
0,0495	349	-
0,0495	350	-
0,0495	351	-

0,0495	352	-
0,0495	353	-
0,0495	354	-
0,0495	355	-
0,0495	356	-
0,0495	357	-
0,0495	358	-
0,0495	359	-
0,0495	360	-
0,0487	361	-
0,0487	362	-
0,0481	363	-
0,0477	364	-
0,0471	365	-
0,047	366	-
0,0466	367	-
0,0465	368	-
0,0465	369	-
0,0454	370	-
0,0454	371	-
0,0454	372	-
0,0453	373	-
0,0453	374	-
0,0453	375	-
0,0453	376	-
0,0453	377	-
0,0453	378	-
0,0451	379	-
0,0451	380	-
0,0451	381	-
0,0451	382	-
0,0451	383	-
0,0451	384	-
0,0451	385	-
0,0449	386	-
0,0449	387	-
0,0449	388	-
0,0447	389	-
0,0446	390	-
0,0412	391	-
0,0407	392	-
0,0406	393	-
0,0406	394	-
0,0406	395	-
0,0406	396	-
0,0406	397	-
0,0406	398	-

0,0406	399	-
0,0406	400	-
0,0406	401	-
0,0406	402	-
0,0406	403	-
0,0406	404	-
0,0406	405	-
0,0403	406	-
0,04	407	-
0,0395	408	-
0,0395	409	-
0,0382	410	-
0,038	411	-
0,038	412	-
0,0374	413	-
0,0374	414	-
0,0374	415	-
0,0374	416	-
0,0374	417	-
0,0374	418	-
0,0374	419	-
0,0374	420	-
0,0374	421	-
0,0374	422	-
0,0374	423	-
0,0374	424	-
0,0374	425	-
0,0374	426	-
0,0374	427	-
0,0373	428	-
0,0371	429	-
0,0367	430	-
0,0365	431	-
0,0363	432	-
0,0362	433	-
0,0355	434	-
0,0355	435	-
0,0355	436	-
0,0337	437	-
0,4162	438	1...437
0,3519	439	1...437
0,3519	440	1...437
0,3519	441	1...437
0,3216	442	1...437
0,2464	443	1...437
0,2157	444	1...437
0,2119	445	1...437

0,2101	446	1...437
0,2101	447	1...437
0,2101	448	1...437
0,2101	449	1...437
0,2101	450	1...437
0,2101	451	1...437
0,2101	452	1...437
0,2101	453	1...437
0,2101	454	1...437
0,2101	455	1...437
0,2101	456	1...437
0,2101	457	1...437
0,2101	458	1...437
0,2101	459	1...437
0,2101	460	1...437
0,2101	461	1...437
0,2101	462	1...437
0,2101	463	1...437
0,2101	464	1...437
0,2101	465	1...437
0,2101	466	1...437
0,2101	467	1...437
0,2101	468	1...437
0,2101	469	1...437
0,2101	470	1...437
0,2101	471	1...437
0,2101	472	1...437
0,2101	473	1...437
0,2101	474	1...437
0,2101	475	1...437
0,2101	476	1...437
0,2101	477	1...437
0,2101	478	1...437
0,2101	479	1...437
0,2101	480	1...437
0,2101	481	1...437
0,2	481	1...437
0,2	482	1...437
0,1854	483	1...437
0,1793	484	1...437
0,1793	485	1...437
0,1793	486	1...437
0,1738	487	1...437
0,1738	488	1...437
0,1738	489	1...437
0,1738	490	1...437
0,1738	491	1...437

0,1738	492	1...437
0,1738	493	1...437
0,1738	494	1...437
0,1738	495	1...437
0,1738	496	1...437
0,1738	497	1...437
0,1584	498	1...437
0,1584	499	1...437
0,1384	500	1...437
0,1366	501	1...437
0,1366	502	1...437
0,1366	503	1...437
0,1366	504	1...437
0,1366	505	1...437
0,1366	506	1...437
0,1366	507	1...437
0,1366	508	1...437
0,1366	509	1...437
0,1366	510	1...437
0,1366	511	1...437
0,1366	512	1...437
0,1366	513	1...437
0,1366	514	1...437
0,1366	515	1...437
0,1366	516	1...437
0,1366	517	1...437
0,1366	518	1...437
0,1366	519	1...437
0,1366	520	1...437
0,1366	521	1...437
0,1366	522	1...437
0,1366	523	1...437
0,1366	524	1...437
0,1366	525	1...437
0,1366	526	1...437
0,1366	527	1...437
0,1366	528	1...437
0,1366	529	1...437
0,1366	530	1...437
0,1366	531	1...437
0,1366	532	1...437
0,1366	533	1...437
0,1366	534	1...437
0,1366	535	1...437
0,1324	536	1...437
0,1324	537	1...437
0,1309	538	1...437

0,1249	539	1...437
0,121	540	1...437
0,121	541	1...437
0,121	542	1...437
0,121	543	1...437
0,121	544	1...437
0,121	545	1...437
0,121	546	1...437
0,121	547	1...437
0,121	548	1...437
0,121	549	1...437
0,121	550	1...437
0,121	551	1...437
0,121	552	1...437
0,1135	553	1...437
0,1135	554	1...437
0,1135	555	1...437
0,1135	556	1...437
0,1135	557	1...437
0,11	558	1...437
0,1097	559	1...437
0,0908	560	1...437
0,0908	561	1...437
0,087	562	1...437
0,0832	563	1...437
0,0832	564	1...437
0,0757	565	1...437
0,0719	566	1...437
0,0681	567	1...437
0,0681	568	1...437
0,0681	569	1...437
0,0643	570	1...437
0,0643	571	1...437
0,0643	572	1...437
0,0605	573	1...437
0,0605	574	1...437
0,0605	575	1...437
0,0605	576	1...437
0,0568	577	1...437
0,0568	578	1...437
0,053	579	1...437
0,053	580	1...437
0,053	581	1...437
0,0492	582	1...437
0,0492	583	1...437
0,0492	584	1...437
0,0492	585	1...437

0,0492	586	1...437
0,0492	587	1...437
0,0454	588	1...437
0,0454	589	1...437
0,0378	590	1...437
0,0378	591	1...437
0,0341	592	1...437
0,0341	593	1...437
0,0303	594	1...437
0,0303	595	1...437
0,0303	596	1...437
0,0303	597	1...437
0,0303	598	1...437
0,0265	599	1...437
0,0265	600	1...437
0,0265	601	1...437
0,0227	602	1...437
0,0227	603	1...437
0,0227	604	1...437
0,0227	605	1...437

Anexo L. Heurística 1: Operações ordenadas por Posto de Trabalho

Tempo de Operação	Operação	Operação Precedente	PT
0,7502	1	-	1
0,4579	2	-	1
0,2593	3	-	1
0,2593	4	-	1
0,2593	5	-	1
0,1749	6	-	1
0,1749	7	-	1
0,1749	8	-	1
0,1749	9	-	1
0,1749	10	-	1
0,1749	11	-	1
0,1749	12	-	1
0,1749	13	-	1
0,1691	14	-	1
0,1497	15	-	1
0,1485	16	-	1
0,1485	17	-	1
0,1386	18	-	1
0,1386	19	-	1
0,1386	20	-	1
0,1386	21	-	1
0,1386	22	-	1
0,1386	23	-	1
0,1386	24	-	1
0,1386	25	-	1
0,1386	26	-	1
0,1386	27	-	1
0,1386	28	-	1
0,1386	29	-	1
0,1386	30	-	1
0,1319	31	-	1
0,1291	32	-	1
0,1273	33	-	1
0,0902	34	-	1
0,0902	35	-	1
0,0748	36	-	1

0,0748	37	-	1
0,07	38	-	1
0,07	39	-	1
0,07	40	-	1
0,0673	41	-	1
0,0672	42	-	1
0,0664	43	-	1
0,0664	44	-	1
0,0664	45	-	1
0,0656	46	-	1
0,0649	47	-	1
0,0647	48	-	1
0,0643	49	-	1
0,0643	50	-	1
0,0643	51	-	1
0,0643	52	-	1
0,063	53	-	1
0,063	54	-	1
0,0627	55	-	1
0,0627	56	-	1
0,0627	57	-	1
0,0627	58	-	1
0,0627	59	-	1
0,0627	60	-	1
0,0627	61	-	1
0,0627	62	-	1
0,0627	63	-	1
0,0627	64	-	1
0,0627	65	-	1
0,0627	66	-	1
0,0627	67	-	1
0,0627	68	-	1
0,0627	69	-	1
0,0627	70	-	1
0,0627	71	-	1
0,0627	72	-	1
0,0627	73	-	1
0,0627	74	-	1
0,0627	75	-	1
0,0627	76	-	1

0,0627	77	-	1
0,0627	78	-	1
0,0627	79	-	1
0,0627	80	-	1
0,0627	81	-	1
0,0621	82	-	1
0,062	83	-	1
0,062	84	-	1
0,062	85	-	1
0,062	86	-	1
0,062	87	-	1
0,062	88	-	1
0,062	89	-	1
0,062	90	-	1
0,0607	91	-	1
0,0607	92	-	1
0,0584	93	-	1
0,058	94	-	1
0,058	95	-	1
0,058	96	-	1
0,0576	97	-	1
0,0562	98	-	1
0,0558	99	-	1
0,0558	100	-	1
0,0552	101	-	1
0,0551	102	-	1
0,055	103	-	1
0,055	104	-	1
0,055	105	-	1
0,055	106	-	1
0,055	107	-	1
0,055	108	-	1
0,055	109	-	1
0,055	110	-	1
0,055	111	-	1
0,055	112	-	1
0,055	113	-	1
0,055	114	-	1
0,055	115	-	1
0,055	116	-	1

0,055	117	-	1
0,055	118	-	1
0,055	119	-	1
0,055	120	-	1
0,055	121	-	1
0,055	122	-	1
0,055	123	-	1
0,055	124	-	1
0,055	125	-	1
0,055	126	-	1
0,055	127	-	1
0,055	128	-	1
0,055	129	-	1
0,055	130	-	1
0,055	131	-	1
0,055	132	-	1
0,055	133	-	1
0,055	134	-	1
0,055	135	-	1
0,055	136	-	1
0,055	137	-	1
0,055	138	-	1
0,055	139	-	1
0,055	140	-	1
0,055	141	-	1
0,055	142	-	1
0,055	143	-	1
0,055	144	-	1
0,055	145	-	1
0,055	146	-	1
0,055	147	-	1
0,055	148	-	1
0,055	149	-	1
0,055	150	-	1
0,055	151	-	1
0,055	152	-	1
0,055	153	-	1
0,055	154	-	1
0,055	155	-	1
0,055	156	-	1
0,055	157	-	1
0,055	158	-	1
0,055	159	-	1
0,055	160	-	1
0,055	161	-	1
0,055	162	-	1
0,055	163	-	1

0,055	164	-	1
0,055	165	-	1
0,055	166	-	1
0,055	167	-	1
0,055	168	-	1
0,055	169	-	1
0,055	170	-	1
0,055	171	-	1
0,055	172	-	1
0,055	173	-	1
0,055	174	-	1
0,055	175	-	1
0,055	176	-	1
0,055	177	-	1
0,055	178	-	1
0,055	179	-	1
0,055	180	-	1
0,055	181	-	1
0,055	182	-	1
0,055	183	-	1
0,055	184	-	1
0,055	185	-	1
0,055	186	-	1
0,055	187	-	1
0,055	188	-	1
0,055	189	-	1
0,055	190	-	1
0,055	191	-	1
0,055	192	-	1
0,055	193	-	1
0,055	194	-	1
0,055	195	-	1
0,055	196	-	1
0,055	197	-	1
0,055	198	-	1
0,055	199	-	1
0,055	200	-	1
0,055	201	-	1
0,055	202	-	1
0,055	203	-	1
0,055	204	-	1
0,055	205	-	1
0,055	206	-	1
0,055	207	-	1
0,055	208	-	1
0,055	209	-	1
0,055	210	-	1

0,055	211	-	1
0,055	212	-	1
0,055	213	-	1
0,055	214	-	1
0,055	215	-	1
0,055	216	-	1
0,055	217	-	1
0,055	218	-	1
0,055	219	-	1
0,055	220	-	1
0,055	221	-	1
0,055	222	-	1
0,055	223	-	1
0,055	224	-	1
0,055	225	-	1
0,055	226	-	1
0,055	227	-	1
0,055	228	-	1
0,055	229	-	1
0,055	230	-	1
0,055	231	-	1
0,055	232	-	1
0,055	233	-	1
0,055	234	-	1
0,055	235	-	1
0,055	236	-	1
0,055	237	-	1
0,055	238	-	1
0,055	239	-	1
0,055	240	-	1
0,055	241	-	1
0,055	242	-	1
0,055	243	-	1
0,055	244	-	1
0,055	245	-	1
0,055	246	-	1
0,055	247	-	1
0,055	248	-	1
0,055	249	-	1
0,055	250	-	1
0,055	251	-	1
0,055	252	-	1
0,055	253	-	1
0,055	254	-	1
0,055	255	-	1
0,055	256	-	1
0,055	257	-	1

0,055	258	-	1
0,055	259	-	1
0,055	260	-	1
0,055	261	-	1
0,055	262	-	1
0,055	263	-	1
0,055	264	-	1
0,055	265	-	1
0,055	266	-	1
0,055	267	-	1
0,055	268	-	1
0,055	269	-	1
0,055	270	-	1
0,055	271	-	1
0,055	272	-	1
0,055	273	-	1
0,055	274	-	1
0,055	275	-	1
0,055	276	-	1
0,055	277	-	1
0,055	278	-	1
0,055	279	-	1
0,055	280	-	1
0,055	281	-	1
0,055	282	-	1
0,055	283	-	1
0,055	284	-	1
0,055	285	-	1
0,055	286	-	1
0,055	287	-	1
0,055	288	-	1
0,055	289	-	1
0,055	290	-	1
0,055	291	-	1
0,055	292	-	1
0,055	293	-	1
0,055	294	-	1
0,055	295	-	1
0,055	296	-	1
0,055	297	-	1
0,055	298	-	1
0,055	299	-	1
0,055	300	-	1
0,055	301	-	1
0,055	302	-	1
0,055	303	-	1
0,0545	304	-	1

0,0544	305	-	1
0,0543	306	-	1
0,0539	307	-	1
0,0534	308	-	1
0,0534	309	-	1
0,0534	310	-	1
0,0534	311	-	1
0,0533	312	-	1
0,053	313	-	1
0,053	314	-	1
0,053	315	-	1
0,053	316	-	1
0,053	317	-	1
0,053	318	-	1
0,053	319	-	1
0,053	320	-	1
0,053	321	-	1
0,053	322	-	1
0,053	323	-	1
0,053	324	-	1
0,053	325	-	1
0,053	326	-	1
0,0528	327	-	1
0,0528	328	-	1
0,0528	329	-	1
0,0523	330	-	1
0,0523	331	-	1
0,0516	332	-	1
0,0513	333	-	1
0,0507	334	-	1
0,0505	335	-	1
0,0504	336	-	1
0,0499	337	-	1
0,0498	338	-	1
0,0495	339	-	1
0,0495	340	-	1
0,0495	341	-	1
0,0495	342	-	1
0,0495	343	-	1
0,0495	344	-	1
0,0495	345	-	1
0,0495	346	-	1
0,0495	347	-	1
0,0495	348	-	1
0,0495	349	-	1
0,0495	350	-	1
0,0495	351	-	1

0,0495	352	-	1
0,0495	353	-	1
0,0495	354	-	1
0,0495	355	-	1
0,0495	356	-	1
0,0495	357	-	1
0,0495	358	-	1
0,0495	359	-	1
0,0495	360	-	1
0,0487	361	-	1
0,0487	362	-	1
0,0481	363	-	1
0,0477	364	-	1
0,0471	365	-	1
0,047	366	-	1
0,0466	367	-	1
0,0465	368	-	1
0,0465	369	-	1
0,0454	370	-	1
0,0454	371	-	1
0,0454	372	-	1
0,0453	373	-	1
0,0453	374	-	1
0,0453	375	-	1
0,0453	376	-	1
0,0453	377	-	1
0,0453	378	-	1
0,0451	379	-	1
0,0451	380	-	1
0,0451	381	-	1
0,0451	382	-	1
0,0451	383	-	1
0,0451	384	-	1
0,0451	385	-	1
0,0449	386	-	1
0,0449	387	-	1
0,0449	388	-	1
0,0447	389	-	1
0,0446	390	-	1
0,0412	391	-	1
0,0407	392	-	1
0,0406	393	-	1
0,0406	394	-	1
0,0406	395	-	1
0,0406	396	-	1
0,0406	397	-	1
0,0406	398	-	1

0,0406	399	-	1
0,0406	400	-	1
0,0406	401	-	1
0,0406	402	-	1
0,0406	403	-	1
0,0406	404	-	1
0,0406	405	-	1
0,0403	406	-	1
0,04	407	-	1
0,0395	408	-	1
0,0395	409	-	1
0,0382	410	-	1
0,038	411	-	1
0,038	412	-	1
0,0374	413	-	1
0,0374	414	-	1
0,0374	415	-	1
0,0374	416	-	1
0,0374	417	-	1
0,0374	418	-	1
0,0374	419	-	1
0,0374	420	-	1
0,0374	421	-	1
0,0374	422	-	1
0,0374	423	-	1
0,0374	424	-	1
0,0374	425	-	1
0,0374	426	-	1
0,0374	427	-	1
0,0373	428	-	1
0,0371	429	-	1
0,0367	430	-	1
0,0365	431	-	1
0,0363	432	-	1
0,0362	433	-	1
0,0355	434	-	1
0,0355	435	-	1
0,0355	436	-	1
0,0337	437	-	1
0,4162	438	1...437	2
0,3519	439	1...437	2
0,3519	440	1...437	2
0,3519	441	1...437	2
0,3216	442	1...437	2
0,2464	443	1...437	2
0,2157	444	1...437	2
0,2119	445	1...437	2

0,2101	446	1...437	2
0,2101	447	1...437	2
0,2101	448	1...437	2
0,2101	449	1...437	2
0,2101	450	1...437	2
0,2101	451	1...437	2
0,2101	452	1...437	2
0,2101	453	1...437	2
0,2101	454	1...437	2
0,2101	455	1...437	2
0,2101	456	1...437	2
0,2101	457	1...437	2
0,2101	458	1...437	2
0,2101	459	1...437	2
0,2101	460	1...437	2
0,2101	461	1...437	2
0,2101	462	1...437	2
0,2101	463	1...437	2
0,2101	464	1...437	2
0,2101	465	1...437	2
0,2101	466	1...437	2
0,2101	467	1...437	2
0,2101	468	1...437	2
0,2101	469	1...437	2
0,2101	470	1...437	2
0,2101	471	1...437	2
0,2101	472	1...437	2
0,2101	473	1...437	2
0,2101	474	1...437	2
0,2101	475	1...437	2
0,2101	476	1...437	2
0,2101	477	1...437	2
0,2101	478	1...437	2
0,2101	479	1...437	2
0,2101	480	1...437	2
0,2101	481	1...437	2
0,2	481	1...437	2
0,2	482	1...437	2
0,1854	483	1...437	2
0,1793	484	1...437	2
0,1793	485	1...437	2
0,1793	486	1...437	2
0,1738	487	1...437	2
0,1738	488	1...437	2
0,1738	489	1...437	2
0,1738	490	1...437	2
0,1738	491	1...437	2

0,1738	492	1...437	2
0,1738	493	1...437	2
0,1738	494	1...437	2
0,1738	495	1...437	2
0,1738	496	1...437	2
0,1738	497	1...437	2
0,1584	498	1...437	2
0,1584	499	1...437	2
0,1384	500	1...437	2
0,1366	501	1...437	2
0,1366	502	1...437	2
0,1366	503	1...437	2
0,1366	504	1...437	2
0,1366	505	1...437	2
0,1366	506	1...437	2
0,1366	507	1...437	2
0,1366	508	1...437	2
0,1366	509	1...437	2
0,1366	510	1...437	2
0,1366	511	1...437	2
0,1366	512	1...437	2
0,1366	513	1...437	2
0,1366	514	1...437	2
0,1366	515	1...437	2
0,1366	516	1...437	2
0,1366	517	1...437	2
0,1366	518	1...437	2
0,1366	519	1...437	2
0,1366	520	1...437	2
0,1366	521	1...437	2
0,1366	522	1...437	2
0,1366	523	1...437	2
0,1366	524	1...437	2
0,1366	525	1...437	2
0,1366	526	1...437	2
0,1366	527	1...437	2
0,1366	528	1...437	2
0,1366	529	1...437	2
0,1366	530	1...437	2
0,1366	531	1...437	2
0,1366	532	1...437	2
0,1366	533	1...437	2
0,1366	534	1...437	2
0,1366	535	1...437	2
0,1324	536	1...437	2
0,1324	537	1...437	2
0,1309	538	1...437	2

0,1249	539	1...437	2
0,121	540	1...437	2
0,121	541	1...437	2
0,121	542	1...437	2
0,121	543	1...437	2
0,121	544	1...437	2
0,121	545	1...437	2
0,121	546	1...437	2
0,121	547	1...437	2
0,121	548	1...437	2
0,121	549	1...437	2
0,121	550	1...437	2
0,121	551	1...437	2
0,121	552	1...437	2
0,1135	553	1...437	2
0,1135	554	1...437	2
0,1135	555	1...437	2
0,1135	556	1...437	2
0,1135	557	1...437	2
0,11	558	1...437	2
0,1097	559	1...437	2
0,0908	560	1...437	2
0,0908	561	1...437	2
0,087	562	1...437	2
0,0832	563	1...437	2
0,0832	564	1...437	2
0,0757	565	1...437	2
0,0719	566	1...437	2

0,0681	567	1...437	2
0,0681	568	1...437	2
0,0681	569	1...437	2
0,0643	570	1...437	2
0,0643	571	1...437	2
0,0643	572	1...437	2
0,0605	573	1...437	2
0,0605	574	1...437	2
0,0605	575	1...437	2
0,0605	576	1...437	2
0,0568	577	1...437	2
0,0568	578	1...437	2
0,053	579	1...437	2
0,053	580	1...437	2
0,053	581	1...437	2
0,0492	582	1...437	2
0,0492	583	1...437	2
0,0492	584	1...437	2
0,0492	585	1...437	2
0,0492	586	1...437	2
0,0492	587	1...437	2
0,0454	588	1...437	2
0,0454	589	1...437	2
0,0378	590	1...437	2
0,0378	591	1...437	2
0,0341	592	1...437	2
0,0341	593	1...437	2
0,0303	594	1...437	2

0,0303	595	1...437	2
0,0303	596	1...437	2
0,0303	597	1...437	2
0,0303	598	1...437	2
0,0265	599	1...437	2
0,0265	600	1...437	2
0,0265	601	1...437	2
0,0227	602	1...437	2
0,0227	603	1...437	2
0,0227	604	1...437	2
0,0227	605	1...437	2

Histórico

- 3 de maio de 2016, Versão 2.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 11 de maio de 2016, Versão 3.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 8 de junho de 2016, Versão 4.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 28 de junho de 2016, Versão 5.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 4 de julho de 2016, Versão 5.1, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 28 de setembro de 2016, Versão 6.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 19 de outubro de 2016, Versão 7.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 24 de outubro de 2016, Versão 8.0, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 25 de outubro de 2016, Versão 8.1, mailto: jar@isep.ipp.pt
- 1 de Novembro de 2016, Versão 9.0, mailto: jar@isep.ipp.pt