



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hugo Pereira de Castro

**Uma Contribuição para a Melhoria do
Planeamento e Controlo da Produção, numa
Empresa de Sistemas Inteligentes para
Automóveis**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Sílvio Carmo Silva

Dezembro de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Hugo Pereira de Castro

Endereço eletrónico: hugopcastro@hotmail.com

Telefone: 918056746

Número do Bilhete de Identidade: 14038821

Título da dissertação: Uma Contribuição para a Melhoria do Planeamento e Controlo da Produção, numa Empresa de Sistemas Inteligentes para Automóveis

Orientador: Professor Doutor Sílvio Carmo Silva

Ano de conclusão: 2017

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado de Engenharia e Gestão Industrial

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

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

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Expresso o meu agradecimento a todos, que de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Doutor Sílvio Carmo Silva, cujo contributo científico se reflete em todos os capítulos da dissertação e pela disponibilidade e supervisão ao longo de todo o projeto.

À Bosch Car Multimédia, em especial ao Manuel José Gomes, pela oportunidade e desafio proposto, orientação e disponibilidade na partilha de conhecimentos.

À minha família, namorada e amigos pelo apoio fundamental no dia-a-dia.

RESUMO

A competitividade das empresas em geral e das manufactureiras em particular depende fundamentalmente da sua capacidade para satisfação do mercado de forma eficaz e da utilização eficiente dos seus recursos. Se na satisfação eficaz do mercado a Bosch Car Multimédia Portugal, S.A parece situar-se num patamar de excelência, o mesmo não pode ser dito em relação à utilização eficiente dos seus recursos de produção. Contribuí para isto uma coordenação e controlo da atividade produtiva e do fluxo de materiais modestos, entre as fases de inserção automática de componentes em placas de circuitos impressos e a montagem destas, dita manual e final, para obtenção do produto final a fornecer ao cliente. Este projeto de mestrado procurou dar uma contribuição para a melhoria do desempenho da Bosch na vertente da utilização dos seus recursos, atuando precisamente na coordenação e controlo da produção destes dois setores e na secção produtiva de interface entre eles, designada de *Pool-Fresas*. Esta secção tem como função principal fresar e realizar testes de qualidade nas placas oriundas da inserção automática. A fresagem separa as placas específicas que integram os produtos finais da placa matriz, idêntica para a maioria das placas, usada para manipulação automática fácil na fase de produção anterior. A secção de *Pool-Fresas* foi, aliás, o foco principal deste projeto, tendo sido submetida a um estudo aturado de planeamento e controlo de produção e ainda de organização e arranjo da secção, com vista a flexibilizar a sua produção e aumentar a sua eficiência. Neste sentido foram usadas ferramentas e abordagens diversas, algumas conotadas com o que se costuma chamar de produção lean, tais como o VSM (Value Stream Mapping) e uma variante eletrónica do Toyota Kanban System, aqui designada de e-Kanban. No estudo foram identificados vários problemas e dele resultaram algumas propostas importantes de melhoria operacional, quase todas implementadas ou em fase de implementação, tendo-se obtido resultados animadores, quer na melhoria da coordenação e controlo da atividade produtiva e do fluxo de materiais do sistema produtivo, integrando inserção automática, *Pool-Fresas* e montagem das placas, quer no funcionamento da *Pool-Fresas* decorrente de ações de planeamento e organização da produção.

PALAVRAS-CHAVE

Bosch Car Multimédia Portugal; *Lean production*; Sistemas de produção; *Pool Fresas*.

ABSTRACT

The competitiveness of companies in general and manufacturing ones in particular is mainly dependent on their capability to satisfy demand in an effective way and, at the same time, be efficient using their manufacturing resources. If, Bosch Car Multimédia Portugal, S.A, a company where this work was carried out, has achieved a high standard in meeting customer demand, the same may not be said in relation to the use of its resources. A contribution to this is, apparently, modest coordination and control of production activity and materials flow between the automatic assembly of components in printed circuit boards (PCB) and manual assembly and assembly of PCB into final products. This master project aimed at giving a contribution to improve both coordination and control of production activity and materials flow and the use of resources in a production unit interfacing both assembly areas above referred, called Pool-Fresas. This section has as main function to mill and to carry out tests of quality in the plates coming from the automatic insertion. Milling separates the specific boards that make up the end products of the motherboard, identical for most boards, used for easy automated handling in the previous production phase. The Pool-Fresas section was, in fact, the main focus of this project, having undergone an in-depth study of production planning and control as well as organization and arrangement of the section, in order to make production more flexible and increase its efficiency. In this sense, several tools and approaches have been used, some of them referred to as lean production, such as Value Stream Mapping (VSM) and an electronic variant of the Toyota Kanban System, here called e-Kanban. In the study, several problems were identified which resulted in some important operational improvement proposals, almost all implemented or in the implementation phase, with encouraging results, both in improving the coordination and control of the production activity and the material flow of the productive system, integrating automatic insertion, milling and assembling of plates, either in the operation of the Pool-Fresas resulting from actions of planning and production organization.

KEYWORDS

Bosch Car Multimédia Portugal; Lean production; Production systems; Pool Fresas.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	13
Índice de Tabelas.....	15
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	17
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação	3
2. Revisão bibliográfica	5
2.1 Lean Thinking.....	5
2.1.1 <i>Toyota Production System (TPS)</i>	5
2.1.2 Os desperdícios	7
2.1.3 Fluxo do processo produtivo	8
2.1.4 Mapeamento do fluxo de valor: <i>VSM (Value Stream Mapping)</i>	8
2.1.5 Cartões <i>Kanban</i>	11
2.1.6 FIFO Lane	11
2.1.7 Trabalho <i>standard</i> em células produtivas	12
2.2 Paradigmas <i>Push, Pull</i> e <i>Push-Pull</i>	14
2.3 Nivelamento de produção- <i>Heijunka</i>	16
2.4 Balanceamento de linhas de produção.....	17
2.4.1 Balanceamento multimodelo e modelos misturados.....	19
3. Apresentação da organização.....	21
3.1 O Grupo Bosch	21
3.1.1 História	21
3.1.2 Produtos.....	22
3.1.3 Empresa e divisões	23
3.1.4 O grupo Bosch em Portugal	24

3.2	Bosch Car Multimédia, S.A.....	25
3.2.1	Departamentos e secções.....	26
3.2.2	Secção de produção e produtos	27
3.2.3	Principais clientes.....	29
4.	Situação inicial da área produtiva	31
4.1	Descrição do processo produtivo.....	31
4.1.1	Visão geral da área produtiva.....	31
4.1.2	Funcionamento das mini-fábricas e fluxo de materiais.....	32
4.2	<i>Layout</i> da área produtiva	36
4.3	Descrição do processo	37
4.3.1	Análise ao trabalho <i>standard</i>	43
4.3.2	Planeamento e controlo da produção	47
4.4	Análise crítica de identificação de problemas	51
4.4.1	Controlo produtivo	51
4.4.2	Planeamento da produção.....	54
4.4.3	Capacidade produtiva da <i>Pool</i>	55
4.4.4	Nivelamento de quantidades	60
4.4.5	<i>Layout</i> da área produtiva	63
4.4.6	<i>Visão global do encadeamento dos processos</i>	67
5.	Propostas de melhoria e análise de resultados	69
5.1	Sistema para controlo da atividade produtiva e do fluxo de materiais.....	69
5.2	Cálculo da capacidade produtiva.....	72
5.2.1	Abordagem sistemática para determinação do tempo de fresagem de placas....	72
5.2.2	Método para a determinação do tempo de teste	77
5.3	Planeamento de produção	78
5.4	<i>Layout</i> da área produtiva	81
6.	Conclusão.....	89
6.1	Principais conclusões.....	89
6.2	Trabalhos futuros	91
	Referências bibliográficas	93

Anexo I- Trabalho standard operadores- <i>Layout</i> antigo.....	96
Anexo II- VSM atual.....	105
Anexo III- Trabalho standard operadores- <i>Layout</i> novo.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Modelo investigação- ação (adaptado de Susman, 1983)	3
Figura 2- Casa do TPS (adaptado de Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977)	6
Figura 3- Os sete desperdícios presentes no Lean Manufacturing (Ohno, 1988)	7
Figura 4- Etapas básicas do VSM (Rother, & Shook, 1999)	10
Figura 5- Simbologia utilizada para o VSM (Rother, & Shook, 1999)	10
Figura 6- Exemplo da utilização de um FIFO Lane (Rother, & Shook, 1999)	12
Figura 7- Cadeia de abastecimento Push (Ribeiro, 1998)	15
Figura 8- Cadeia de abastecimento Pull (Ribeiro, 1998)	15
Figura 9- Comparação entre um sistema desnivelado e um sistema nivelado de produção (adaptado de Liker, 2005)	16
Figura 10- Exemplo de um diagrama de precedências	18
Figura 11- Linhas de produção de modelo misto e multimodelo	19
Figura 12- Logotipo Bosch	21
Figura 13- Atividades de negócio a que se dedica o grupo Bosch (Bosch, 2011)	22
Figura 14- Localização das empresas do grupo Bosch (Bosch, 2009)	23
Figura 15- O grupo Bosch em Portugal (Bosch, 2010)	24
Figura 16- Implantação Bosch Car Multimédia Braga (Bosch, 2017)	26
Figura 17- Área comercial (Bosch, 2016)	26
Figura 18- Área técnica (Bosch, 2016)	27
Figura 19- Produtos da Bosch Car Multimédia Portugal S.A. (Bosch, 2016)	28
Figura 20- Principais clientes da Bosch Car Multimédia S.A. (Bosch, 2016)	29
Figura 21- Implantação da MOE e MOE2 com a representação da secção de Pool Fresas	32
Figura 22- Ilustração de um container	33
Figura 23- Supermercado de containers	34
Figura 24- Supermercado para caixas	34
Figura 25- Layout da Pool	37
Figura 26- Fresadora	39
Figura 27- Placas presas ao rebordo	40
Figura 28- Rebordo	40
Figura 29- Supermercados de placas fresadas	41
Figura 30- Entradas e saídas da Pool	42

Figura 31- Layout atual da Pool.....	44
Figura 32- Descrição de trabalho standard operador 1	46
Figura 33- Ocupação do operador 1 por ciclo de trabalho	47
Figura 34- Exemplo de funcionalidade do sistema Bcore.....	50
Figura 35- Armazenamento de stocks	53
Figura 36- Exemplo de um sistema produtivo	56
Figura 37- Gráfico de variação de quantidades semanais	62
Figura 38- Problema identificado.....	67
Figura 39-Proposta de modelo de produção para a Pool.....	70
Figura 40- Movimento e trajetória de corte de placas.....	73
Figura 41- Movimentação sistemática da fresadora.....	75
Figura 42- Fórmula de tempo de fresagem	75
Figura 43- Variação entre o tempo real e o tempo determinado pela fórmula.....	77
Figura 44- Variação de produção da Pool durante os dias de operação.....	80
Figura 45 - Novo Layout da Pool.....	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Balanceamento de sistemas de produção	20
Tabela 2- Modo de produção da Pool	38
Tabela 3- Perdas de produção das linhas manuais e finais	52
Tabela 4- Exemplo de cálculo da capacidade do sistema produtivo da Pool.....	57
Tabela 5- Exemplo modelo atual para determinação de tempos de fresagem	60
Tabela 6- Ocupação dos equipamentos pelo modelo atual	61
Tabela 7- Tempo de ciclo por operador	64
Tabela 8- Análise detalhada de um turno de trabalho na Pool.....	66
Tabela 9- Amostra de produção de placas diferentes.....	73
Tabela 10- Tempo de corte para uma amostra de 15 placas distintas	76
Tabela 11- Tempo de teste numa amostra de 15 placas	78
Tabela 12- Ocupação dos equipamentos no modelo proposto	80
Tabela 13- Tempo de ciclo por operador	85
Tabela 14- Comparação entre os dois modelos de layout	86
Tabela 15- Melhorias com a implementação do novo layout	87

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BP- *Business Plan*

BPS- *Bosch Production System*

CAP- Paradigma de controlo da atividade

eKanban- *Kanban Eletrónico*

FIFO- *First in First Out*

FCT- *Functional Circuit Test*

ICT- *Integrated Circuit Test*

JIT- *Just-In-Time*

MIS- *Management Information System*

OEE- *Overall Equipment Efficiency*

PCB- *Printed Circuit Board*

PDP- Plano Diretor da Produção

SMT- *Surface Mount Technology*

SPOP- Sistemas de Produção Orientados ao Produto

TKS- *Toyota Kanban System*

TOC- *Theory of Constraints*

TPS- *Toyota Production System*

TS- *Trabalho Standard*

VSM- *Value Stream Mapping*

WIP- *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação é apresentada para obtenção do grau de mestre no contexto do Mestrado em Engenharia Industrial (MEI) da Universidade do Minho. É o relato do projeto de mestrado desenvolvido em ambiente industrial, na Bosch Car Multimédia Portugal, S.A., com o objetivo genérico de melhorar a coordenação da atividade de produção nos setores de inserção automática e montagem manual e final de placas eletrónicas de sistemas para automóveis e especialmente melhorar o funcionamento da unidade de interface entre elas designada por *Pool-Fresas*.

Neste capítulo é realizado um enquadramento do tema da dissertação, sendo apresentados os objetivos, metodologia de investigação e estrutura da mesma.

1.1 Enquadramento

Com o desenvolvimento económico, os clientes tendem a adquirir apenas produtos que estejam em total concordância com os seus requisitos, procurando os que lhes permitem obter uma ótima relação entre qualidade, preço, disponibilidade e desempenho (Rubrich, & Watson, 2000).

Desta forma, uma empresa só conseguirá ser competitiva e vingar no mercado se comercializar produtos que satisfaçam os clientes (Dombrowski, Mielke, & Engel, 2012). Neste sentido Demeter e Matyusz (2011), afirmam que o ser competitivo consiste em investir em ações de melhoria que promovam a eliminação dos desperdícios, pois desta forma torna-se mais fácil entregar produtos ao cliente com a qualidade e preços certos e, no prazo de entrega previsto. Assim, produzir sem desperdício e conseqüentemente ser altamente competitivo e alcançar os melhores resultados, passa pela implementação de práticas *Lean* (Demeter, & Matyusz, 2011; Warnecke, & Hüser, 1995).

Há vários anos que a Bosch Car Multimédia tem analisado a temática *Lean* e implementado ações que reduzem significativamente os desperdícios da empresa. Atualmente, dada a conjuntura de vários países, inclusive Portugal, procurar alternativas que reduzam a percentagem de atividades que não acrescentam valor (desperdício) ao produto é de elevada importância para qualquer empresa.

Assim, com o objetivo de se tornar cada vez mais competitiva, a Bosch tem como princípio a Melhoria Contínua e, inserida neste princípio, a presente dissertação tem como finalidade

contribuir para o aumento da competitividade de uma área produtiva da empresa- a *Pool* Fresas, através de algumas medidas identificadas no ponto seguinte.

1.2 Objetivos

Na sequência das razões invocadas na secção anterior, o projeto de mestrado relatado nesta dissertação teve como objetivo a melhoria da área produtiva *Pool* Fresas, pretendendo-se especificamente:

- Aumentar a eficiência do sistema de controlo produtivo;
- Modelo de planeamento de produção adequado às necessidades;
- Determinar, rigorosamente, a capacidade produtiva desta área;
- Nivelar e balancear o volume de produção;
- Realizar mudanças na disposição dos equipamentos;
- Reduzir os desperdícios.

1.3 Metodologia de investigação

Para a realização deste projeto, para além da decisão do tema e objetivos a atingir, foi necessária a escolha da metodologia a utilizar, permitindo orientar o trabalho e estabelecer algumas prioridades. A metodologia de investigação utilizada ao longo desta dissertação foi a metodologia “*Action-Research*” ou metodologia de investigação-ação. A escolha desta metodologia recaiu sobre o facto de o autor da dissertação estar integrado na empresa como um colaborador/investigador tendo um papel ativo, participativo e interventivo na ação inerente ao estudo e implementação prática na empresa do trabalho relatado nesta dissertação.

A metodologia investigação-ação procura alternativas práticas numa situação problemática imediata. Assim, existe um duplo compromisso na investigação-ação para estudar um sistema e, simultaneamente, colaborar com os membros do sistema para o mudar na direção desejada. A realização deste objetivo requer a colaboração ativa do investigador e restantes membros do sistema, destacando a importância da co-aprendizagem como um aspeto primário do processo de investigação (Gilmore, Krantz, & Ramirez, 2015). Assim, de forma geral a investigação-ação procura solucionar problemas reais através do conhecimento (Cesár, Mendes, & Carmo, 2001)

Desta forma, o início da dissertação parte de uma situação real com problemas associados, em que o investigador é um interveniente ativo (Cesár, Mendes, & Carmo, 2001). Para além disso,

esta estratégia distingue-se das outras pelo facto de se esperar que fomente a mudança na organização (Romero, 2010).

Segundo (Susman, 1983), existem cinco fases do modelo investigação-ação descritos na *Figura 1*:

- Identificação e definição do problema;
- Plano de ações a desenvolver;
- Selecionar a ação para implementar;
- Estudo das consequências das ações;
- Especificação da aprendizagem e identificação dos principais resultados.

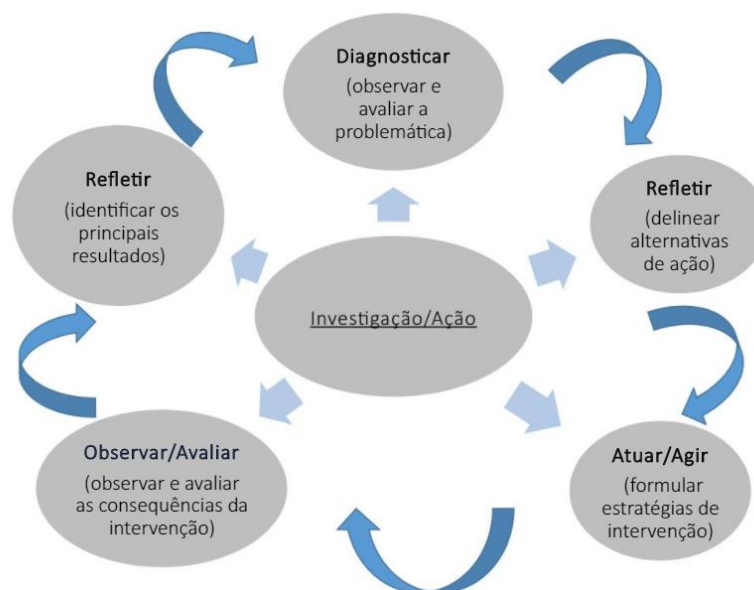


Figura 1- Modelo investigação- ação (adaptado de Susman, 1983)

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos.

No capítulo 1 é feita uma introdução contemplando um enquadramento do tema, definição dos objetivos e metodologia de investigação.

O capítulo 2 refere-se à revisão bibliográfica sobre a temática *Lean production*, a origem deste modelo organizacional, os princípios pelos quais se rege assim como a implementação e técnicas que se utilizam. Para além disso, são referidos de forma breve os paradigmas de controlo da atividade produtiva normalmente referidos como *push* e *pull*, assim como ações de planeamento da produção, requeridas no âmbito da produção *lean*, conhecidas como nivelamento e balanceamento da produção.

No terceiro capítulo é feita a descrição da empresa Bosch Car Multimédia de Braga, onde o trabalho se realizou. Esta descrição abrange a identificação e localização da empresa, a apresentação do Grupo Bosch, a identificação da área de negócios e os principais produtos, o mercado e os principais clientes, a caracterização do sistema produtivo e a apresentação dos princípios BPS (*Bosch Production System*).

Posteriormente, no capítulo 4 é apresentada uma análise e uma breve discussão dos principais problemas identificados em vários contextos e através de vários instrumentos, incluindo: sistema de controlo produtivo, planeamento de produção, capacidade produtiva da secção de fresagem de placas, referida como *Pool*, nivelamento da produção, *layout* da área produtiva e *Value Stream Mapping*.

Decorrente da análise referida no capítulo anterior, no capítulo 5 são apresentadas e discutidas algumas propostas de melhoria para os problemas encontrados e, ainda, apresentados os resultados.

No último capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho realizado, com focagem nas propostas de melhoria e dos resultados obtidos sugerindo-se trabalho futuro numa lógica da filosofia de melhoria contínua existente na empresa.

No final do documento são apresentadas as referências bibliográficas de apoio à investigação realizada, assim como anexos que contêm documentos utilizados ou criados no âmbito deste projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta segunda parte, são apresentados temas estudados e relevantes ao desenvolvimento do projeto de Mestrado descrito nesta dissertação. Assim, são definidas *Lean Production*, as principais técnicas e casos de aplicação associados. Neste contexto, são, ainda, resumidamente apresentados os paradigmas de controlo da atividade produtiva (CAP), i.e., *pull*, *push* e *pull-push*, assim como alguns sistemas ou mecanismos de CAP que os implementam. Abordam-se ainda as problemáticas de nivelamento e de balanceamento de linhas de produção.

2.1 Lean Thinking

John Krafcik definiu "*Lean*" normalmente traduzida para Português como Pensamento *Lean*, como um conceito que requer menos recursos, aumenta a eficácia dos meios e da atividade produtiva, e, principalmente, é inovadora e capaz de enfrentar melhor as mudanças do mercado (Krafcik, 1988).

A Segunda Guerra Mundial deu origem a um conjunto de teorias e técnicas da Produção *Lean* na indústria japonesa – de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota, devido às limitações das ideias convencionais para o desenvolvimento industrial do Japão. Contudo, o desenvolvimento japonês ocorreu, à medida que outras empresas e indústrias do país copiavam estas notáveis técnicas, aplicando-as nos seus negócios. (Womack, Jones, & Roos, 1990).

A Produção *Lean*, utiliza equipas de trabalhadores multi-qualificados em todos os níveis da organização, além de procurar custos sempre baixos, níveis zero de *stock*, e de desenvolver ou adquirir máquinas altamente flexíveis, para produzir uma maior e crescente variedade de produtos, tendo sempre presente a máxima qualidade e satisfação do cliente (Womack, Jones, & Roos, 1990)

2.1.1 Toyota Production System (TPS)

O Sistema de Produção Toyota ou *Toyota Production System* é uma metodologia utilizada com o objetivo de melhorar todas as secções de uma organização. Este sistema tem como principal foco as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor prazo possível, garantindo um ambiente de trabalho seguro e motivador para os seus colaboradores (Vieira, 2014).

O TPS surgiu a seguir à Segunda Guerra Mundial, sendo que após uma guerra que destruiu o Japão, os *stocks* necessários para manter a rentabilidade das linhas de produção não eram

alcançados, surgindo problemas de qualidade, o que desencadeava custos muito altos. Assim, a Toyota viu-se forçada a operar com o mínimo inventário possível para tentar manter a rentabilidade das linhas de produção, reduzindo a variabilidade em todos os setores, sem que a qualidade diminuísse (Vieira, 2014).

O TPS é normalmente apresentado como uma casa, como se pode verificar na Figura 2, que tem diversas divisões, com funções bem definidas, mas que se interligam internamente (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

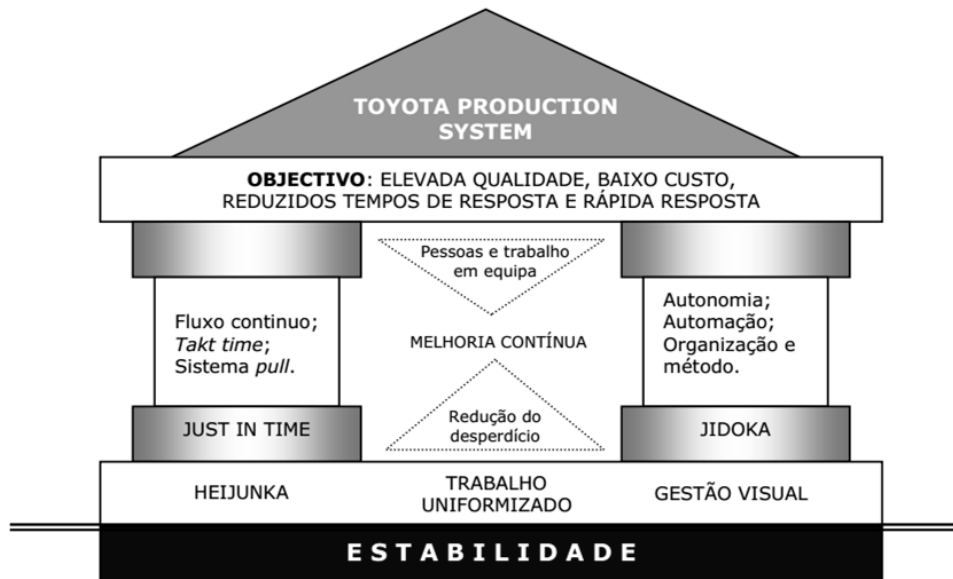


Figura 2- Casa do TPS (adaptado de Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977)

Na Figura 2 identificam-se dois pilares sendo eles:

- **Just-In-Time (JIT):** Método em que o tempo de entrega deve ser muito reduzido, mantendo o processo sempre estável, produzindo apenas o que o cliente requer dentro do prazo estabelecido e assegurando apenas o *stock* necessário (Sugimori et al., 1977);
- **Jidoka:** Significa fazer com que o equipamento ou operação pare sempre que uma anomalia ou defeito surja (Sugimori et al., 1977).

Como se pode observar na mesma figura, na zona central da casa TPS, existem conceitos como redução de desperdícios, pessoas e trabalho em equipa, sendo que Ohno (1988) acreditava que estes conceitos poderiam fazer com que houvesse uma mudança na sua empresa. Para além disso, a base da casa do TPS é constituída por processos estáveis, formados pela *Heijunka* (produção nivelada), trabalho *standard* e gestão visual, abordagens à organização do trabalho e da atividade produtiva essenciais para suportar os pilares do TPS.

2.1.2 Os desperdícios

Lean Production procura eliminar os desperdícios, representados por atividades realizadas num processo e que não acrescentam valor para o cliente, aumentando apenas o custo do produto. A Figura 3 menciona os sete desperdícios definidos por (Ohno, 1988).

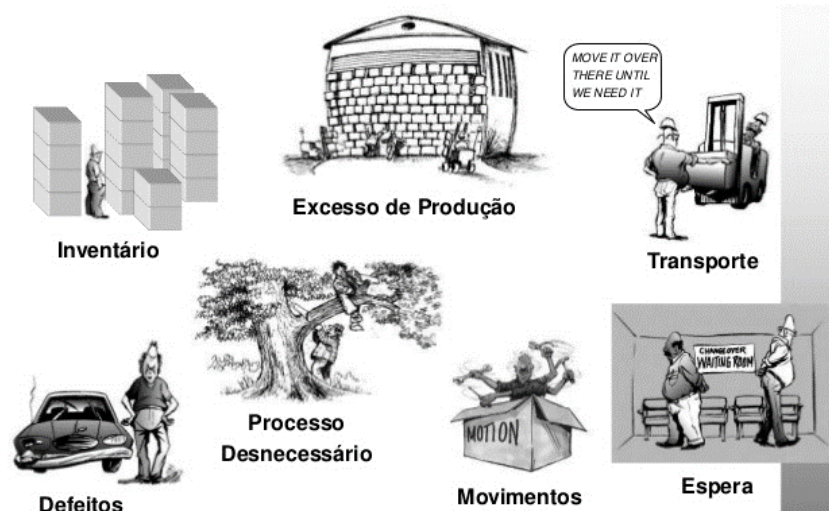


Figura 3- Os sete desperdícios presentes no Lean Manufacturing (Ohno, 1988)

Descrevendo a Figura 3 de forma genérica, o tempo de espera pode referir-se ao tempo que os funcionários aguardam para finalizar um processo, a linhas de produção ou máquinas paradas devido à troca de matéria-prima ou por reparação. Os defeitos ocorrem por falhas no processo, na operação e matérias-primas, aumentando o seu custo de produção. O transporte resulta na movimentação de materiais mais que o necessário, originando desperdícios de tempo e aumentos no custo de transporte. Os movimentos dizem respeito ao excesso de deslocações usados para realizar uma operação, geralmente causado por *layouts* mal elaborados ou obstáculos no caminho que fazem com que o operador tenha que se desviar para chegar ao seu destino. O inventário relaciona-se com o excesso de matérias-primas, que atinge diretamente o capital da empresa, originando um elevado número de *stock*. O excesso de produção é o maior desperdício das empresas e considerado também como a fonte de todos os outros desperdícios. Indica que a empresa produz além do necessário, acarretando o uso de matérias-primas, mão-de-obra e transporte desnecessário, resultando num excesso de *stock*. Geralmente este tipo de desperdício é resultado de falta de coordenação entre as equipas e instruções pouco claras dos processos. Por último, o processo desnecessário diz respeito a processos que ocorrem dentro da empresa que são dispensáveis para o bom desempenho da mesma, como por exemplo o uso inadequado de equipamentos.

2.1.3 Fluxo do processo produtivo

Segundo Pinto (2014), o fluxo de operações (fabrico e/ou serviços) abrange quatro ações, sendo elas a retenção, o transporte, o processamento e a inspeção.

A retenção refere-se à paragem do fluxo sem acrescentar valor, podendo assumir a forma de *stocks* e armazenamento. Esta ação origina *stocks* de materiais antes de serem processados, *stocks* em curso de fabrico (*Work in Process- WIP*) e produto final. Assim, o inventário é decorrente das seguintes situações (Pinto, 2014):

- O processo anterior é mais rápido que o seguinte, decorrente da falta de balanceamento e sincronização entre processo;
- Tempos de espera de mudança de ferramentas;
- O material é comprado em avanço devido, por exemplo, a erros de planeamento, obtenção de descontos de volume e otimização de transportes;
- Existência de problemas com fornecedores, manutenção de equipamentos ou problemas de qualidade;
- O produto final é fabricado em avanço, conseqüente de, por exemplo, erros de planeamento, necessidade de manter os recursos fabris ocupados, fazer por antecipação na expectativa de vender ou para rentabilizar tempos de espera.

Desta forma, a retenção acrescenta custo sem criar valor, sendo que a acumulação de *stocks* dificulta a redução de tempos e custos (Pinto, 2014).

O transporte refere-se à deslocação de artigos sem criar valor. Estes acontecem porque os locais de fornecimento, fabrico e consumo não estão localizados no mesmo ponto geográfico. Assim, os transportes e as movimentações devem ser reduzidos através da revisão de *layouts* e da colocação dos pontos de produção (Pinto, 2014).

Por outro lado, o processamento significa criar valor, no entanto o sobre processamento conduz ao contrário. Quando são realizadas operações desnecessárias na perspectiva do cliente, como retoques finais ou serviços, reduz-se o valor do fluxo (Pinto, 2014).

Por fim, a inspeção identifica e elimina defeitos da produção. Esta ação não cria valor, uma vez que não elimina a causa dos defeitos, mas sim o seu resultado. Assim, é essencial tomar ações para identificar a causas dos defeitos em vez de os controlar (Pinto, 2014).

2.1.4 Mapeamento do fluxo de valor: VSM (*Value Stream Mapping*)

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma ferramenta que representa visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, uma vez que o produto segue o fluxo

de valor, ajudando na percepção do que agrega realmente valor, desde o fornecedor até ao consumidor (Rother, & Shook, 1999).

Com o objetivo de revelar oportunidades de melhoria, o VSM é realizado em diferentes momentos, existindo assim o mapeamento do estado atual, o mapeamento do estado futuro e o mapeamento do estado ideal, em alguns casos.

O VSM consiste no processo de identificação de todas as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor referente ao produto. O fluxo de valor refere-se ao conjunto de todas as atividades que ocorrem desde o pedido realizado pelo cliente até à entrega ao consumidor final. Neste sentido, consiste num processo de observação e compreensão do estado atual da produção e a ilustração de um mapa dos processos que se tornará na base para o *Lean Thinking*. Rother e Shook (1999), consideram o VSM como uma ferramenta fundamental, uma vez que auxilia na visualização do fluxo, contribuindo também para a identificação dos desperdícios. O mapeamento auxilia a identificação das fontes de desperdício, fornece uma linguagem comum para tratar os processos de produção, tornando as decisões sobre o fluxo visíveis. Para além disso, engloba conceitos e técnicas *Lean*, forma a base para um possível plano de intervenção e mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Assim, o objetivo que se pretende alcançar com a análise do fluxo de valor é a obtenção de um fluxo contínuo, orientado pelas necessidades dos clientes, desde a obtenção da matéria-prima até à obtenção do produto final.

O VSM é composto por três etapas básicas, explicadas e ilustradas na Figura 4:

- Primeira etapa: selecionar uma família de produtos composta por um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e equipamentos;
- Segunda etapa: desenhar o estado atual e futuro do fluxo de valor, realizado a partir da recolha de informações junto dos operários. Estes dois estados, na figura, são representados por setas com um duplo significado, uma vez que as ideias do estado futuro surgem quando se faz o mapeamento do estado atual. Quando se desenha o estado futuro realçam-se algumas informações do estado atual e dá-se importância a informações que anteriormente passavam despercebidas;
- Terceira etapa: preparar um plano de implementação com base no que se deseja atingir no estado futuro, e colocá-lo em prática o mais breve possível. Entretanto, quando este estado futuro se torna realidade, um novo mapa deverá ser realizado, formando um ciclo de melhoria contínua no nível de fluxo de valor (Rother, & Shook, 1999)

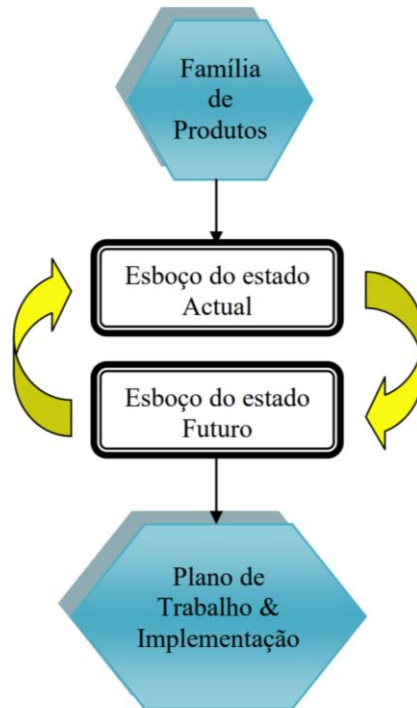


Figura 4- Etapas básicas do VSM (Rother, & Shook, 1999)

Para a construção do VSM utiliza-se também uma simbologia própria, que se encontra representada na Figura 5:

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

Figura 5- Simbologia utilizada para o VSM (Rother, & Shook, 1999)

2.1.5 Cartões *Kanban*

O conceito *Kanban* deriva do Japonês e significa registo ou cartão visual, sendo que quando aplicado à produção adquire o significado de gestão visual da produção. Esta técnica consiste numa forma de ordenar o trabalho, definindo como produzir, como transportar e onde entregar. O cartão, ou sinal funciona como um alerta da produção, uma vez que coordena a produção de todos os itens.

Com a aplicação desta técnica, o material em processo é limitado e controlado pelo número de cartões em circulação e as necessidades de reposição são identificadas visualmente. Para além disso, a eficácia do sistema pode ser determinada através da redução do número de cartões em circulação, que permite uma menor quantidade de *stock* intermédio, melhorando assim a qualidade do processo produtivo (Drickhamer, 2005)

Com a evolução tecnológica, o *Kanban* electrónico (*eKanban*) é o sistema de sinalização mais utilizado, aproveitando a tecnologia para movimentar materiais numa unidade de produção. Essencialmente, o sistema *eKanban* formaliza o processo de comunicação e elimina vários dos erros manuais, uma vez que através da leitura do código de barras do artigo ou produto requerido, é gerado um pedido eletrónico de levantamento ao fornecedor. Desta forma, este método supera a principal limitação do uso de cartões *Kanban*, permitindo gerir os fornecedores à distância (Drickhamer, 2005).

2.1.6 FIFO Lane

O *pull system* consiste numa forma de controlar a produção entre os processos que não podem ser ligados, com vista a obter um fluxo contínuo de produção. No entanto, por vezes, este fluxo produtivo não é viável, uma vez que não é praticável armazenar no supermercado todos os tipos de produtos. Entende-se como supermercado, um local que permite definir locais de inventário com quantidades controladas por níveis mínimos e máximos que, mediante o consumo dos clientes, são repostos os materiais ou produtos nas quantidades certas. Exemplos desta situação incluem a produção de peças personalizadas (onde cada peça produzida é única), peças com vida útil curta e peças caras que são utilizadas com pouca frequência. Neste sentido, a alternativa para estes casos poderá passar pela utilização de uma FIFO Lane entre dois processos, mantendo-se o fluxo entre eles (Rother, & Shook, 1999). A Figura 6 ilustra um exemplo da utilização de uma FIFO Lane.

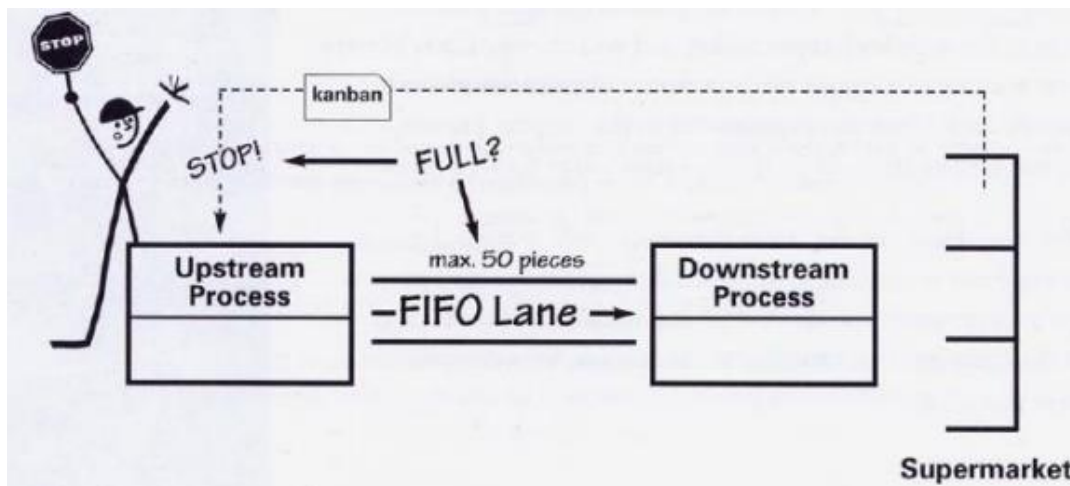


Figura 6- Exemplo da utilização de um FIFO Lane (Rother, & Shook, 1999)

Como se pode observar, a FIFO Lane pode ser vista como uma rampa de *stock* limitada a uma certa quantidade, sendo abastecida por um processo fornecedor e consumida por um processo cliente. A ordem com que a FIFO Lane é consumida é a mesma com que é abastecida (*first in first out*) (Rother, & Shook, 1999).

A FIFO Lane regula e gere o fluxo produtivo entre dois processos e permite controlar o WIP, uma vez que quando o *stock* máximo da linha de FIFO é atingido, o seu processo fornecedor deixa de produzir. Assim, este só retoma a produção quando a FIFO Lane o autorizar, ou seja, quando houver espaço para nela serem colocados produtos (Chaneski, 2004).

Neste sentido, para implementar uma FIFO Lane é necessário que os processos tenham pouca variabilidade de forma a uniformizar o fluxo tanto quanto possível. Se a estabilidade do processo for muito baixa, o *output* dos processos é imprevisível, resultando na necessidade de uma grande margem de segurança, ou seja, muito *stock*. Para além disso, os processos têm de trabalhar de uma forma similar, isto significa que a eficiência geral de equipamentos, o tempo de ciclo, o tempo de trabalho e os produtos devem ser mais ou menos idênticos. Se isto não se verificar, a relação 1:1 que se tenta estabelecer com a FIFO Lane não vai resultar. Por fim, deve considerar-se a distância física entre os processos, isto é, quanto mais afastados estiverem os processos, mais difícil será de controlar a FIFO Lane (Bosch, 2008).

2.1.7 Trabalho *standard* em células produtivas

O projeto de um sistema produtivo deve seguir uma metodologia composta por três fases sucessivas de detalhe: projeto genérico, projeto concetual e projeto detalhado (Alves, & Carmo-Silva, 2009).

O projeto genérico corresponde à fase inicial do desenho do sistema produtivo, ou seja, define-se se o sistema produtivo será orientado ao produto ou à função. Para isso, existem vários fatores, como a previsão da procura, a posição da empresa no mercado e a quantidade de recursos que fazem com que a empresa decida qual será a melhor escolha (Alves, & Carmo-Silva, 2009).

Na segunda fase, no projeto concetual identifica-se qual o tipo de configuração concetual a utilizar, isto é, se se vai optar por células básicas, por exemplo sem partilha de equipamento ou não básicas, com partilha de equipamentos (Alves, 2007). Para se obter o sucesso, é essencial obter várias informações das etapas anteriores como as famílias de mercado, quantidades, planos operatórios e dados gerais da empresa, abrangendo os tempos de produção e período de trabalho (Alves, 2007).

Por fim, no projeto detalhado, trata-se com detalhe todo o processo e funcionamento da célula. Alves (2007) considera que existem 5 atividades que se devem realizar para projetar as células, no entanto outros autores, nomeadamente (Arvindeh, B., & Irani, 1994), consideram apenas 4, não distinguindo o agrupamento de máquinas e pessoas. Cada uma destas atividades subdivide-se noutras. Assim, Alves (2007) considera as seguintes atividades para projetar células: formação de famílias de produtos; instanciação de células conceptuais; instanciação de postos de trabalho; organização intracelular e controlo; e arranjo integrado das células para a formação dos Sistemas de Produção Orientados ao Produto (SPOP).

O objetivo da formação de família de produtos é identificar e/ou selecionar os produtos a serem produzidos na célula de produção. Na atividade de instanciação das células definem-se os fluxos, o tipo e a quantidade de máquinas, sendo que de acordo com Alves (2007) existem quatro passos para se realizar a instanciação: o cálculo das máquinas e alocação às famílias; identificação dos fluxos; definição dos fluxos e, por fim, seleção da configuração operacional. Trombetta, Kurek, Oliveira, Martins e Rojas (n.d.), referem que, para o sucesso de uma implantação celular, é necessário escolher bem os recursos que irão compor as células. A instanciação dos postos de trabalho permite estabelecer o número de postos de trabalho/célula e o número de máquinas/postos de trabalho que tinham sido estabelecidos de uma forma preliminar na etapa anterior (fase conceptual). Para além disso, Alves (2007) refere que o cálculo do número de operadores/células, balanceamento de células e afetação dos operários aos postos fazem parte desta etapa. Em relação ao controlo, organização e implantação intra e intercelular, pode referir-se que o fluxo intracelular corresponde ao fluxo de trabalhos que percorre as células, enquanto que o segundo se refere à forma como o fluxo de trabalho se cruza

com as várias células. O tipo de fluxo entre e dentro de cada célula depende do tipo de configuração adotado (Ho, & Liao, 2011).

Assim pretende-se eliminar transportes e movimentações desnecessários, de forma a aumentar o desempenho da organização intracelular. Para isso, existem alguns passos que se devem considerar, como a definição da implantação celular, a seleção do modo operatório e o lançamento dos produtos individualmente ou em lote (Alves, 2007). Em relação à organização intercelular, de acordo com Alves (2007), existem dois passos, sendo eles a definição da implantação intercelular que consiste na procura de um arranjo intercelular de forma a facilitar os fluxos existentes entre células e a coordenação do SPOP global, constituído pela seleção de um sistema de controlo da atividade produtiva adequado ao sistema em questão.

Para além de tudo isto, é essencial que as células sejam ergonómicas, flexíveis e que os operários estejam envolvidos na sua construção e desenvolvimento (Black, & Hunter, 2003).

2.2 Paradigmas *Push*, *Pull* e *Push-Pull*

Os sistemas que utilizam uma lógica *Push-Pull* são normalmente designados de sistemas híbridos, uma vez que num sistema de produção real é difícil encontrar estratégias *Pull* e *Push* totalmente puras (Fernandes, 2007). Assim, surge a necessidade de conciliar os dois mecanismos *Push* e *Pull* (*Push-Pull*).

Segundo a lógica *push*, representada na *Figura 7*, a ordem de produção é transmitida em cada centro de trabalho, dependendo do Plano Diretor da Produção (PDP) definido. Depois de o trabalho ser lançado no primeiro posto de trabalho, este irá empurrar para o posto seguinte o trabalho já processado e assim sucessivamente até se obter o produto final. Uma das características deste sistema é que o fluxo de informação e o de produção têm o mesmo sentido, ou seja, a informação sobre o que produzir acompanha a produção. No entanto, uma das grandes desvantagens desta lógica de produção é a formação de *stocks*, tanto de produto finalizado como de trabalhos ainda em processo. Assim, não é possível controlar o fluxo de materiais entre processos, uma vez que os trabalhos são empurrados sem qualquer regra ou limite, levando à formação de *stocks* (Fernandes, 1999).

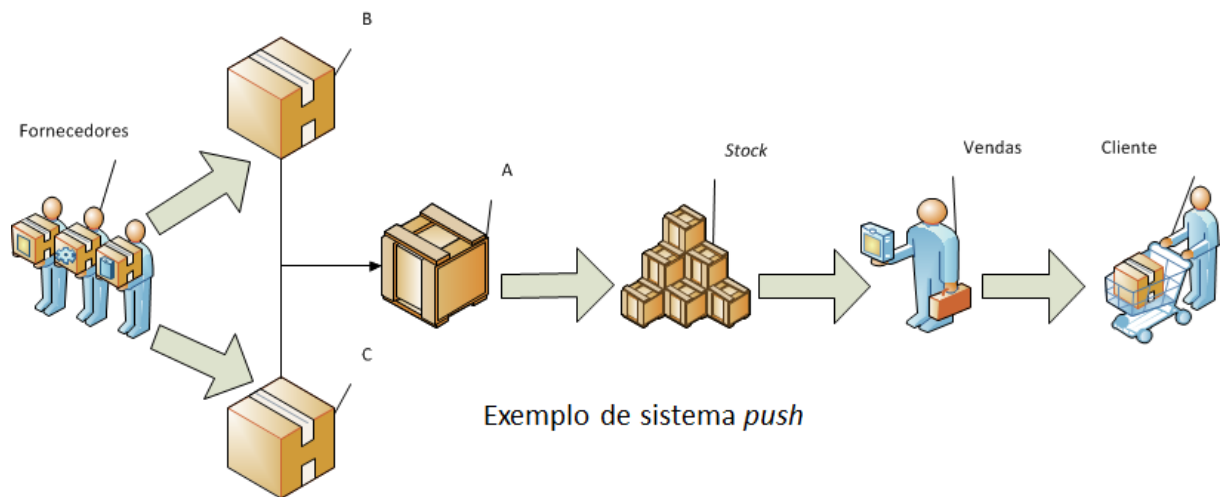


Figura 7- Cadeia de abastecimento *Push* (Ribeiro, 1998)

Em oposição ao paradigma *Push* está o *Pull*, em que o início de uma operação resulta de um pedido ou autorização da produção por parte do posto de trabalho posterior. Deste modo, a informação tem um sentido contrário ao da produção, ou seja, a informação vem de uma fase posterior do processo produtivo para uma anterior (Ribeiro, 1998). Este sistema permite eliminar determinados desperdícios que existem num sistema produtivo. Na Figura 8 é possível visualizar uma extensão do conceito a toda a cadeia de abastecimento.

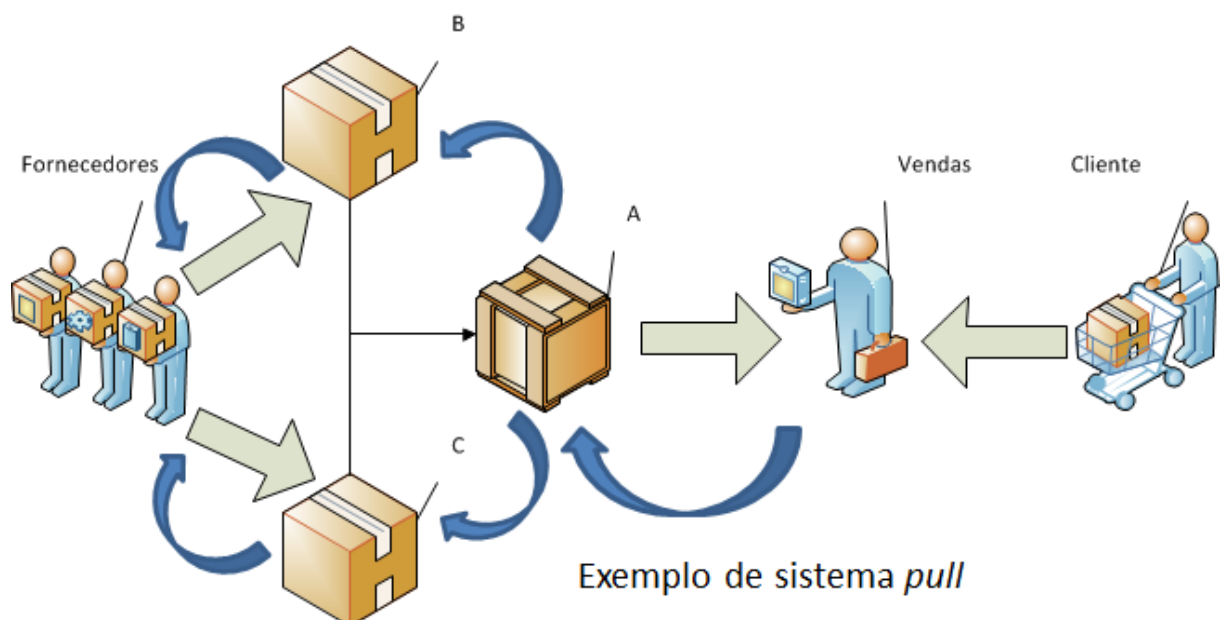


Figura 8- Cadeia de abastecimento *Pull* (Ribeiro, 1998)

Salienta-se que o objetivo das organizações é responder às exigências do cliente, respeitando os prazos de entrega, produzindo a um baixo custo e com qualidade. Desta forma, é importante garantir que não existem atrasos na produção para que não se transpareça nos pedidos do cliente, sendo, portanto necessário criar *stocks* controlados (Ribeiro, 1998).

O sistema *Pull* não está apenas relacionado com a autorização da produção que o TPS evidencia, mas também com a limitação de carga e reposição de existências (Fernandes, & Silva, 2006).

2.3 Nivelamento de produção- *Heijunka*

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002) e Liker (2005), *heijunka* corresponde ao nivelamento da produção em combinação de produtos e volume. Assim, não são fabricados produtos conforme o fluxo real de pedidos, mas considera-se o total de pedidos num determinado período, criando-se um sequenciamento repetitivo para a produção, com o objetivo de que a mesma quantidade e combinação de produtos sejam produzidos a cada dia.

A comparação entre um plano de produção totalmente desnivelado, que foi programado em função de um aproveitamento máximo de setups, e um plano com lotes pequenos e nivelados, sem estar necessariamente na ordem de chegada dos pedidos dos clientes, pode ser vista na Figura 9.

Sistema desnivelado	Sistema nivelado
Seg: A A A A A A A A A A A	Seg: A A A B B C A A A B B C
Ter: A A A A A A A A A A A	Ter: A A A B B C A A A B B C
Qua: A A A A A A B B B B B	Qua: A A A B B C A A A B B C
Qui: B B B B B B B B B B B	Qui: A A A B B C A A A B B C
Sex: B B C C C C C C C C C	Sex: A A A B B C A A A B B C

Figura 9- Comparação entre um sistema desnivelado e um sistema nivelado de produção (adaptado de Liker, 2005)

Para Liker (2005), existem quatro problemas essenciais quando se trabalha num plano desnivelado:

- Os pedidos não são perfeitamente previsíveis;
- A venda não é totalmente garantida: os produtos produzidos no início do plano de produção podem ficar em *stock* por um longo período de tempo;
- O uso de recursos não é equilibrado: como os produtos são diferentes, pode haver sobrecarga em alguns dias e ociosidade noutros;

- Desnívelamento dos processos: como os produtos diferentes são produzidos em diferentes épocas, os fornecedores aumentam os seus *stocks* para atender ao cliente de forma imediata frente às variações de pedidos.

Atendendo aos problemas supracitados, o nivelamento da produção gera quatro benefícios imediatos (Liker, 2005):

- Flexibilidade: produzindo uma quantidade constante em cada período, a empresa aumenta a sua flexibilidade e capacidade de atendimento ao cliente, reduzindo o *stock*;
- Redução do risco de não vender os produtos: o processo está muito mais apto para atender aos pedidos à medida que surgem;
- Uso equilibrado de mão-de-obra e máquinas: com o nivelamento, a carga de trabalho ficará equilibrada ao longo do período;
- Orientações uniformizadas para os processos e fornecedores: os pedidos aos fornecedores ficarão mais estáveis com o nivelamento da produção.

Deste modo, através do nivelamento, é possível criar uma operação sem a necessidade de se produzir por pedido, assegurando a qualidade e atendimento ao cliente (Liker, 2005). No entanto, para o nivelamento da produção, onde a combinação de produtos e volume devem ser constantes ao longo do tempo, as mudanças de lotes de produção devem ser minimizadas, levando a uma redução significativa dos tempos de *setup*. Assim, é necessário trocar rapidamente as ferramentas para os itens produzidos internamente e desenvolver parcerias confiáveis com os fornecedores para os itens comprados externamente (Tubino, 1997). Além disso, apesar de ser uma excelente técnica para eliminar desperdícios e sobrecarga, o *heijunka* deve ser combinado com o *kanban*, de forma a equilibrar e ordenar o fluxo de trabalho. O *heijunka* também é uma forma de complementar o *kanban*, pois garante que algumas premissas para a implantação deste, tais como tempos baixos de *setup* e tamanho reduzido dos lotes, sejam asseguradas.

2.4 Balanceamento de linhas de produção

O Balanceamento de linhas de produção consiste na distribuição de tarefas num posto de trabalho com o objetivo de que os tempos mortos sejam minimizados e as restrições de precedência sejam atendidas (Becker, & Scholl, 2006).

Com o balanceamento é possível que os recursos sejam aproveitados de uma forma satisfatória ao menor custo possível e, geralmente, faz-se, por exemplo, aquando de alterações no processo

de produção, inclusão ou exclusão de tarefas elementares, ou mudanças no tempo de processamento das tarefas.

Num processo de balanceamento é necessário conhecer o diagrama de precedências, Figura 10, representado por tarefas individuais e pela ordem que estas devem ser executadas. O tempo de cada tarefa pode ser obtido por vários métodos, tal como a medição cronometrada que é um dos mais conhecidos, sendo que através da soma dos tempos todos das tarefas de um certo posto de trabalho obtêm-se o tempo total do posto (Boysen, Fliedner, & Scholl, 2006).

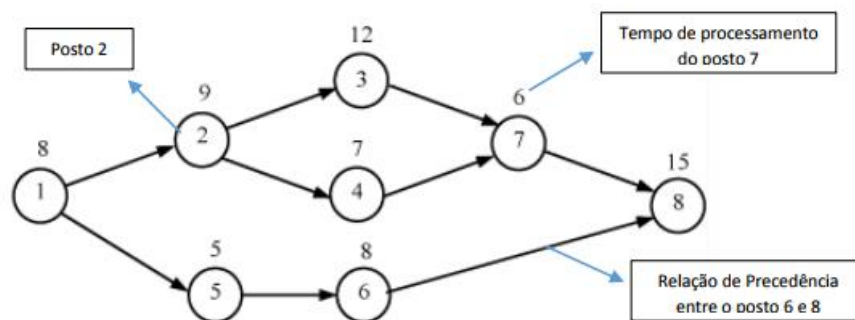


Figura 10- Exemplo de um diagrama de precedências

O balanceamento é uma técnica que tem vários pontos importantes associados (Meyers, & Stewart, 2011):

- Distribuir equilibradamente o trabalho pelas entidades envolvidas, i.e. operadores, postos de trabalho, secções ou departamentos produtivos da mesma cadeia de produção. Se, por exemplo, uma entidade consegue produzir duas peças completas enquanto outra só consegue uma, isso origina *stock* desnecessário. Daí a importância de cada entidade produzir ao mesmo ritmo, isto é que o sistema produtivo esteja balanceado.
- Identificar o *bottleneck*. A entidade, geralmente um centro de trabalho, com o maior tempo de processamento é o denominado *bottleneck*. Este centro de trabalho precisa de uma maior atenção a nível de engenharia e suporte de supervisor para que se possa equalizar de uma forma melhor com os outros;
- Estabilizar a rapidez da linha de produção. Todos os transportadores devem estar preparados consoante as linhas de produção para que os produtos possam fluir de uma forma rápida e eficiente;
- Determinar o número de postos de trabalho necessários. Se a procura dos clientes aumentar, com alguma certeza que também se terá que aumentar o número de operadores;

- Ajudar a determinar o custo de trabalho. Somando todas as operações é possível saber o total de horas de produção e conseqüentemente o custo total de produção a partir do custo por hora;
- Estabilizar a percentagem de trabalho por cada operador. Este ponto auxilia a determinar a percentagem de tempo que um posto está ocupado em comparação com o *bottleneck*.

2.4.1 Balanceamento multimodelo e modelos misturados

É comum estabelecer linhas de produção, e.g. de montagem, destinadas à produção de dois ou mais modelos de produtos. Neste caso há duas formas de organização operacional das linhas: organização em modelo misto (*mixed model*), onde as unidades de modelos diferentes se produzem de forma misturada, e organização em multimodelo (*multimodel*), onde se produzem seqüências de lotes de cada modelo (Boysen, Flidner, & Scholl, 2006).

Uma comparação entre essas formas pode ser identificada na Figura 11, na qual diferentes formas geométricas representam diferentes produtos (Becker & Scholl, 2004). Esses modelos ou produtos podem variar em relação ao tamanho, cor, material ou equipamentos utilizados, porém, como os processos de produção são similares, uma boa parte das operações é comum a todos os modelos (Scholl, 1999).

De acordo com este autor, os sistemas de produção de modelo misturado são utilizados por proporcionarem um fluxo contínuo de materiais, reduzirem os níveis de *stock* de produto acabado e por serem bastante flexíveis em relação às mudanças de modelos. Entretanto, essa flexibilidade pode requerer equipamentos de custo elevado, customizados para este fim.

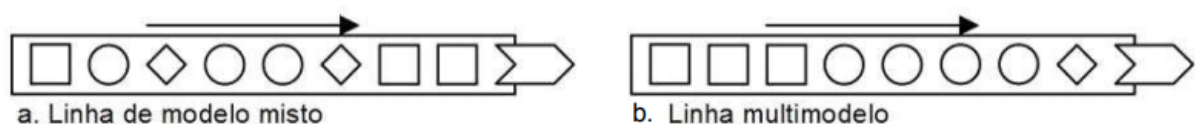


Figura 11- Linhas de produção de modelo misto e multimodelo

Neste sentido, antes de se definir as seqüências dos produtos, é necessário definir o balanceamento da linha. De acordo com Alves (2007), o balanceamento de linhas de produção tem como principal objetivo garantir uma distribuição equilibrada de carga pelas unidades de produção do sistema, possibilitando a sua boa utilização. Fazer um balanceamento multimodelo ou modelos misturados vai depender de vários fatores. A Tabela 1 apresenta alguns desses fatores.

Tabela 1- Balanceamento de sistemas de produção

Balanceamento Multimodelo	Balanceamento Modelos Misturados
Os modelos têm requisitos processuais similares	Os modelos têm requisitos processuais idênticos ou muito similares.
Existem tempos de preparação das linhas por mudança de modelo	Inexistência de tempos de preparação das linhas por mudança de modelo
Existem diferenças substanciais entre as operações e suas durações nos diferentes modelos	Não existem diferenças substanciais entre as operações e suas durações nos diferentes modelos
Grande variação da procura periódica, e.g. semana ou mês, de cada modelo	Pouca variação da procura periódica, e.g. semana ou mês de cada modelo

3. APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

Neste capítulo da dissertação é descrita a empresa Bosch Car Multimédia S.A., sediada em Braga, onde se desenvolveu o presente trabalho.

3.1 O Grupo Bosch

3.1.1 História

O Grupo Bosch foi fundado por Robert Bosch (1861-1942) em 1886, aquando da criação da sua primeira oficina de mecânica de precisão eletrotécnica, em Estugarda. Nesta oficina, desenvolveu-se o magneto, um componente para automóveis que se tornou o primeiro sucesso comercial da empresa Bosch, sendo que o nome da empresa ficou desde então associado à indústria automóvel. Entre este período de fundação da oficina e o ano de 1900 foi inaugurada uma representação da empresa na Grã-Bretanha, sendo que entre 1901 e 1923 a Bosch já era uma fornecedora internacional do sector automóvel, o que levou a que fossem inauguradas duas fábricas, uma em Paris e outra em Massachusetts. Neste período a empresa lança o farol e a buzina e desenvolve-se o primeiro *design* gráfico da marca Bosch inspirado no primeiro sucesso comercial da empresa, o magneto, que pode ser identificado na Figura 12.



Figura 12- Logotipo Bosch

Posteriormente e a partir de 1924 a empresa torna-se diversificada e cria a primeira bomba de injeção a diesel, a primeira ferramenta elétrica com motor na altura do punho e o primeiro refrigerador.

Durante o período de 1946 a 1959, após a morte do seu fundador em 1942 e depois da 2ª guerra mundial, a empresa reinicia a sua produção explorando oportunidades de expansão e de internacionalização principalmente na Austrália, Índia e Brasil.

Nos anos seguintes e até 1990 o grupo entra na era da eletrónica que ocorre depois da implantação da nova constituição corporativa, apresentando-se assim Robert Bosch Stiftung como principal acionista. Nesta nova constituição as divisões dos negócios são definidas, cria-se a Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, desenvolve-se o Jetronic e introduz-se o programa “seguro, limpo e económico”.

Desde 1991 até ao momento ocorre a globalização, com a abertura de novos mercados. A Bosch conquista novas regiões em crescimento no Leste Europeu e na Ásia. Na abertura a novos mercados o grupo Bosch desenvolve o programa eletrónico de estabilidade, o sistema *Common Rail* e ferramentas elétricas com baterias recarregáveis de íões de lítio e adquire também mais duas fábricas, a Borderus e a Rexroth.

3.1.2 Produtos

Em meados de 1900, Robert Bosch comercializava 12 variantes de magnetos para veículos automóveis e em 1901 abriu a sua primeira fábrica com 45 colaboradores. No entanto, como a empresa dependia da comercialização de um único produto, tornava o negócio arriscado, sendo que, em 1912, a gama de produtos fabricados foi ampliada, introduzindo o sistema Bosch de iluminação automóvel.

Porém, com a crise ocorrida na indústria automóvel europeia em 1926, constatou-se que a empresa ainda não possuía uma base sólida para assegurar um crescimento consistente, tendo-se decidido alargar a outras áreas de negócio e diversificar a sua atividade (Bosch, 2011), estando estas áreas representadas na Figura 13.



Figura 13- Atividades de negócio a que se dedica o grupo Bosch (Bosch, 2011)

3.1.3 Empresa e divisões

O grupo Bosch, é sediado em Schillerhöhe (Estugarda) e é considerado atualmente como uma das maiores empresas da Alemanha. Ao longo destes anos, a sua expansão foi além das fronteiras alemãs e de momento, já está presente em cerca de 140 países, contabilizando um total de 292 empresas e um total de 280 000 colaboradores por todo o mundo. O grupo é líder mundial no fornecimento de tecnologia, oferecendo bens e serviços a empresas, profissionais independentes e consumidores (Bosch, 2009).

O Grupo Bosch está dividido em 3 áreas distintas:

- Tecnologia automóvel que inclui: sistemas de gasolina, sistema diesel, sistemas de controlo de chassi, sistema de travões de chassi, motores de arranque e alternadores, produtos multimédia para automóveis, sistemas de eletrónica automóvel, acessórios e serviços para o automóvel e serviços para sistemas de direção;
- Tecnologia industrial que inclui: produtos e aparelhagem de tração e controlo, de embalagem e de energia solar;
- Bens de consumo e tecnologias de construção que inclui: ferramentas elétricas, sistemas aquecimento de água, e.g. caldeiras de aquecimento a gás, sistemas de segurança e eletrodomésticos (Bosch, 2009).

Na Figura 14 pode ver-se a distribuição mundial das empresas pertencentes ao grupo Bosch, identificadas por tipo de divisão.

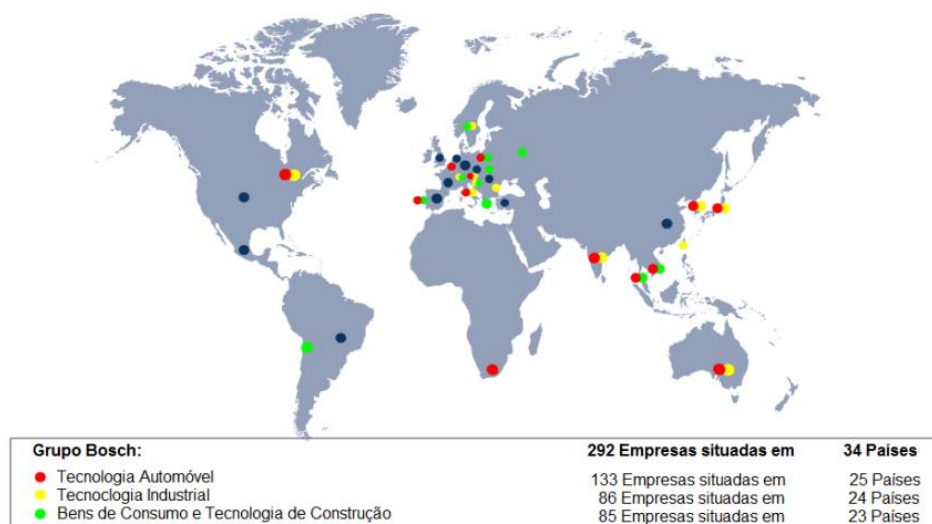


Figura 14- Localização das empresas do grupo Bosch (Bosch, 2009)

3.1.4 O grupo Bosch em Portugal

Em Portugal, o grupo Bosch possui 5 unidades de produção e comercialização de vários ramos de atividade:

- A Bosch Car Multimedia Portugal S.A., localizada em Braga, dedica-se à produção de autorrádios, sistemas de navegação e outros equipamentos eletrónicos para a maioria das marcas de automóveis;
- A Bosch Security Systems- Sistemas de Segurança, S.A, localizada em Ovar que se dedica, tal como o nome indica, à produção de camaras de vídeo, monitores, gravadores digitais e acessórios para sistemas de segurança;
- A Bosch Termotecnologia, S.A, localizada em Aveiro, que se dedica à produção de sistemas de aquecimento de água a gás e solares, tais como esquentadores, caldeiras e sistemas solares térmicos;
- A Robert Bosch Travões Unipessoal, Lda, localizada em Abrantes, dedica-se à produção de sistemas de travões para automóveis;
- A Robert Bosch Unipessoal, Lda, em Lisboa, é responsável pela comercialização e assistência técnica de diferentes tipos de produtos Bosch de alta qualidade, tais como acessórios para automóveis (velas, escovas, baterias, equipamento oficial), ferramentas elétricas para uso profissional e ainda atua como serviço de apoio à área de recursos humanos para Portugal, Espanha, França e Itália (Bosch, 2010).

Na Figura 15 apresenta-se a distribuição geográfica das fábricas do grupo Bosch em Portugal.

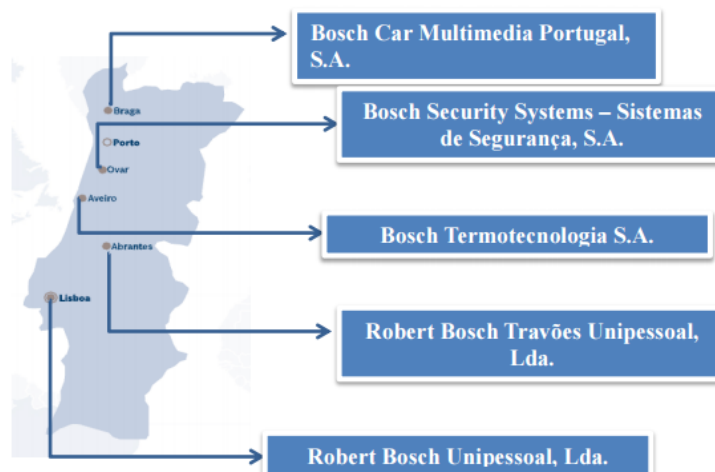


Figura 15- O grupo Bosch em Portugal (Bosch, 2010)

3.2 Bosch Car Multimédia, S.A.

A divisão Car Multimédia do grupo Bosch surge no início dos anos 30, aquando da aquisição da empresa Ideal, especialista na produção de auscultadores. Neste momento a divisão Car Multimédia encontra-se sediada em Hildesheim, na Alemanha. Posteriormente a Bosch envolve-se no desenvolvimento de Sistemas Car Áudio, sob a marca Blaupunkt, lançando o primeiro autorrádio europeu (Bosch, 2017).

A Car Multimédia assenta a sua estratégia na oferta de soluções inteligentes que integram entretenimento, soluções de navegação, telemática e assistência ao condutor, focando-se no desenvolvimento de soluções de forma a tornar a condução mais fácil, segura e económica. Desta forma, a empresa pretende proporcionar aos condutores de veículos, uma condução cómoda, respondendo ao crescente interesse destes relativamente à redução de consumo de combustível e de emissão de gases poluentes (Bosch, 2017).

Os pilares da estratégia da Car Multimédia são a satisfação do cliente, a diferenciação funcional e a liderança em custos, inovação, qualidade e negócios globais. Estes pilares e a visão Bosch são alinhados de modo a alcançar a excelência, agindo de forma sustentada, através dos Sistemas de Gestão Global da Bosch e a Gestão por Processos (Bosch, 2017).

A divisão Car Multimédia encontra-se presente em Portugal através da sua unidade em Braga, apresentando-se como a maior fábrica da divisão Car Multimédia do grupo e a maior empresa do grupo em Portugal, tendo iniciado a sua atividade em 1990 (Bosch, 2017).

Atualmente a unidade emprega cerca de 3200 pessoas, sendo por esta razão o maior empregador privado da região, a maior fábrica de autorrádios na Europa e um dos maiores exportadores nacionais (Bosch, 2017).

A Bosch Car Multimédia de Braga, denominada Bosch Car Multimédia Portugal S.A integra um centro de desenvolvimento e de competências técnicas reconhecido pelo seu *know-how* na área da eletrónica industrial, sendo uma empresa de referência em diversas áreas técnicas de produção (Bosch, 2017).

Como é possível verificar pela Figura 16 , as suas unidades de negócio estão devidamente demarcadas conforme as suas áreas, entre as quais: produção, logística, desenvolvimento, manutenção e escritórios.



Figura 16- Implantação Bosch Car Multimédia Braga (Bosch, 2017)

3.2.1 Departamentos e secções

A Bosch Car Multimédia Portugal S.A. apresenta duas áreas: a área comercial (Figura 17) e a área técnica (Figura 18), sendo que cada uma é dirigida por um responsável.

A área comercial, divide-se em sete departamentos: o Serviço pós-venda e produção de aparelhos de substituição e reparações, os Serviços Informáticos Locais, a Contabilidade financeira, a Logística, os Recursos Humanos, as Compras e as Compras avançadas (Bosch, 2016).



Figura 17- Área comercial (Bosch, 2016)

A área técnica, é também constituída por sete departamentos: o Desenvolvimento, a Saúde, Segurança e Ambiente, o Processo SMT (Surface Mount Technology), a Montagem Final, a Gestão de Qualidade de Compras, a Gestão da Qualidade e Métodos e o Funções Técnicas (Bosch, 2016).

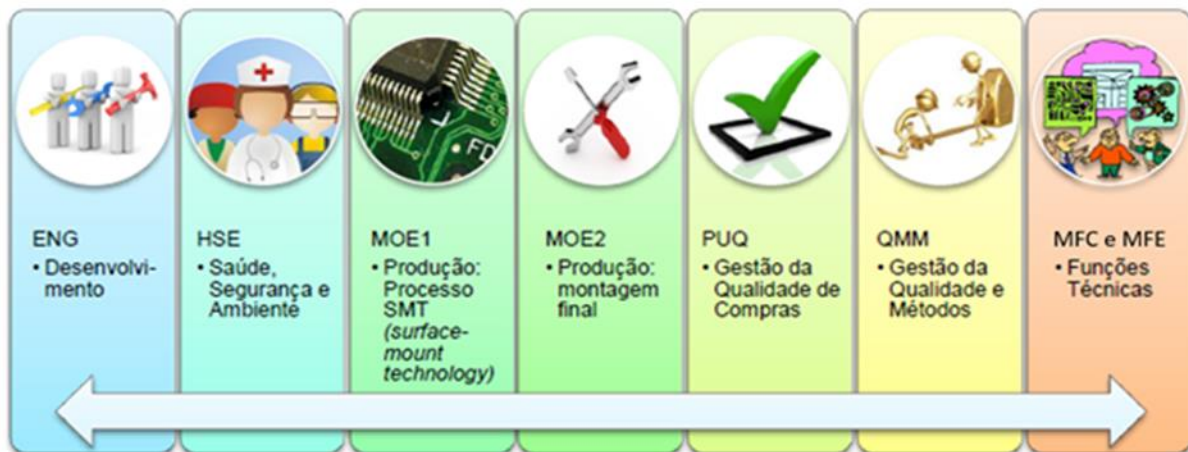


Figura 18- Área técnica (Bosch, 2016)

3.2.2 Secção de produção e produtos

A unidade da Bosch de Braga é especializada no fabrico e inovação de novos produtos eletrónicos, principalmente sistemas de navegação e info-entretenimento, sistemas de instrumentação e sistemas profissionais para a indústria automóvel, como se pode verificar na Figura 19.

Nos últimos anos a unidade de Braga tem conseguido diversificar a sua gama de produtos tanto da indústria automóvel como da área de eletrodomésticos e da segurança automóvel (Bosch, 2017).

AI Sistemas de Info-entretenimento e Navegação

PS Sistemas profissionais

IS Sistemas de Instrumentação

MS Serviços de Manufatura

CC Sistemas de Chassis

2016	2017	2018
 GM MY17  Nissan A-IVI Scope 1  NGI 1.1  PSA RCC	 Nissan A-IVI Scope 2 - Mid  Nissan A-IVI Scope 2 - Entry	 Renault A-IVI Scope 2 - Entry  Renault A-IVI Scope 2 - Mid
 Daimler TCC high/CCC  TCU Cargobull Telematics  CCU Connect Powertrain  Daimler CTP  BMW 2W e-call  Toll Collect NGen  FUSD Radio "Black Panther"		
 Porsche 992  CHUD F46  Audi D5/C8  BMW F3X FPC  Audi A3/Q1  Volvo V516B  RRNM  BMW iKombi/HU  KTM LC8  Porsche E3  BMW 35up IC High Gen4.1  Ford CHUD		
 KME IPS ratio LVPE ratio  FP Combat FP Basic / FP 26I  HP 3rd gen  HDU  CU-CMS 2.0  BRP High  BRP Mid  BRP Compact		
 LWS 7.3.22 Nissan  LWS 7.3.5 Fiat  APS Mercedes  APS Honda  LWS7.3.34 Nissan  LWS7.3.34/7.4.32 EVO  LP55-B Mercedes  LP55-B-CV Peugeot, Citroen		

Figura 19- Produtos da Bosch Car Multimédia Portugal S.A. (Bosch, 2016)

3.2.3 Principais clientes

Sendo a Bosch Car Multimédia Portugal, S.A. uma empresa especializada na montagem de autorrádios e de sistemas de navegação, a indústria automóvel é o seu maior mercado, sendo os seus clientes principais a BMW, a Audi, a PSA, e a Volkswagen. Além destes a Bosch Car Multimédia fornece ainda produtos para outros clientes da indústria automóvel e de outras indústrias como se pode ver na Figura 20 (Bosch, 2016)



Figura 20- Principais clientes da Bosch Car Multimédia S.A. (Bosch, 2016)

4. SITUAÇÃO INICIAL DA ÁREA PRODUTIVA

Neste capítulo, é apresentada a situação inicial da secção de produção designada por *Pool* Fresas, ou fresagem de placas eletrónicas, sobre a qual incide a maior parte deste trabalho, e simplificada referida na empresa por *Pool*. Nesta secção são efetuados dois tipos de operações distintas, o teste às placas e a fresagem das placas. O bom funcionamento desta secção é fundamental para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva uma vez que processa elevada variedade e quantidade de placas distintas oriundas de secções anteriores ou de clientes e destinadas a secções posteriores na cadeia de produção ou a outros consumidores. Ainda neste capítulo, serão enunciados e descritos os problemas encontrados nesta área produtiva muitos dos quais foram objeto de análise e de resolução ou propostas de resolução no trabalho realizado na empresa que deu origem a esta dissertação.

4.1 Descrição do processo produtivo

4.1.1 Visão geral da área produtiva

A Bosch Car Multimédia de Braga encontra-se organizada em duas grandes unidades produtivas, referidas como mini fábricas, a MOE1 e MOE2. Na primeira são produzidas placas eletrónicas através do processo de inserção automática. Na MOE2 são executadas as operações manuais de inserção nas placas oriundas de MOE1, além da sua embalagem posterior como produto final, contabilizando-se um total de 60 linhas produtivas. Estas duas unidades encontravam-se, até há pouco tempo, implantadas no mesmo edifício, designado por edifício 101. No entanto devido ao aumento da procura e conseqüente crescimento da empresa, muito recentemente foi construído um novo edifício, designado por edifício 108 que alterou a localização relativa destas unidades. Assim, ficaram implantadas em edifícios diferentes, com a unidade MOE1 transferida para o novo edifício. A unidade produtiva em estudo, a *Pool*, destina-se à fase final da produção de uma grande parte de placas produzidas na unidade MOE1, portanto, funcionalmente, pode ser vista como fazendo parte dela (Figura 21). No entanto devido à falta de espaço no novo edifício, esta unidade manteve-se implantada no edifício original (edifício 101), onde se encontra também implantada a montagem manual intermédia e a montagem final de placas, com a gestão de ambas a cargo do departamento da MOE2.



Figura 21- Implantação da MOE e MOE2 com a representação da secção de *Pool Fresas*

4.1.2 Funcionamento das mini-fábricas e fluxo de materiais

De um modo simplificado, descreve-se a seguir o funcionamento das mini-fábricas e a sua interligação. Os componentes necessários para a produção de placas adquiridos aos fornecedores são recebidos e encaminhados para o armazém de matérias-primas do edifício da MOE1. Os componentes encaminhados para este armazém podem ser placas impressas, componentes, resistências, microprocessadores, entre outros. Posteriormente, conforme as necessidades de produção da MOE1, os materiais são conduzidos para uma estante de materiais, funcionando como armazenagem local intermédia entre o armazém central e a zona de produção. O sistema de transporte e logística *Milkrun* abastece as linhas com os materiais, nas quantidades necessárias, de forma periódica, controlada e sistemática.

Desta forma, a unidade de inserção automática labora continuamente durante sete dias por semana distribuídos em equipas de quatro turnos. Em cada dia, são necessários três turnos de trabalho, distribuídos entre os turnos da manhã, tarde e noite. O quarto turno é responsável por laborar durante os dias de descanso dos restantes turnos, possibilitando assim a laboração contínua da unidade MOE1. Nesta unidade, os horários de trabalho dos colaboradores são rotativos, sendo que cada turno labora consecutivamente durante sete dias em cada um dos horários de trabalho: manhã, tarde ou noite. O descanso de cada equipa é de dois dias após laboração de sete dias em cada um dos horários. Após a laboração de sete dias no turno da noite, a equipa tem um descanso de quatro dias consecutivos.

No que concerne a equipamentos produtivos, esta área é predominantemente automática, existindo 29 linhas de inserção automática, operando continuamente, com uma elevada

variedade de placas em cada uma das linhas. No entanto a sua produção é faseada ao longo do dia uma vez que cada linha apenas produz um tipo de placa de cada vez. Cada linha de produção opera com dois operadores estando a função de cada um destes devidamente definida. Assim, um dos operadores é responsável por efetuar o abastecimento da linha e a inspeção aos componentes eletrónicos inseridos pelas máquinas de inserção automática, enquanto o outro faz o controlo final das placas antes de estas seguirem para colocação nos *containers*, assim como inspeciona todas as placas produzidas. Perante a deteção de defeitos ou problemas nas placas informa de imediato ao departamento de qualidade para que seja averiguada a sua causa e se proceda de modo a que não se repitam.

Container é um termo designado internamente pela Bosch para uma caixa metálica com divisões horizontais onde são colocadas e transportadas as placas com os componentes já inseridos (Figura 22). Cada *container* tem capacidade para cerca de 46 placas que são identificadas por um autocolante impresso com a referência das placas.



Figura 22- Ilustração de um *container*

A colocação das placas em *containers*, pode ser efetuada de forma manual ou de forma automática, caso a linha esteja preparada para o efeito.

Periodicamente, o *Milkrun* recolhe as placas produzidas de cada linha e encaminha-as para o cais de embarque deste edifício. O transporte para o edifício 101 é feito de 20 em 20 minutos através de um camião que se destina exclusivamente ao transporte de placas entre os edifícios. Na ida, este camião entrega *containers* cheios de placas produzidas em MOE1 à unidade da MOE2. Por sua vez, na volta o camião recolhe da unidade da MOE2 os *containers* vazios

existentes para posterior enchimento na unidade da MOE1. Esta logística repetitiva de uso e recolha de *containers* permite funcionar com um número reduzido dos mesmos.

A receção das placas na unidade da MOE2 é efetuada e gerida por um operador logístico que as coloca em estantes de supermercados, mediante a referência da etiqueta de cada *container*. O operador é responsável por encaminhar os *containers*, através de um sistema de *Milkrun*, diretamente para os supermercados das linhas de montagem manual ou para o supermercado da *Pool*, dependendo da referência de cada placa. Designam-se por supermercados, os armazéns locais que podem ser utilizados para armazenamento de *containers* de placas (Figura 23) após fresagem ou contentores de componentes para montagem manual (Figura 24). A operação destes supermercados aplica, em geral, a regra FIFO (*first in first out*) ou seja, as primeiras placas a entrarem no supermercado são as primeiras a serem encaminhadas para a fase seguinte de fabrico. Assim, os supermercados apresentam um *design* com rampas inclinadas, possibilitando que estas quando abastecidas na parte traseira, permitam o deslocamento por gravidade dos materiais de forma organizada e sequenciada para as linhas de montagem numa disciplina FIFO.

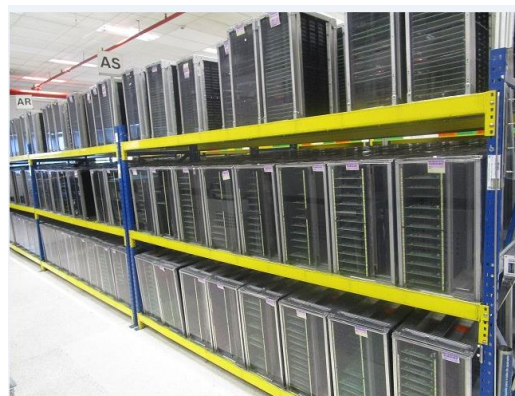


Figura 23- Supermercado de *containers*



Figura 24- Supermercado para caixas

Atualmente, a maioria das placas existentes necessita de um processo de fresagem, que poderá estar integrado diretamente no início tanto da linha de montagem manual como da linha de montagem final quando não é executado na secção de *Pool* Fresas. Desta forma, quando o processo o permite e o tempo de fresagem por unidade é o igual ao de montagem em cada posto, i.e. igual ao tempo de ciclo da montagem, existem linhas de montagem manual e final com máquinas de fresagem integradas possibilitando melhor fluxo de trabalho, melhor controlo da atividade produtiva e até melhor produtividade dos recursos. Por este motivo, sempre que possível, torna-se desejável a afetação das fresadoras às linhas. No entanto, esta situação não é viável em todas as linhas de produção uma vez que muitas delas apresentam cadências muito diferentes das resultantes do tempo necessário para a fresagem das placas. Esta situação agrava-se face à diversidade de placas a fresar, daí a necessidade da existência da secção de *Pool* Fresas. Portanto a *Pool*, que pode ser vista como uma entidade prestadora de serviços à montagem, principalmente manual, fornece também algumas placas diretamente à montagem final e funciona ainda em regime de “*outsourcing*”, para fresagem de placas de clientes exteriores à Bosch.

Na *Pool* existe um conjunto de máquinas fresadoras, simplificadaamente referidas como fresadoras, e alguns sistemas de teste de placas destinados a identificar possíveis placas com defeito antes de serem fresadas. Após o teste e fresagem, as placas são colocadas nos supermercados da *Pool*, para encaminhamento para a montagem intermédia manual ou para a montagem final.

Após a colocação das placas diretamente oriundas da MOE1 ou da *Pool* em supermercados das linhas de montagem, inicia-se o processo produtivo da unidade da MOE2. Mediante o plano de produção destas linhas, o *Milkrun* recolhe as placas do supermercado da *Pool* e encaminha-as para os supermercados das linhas de montagem. Todo o processo de circulação e abastecimento de supermercados realizado pelo *Milkrun* é gerido através do sistema de e-*Kanban* explicado posteriormente neste relatório na secção 4.3.

Na unidade da MOE2 pode entender-se que existem dois tipos de linhas de montagem distintas: linhas de montagem manual e linhas de montagem final. As linhas de montagem manual são linhas onde existe uma elevada variedade de placas em que são inseridos componentes de maior dimensão que, devido às suas características, não podem ser inseridos na secção de inserção automática. Estas placas são a seguir acabadas nas várias linhas de montagem final e usadas na fabricação do produto final a enviar para o cliente. As linhas de montagem final são linhas menos versáteis, dedicada cada uma apenas à montagem final de um número reduzido de produtos diferentes, tipicamente um ou dois, devido aos diferentes requisitos de montagem final

de cada produto e à elevada produtividade desejada. Nestas linhas são produzidos e embalados os produtos finais, podendo estes serem sistemas profissionais, sistemas de navegação, sistemas de instrumentação, sensores ou autorrádios.

Embora o processo produtivo acima descrito seja a regra, há exceções. Existem linhas de montagem que incorporam ou integram tanto a montagem intermédia manual, como a montagem final. Nestas circunstâncias, algumas placas fresadas na *Pool* servem também estas linhas de montagem.

Numa fase final, os operadores da logística são responsáveis por garantir o transporte das paletes de produto acabado, das linhas de montagem final para os armazéns de produto finalizado, localizados na área de logística.

4.2 *Layout da área produtiva*

Na Figura 25 está representado o *layout* da *Pool*, designado internamente 2P11 e fazendo parte da MOE1, como referido anteriormente. Assim, é possível verificar que esta é constituída por dois tipos de máquinas distintas: máquinas de fresagem e máquinas de teste de dois tipos, nomeadamente ICT (Integrated Circuit Test) e FCT (Functional Circuit Test). Do ponto de vista geral, cerca de 85% dos testes são efetuados nos ICT's e 15% são efetuados nos FCT's. A determinação do tipo de teste em cada placa é definido aquando do seu desenvolvimento, não sendo portanto da responsabilidade de qualquer operador da linha decidir que teste realizar. Detalhadamente, a *Pool* possui 7 máquinas de fresagem, 18 máquinas de teste ICT e 10 máquinas de teste FCT, como se pode verificar na *Figura 25*.

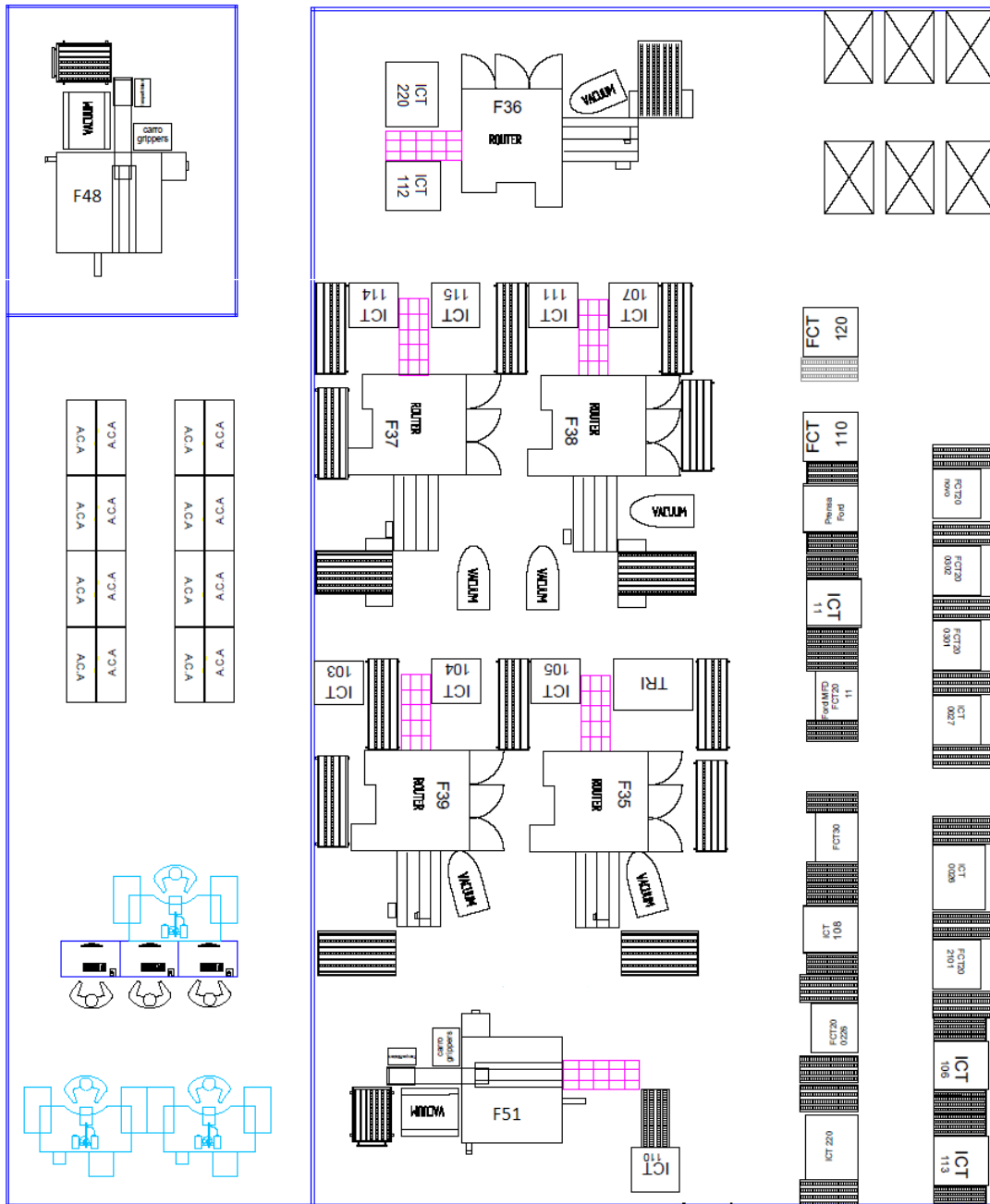


Figura 25- Layout da Pool




4.3 Descrição do processo

Como mencionado anteriormente, após a recepção das placas em MOE2, estas podem ser encaminhadas para os supermercados das linhas de montagem manual ou encaminhadas para o supermercado da *Pool*. O colaborador responsável pela recepção e gestão das placas oriundas da MOE1, identifica e encaminha os *containers* de placas para os respectivos destinos, podendo estes serem os supermercados das linhas manuais ou finais ou o supermercado da *Pool*.

Numa primeira instância o operador responsável por esta gestão, identifica o destino de cada *container* através do rótulo do mesmo. O sistema de cores nos rótulos permite identificar de forma rápida e eficaz o destino destes. Os *containers* que têm como destino os supermercados das linhas de montagem manual ou final, apresentam um rótulo de cor branca na etiqueta que identifica a referência às placas, ao passo que os *containers* que se destinam à *Pool*, podem apresentar 3 tipos de cores distintas: rosa, castanha e roxa.

Após a identificação inicial através da rotulagem o operador entrega as placas ao *Milkrun* para serem enviadas para os respetivos supermercados. Todo este sistema de transporte é gerido através do sistema *e-Kanban*. As placas destinadas à *Pool* são colocadas no supermercado pelo *Milkrun*, ordenadas pelo seu número de produto que se encontra descrito na etiqueta do *container* (Tabela 2).

Tabela 2- Modo de produção da *Pool*

Destino	Rótulo	Processo
Supermercado das linhas de montagem manual		Linhas de montagem manual
Supermercado da <i>Pool</i>		Necessita de um processo de ICT
Supermercado da <i>Pool</i>		Necessita de um processo de fresagem
Supermercado da <i>Pool</i>		Necessita de um processo de FCT

O modo de produção da *Pool*, segue uma sequência lógica que está retratada na ficha técnica de cada produto. Os *containers* com etiqueta cor de rosa, indicam que as placas necessitam, numa primeira instância, de um teste de ICT. Este teste permite analisar se parte dos componentes eletrónicos da placa estão devidamente colocados e em perfeito estado de

funcionamento. Este sistema, pode ser entendido como um sistema *Poka-yoke*, ou seja, é um sistema de teste que permite verificar se a placa está ou não conforme, para assim evitar perdas de tempo com o processamento de placas não conformes ou ainda, aumentar os níveis de qualidade de entrega ao cliente com a diminuição, ou mesmo eliminação, do número de peças defeituosas (Black, & Hunter, 2003). Após o teste de ICT, o processo subsequente pode ser fresagem, ou FCT ou, então, a placa pode ser colocada no supermercado de produto acabado na *Pool*. Após a execução do processo, a cor da etiqueta colocada indica o processo seguinte. Assim, por exemplo, após o teste de ICT, caso o produto seja encaminhado para o supermercado, este deve ser identificado com uma etiqueta branca ou ainda, se o processo seguinte for FCT deve ser colocada uma etiqueta castanha ou ainda, poderá ter a etiqueta rosa caso o processo seguinte seja o processo de fresagem integrado na *Pool*.

Uma fresadora é uma máquina que permite efetuar o corte nas placas separando-as do material acessório ou rebordo (*Figura 26*). As dimensões de cada placa são definidas pelo departamento de desenvolvimento, e posteriormente as fresadoras são programadas pelos técnicos internos mediante as dimensões de cada uma.



Figura 26- Fresadora

O funcionamento da fresadora é relativamente simples, uma vez que a placa é inicialmente movimentada para o interior da fresadora através de um processo manual, no qual o operador retira a placa do *container* e insere-a na extremidade da fresadora. Posteriormente, a placa é movimentada para o interior da fresadora através de um *conveyor*. No seu interior, a placa é fixa por um dispositivo de fixação de modo a evitar a sua movimentação durante o processo de corte (*Figura 27*). O processo de corte é efetuado por um disco que se movimenta e atua de

modo a cortar todos os pontos de união da placa ao material excedente, designado por rebordo (Figura 28).

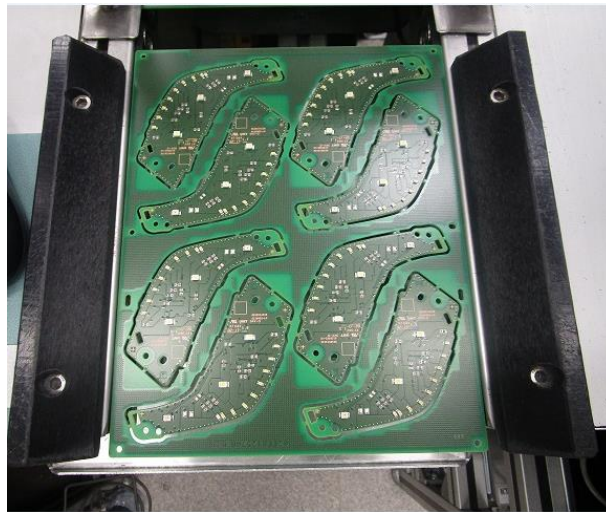


Figura 27- Placas presas ao rebordo



Figura 28- Rebordo

No final do processo de fresagem, o rebordo é movimentado automaticamente através de um *conveyor* para o caixote do lixo enquanto a placa fresada é colocada, através do robot de fixação, no tapete de saída. Depois de fresadas, as placas originais originam duas ou mais placas pequenas do mesmo tipo, de formas geométricas diversas e, em alguns casos de tamanho muito reduzido. Neste sentido, por razões de manipulação e transporte, as placas retiradas do *conveyor* são colocadas em caixas para serem transportadas para a montagem. Em alguns casos uma placa não fresada origina apenas uma placa, i.e., uma folha de placas, depois da fresagem, pelo que esta consiste apenas em cortar os pontos de união da placa ao rebordo. Existe, no entanto, um

elevado número de placas com mais de uma folha de placas e, nestes casos, a fresadora corta o contorno de cada uma delas subdividindo-as em pequenas placas de menor área do que a placa original. Depois de fresadas, as folhas de placas são aglomeradas em caixas pretas de plástico e transportadas para os supermercados (Figura 29).



Figura 29- Supermercados de placas fresadas

Posteriormente, o Milkrun é responsável por transportar as placas para os supermercados das linhas de montagem.

Na Figura 30 é possível perceber de um modo geral o funcionamento de entrada e saídas de material na *Pool*.

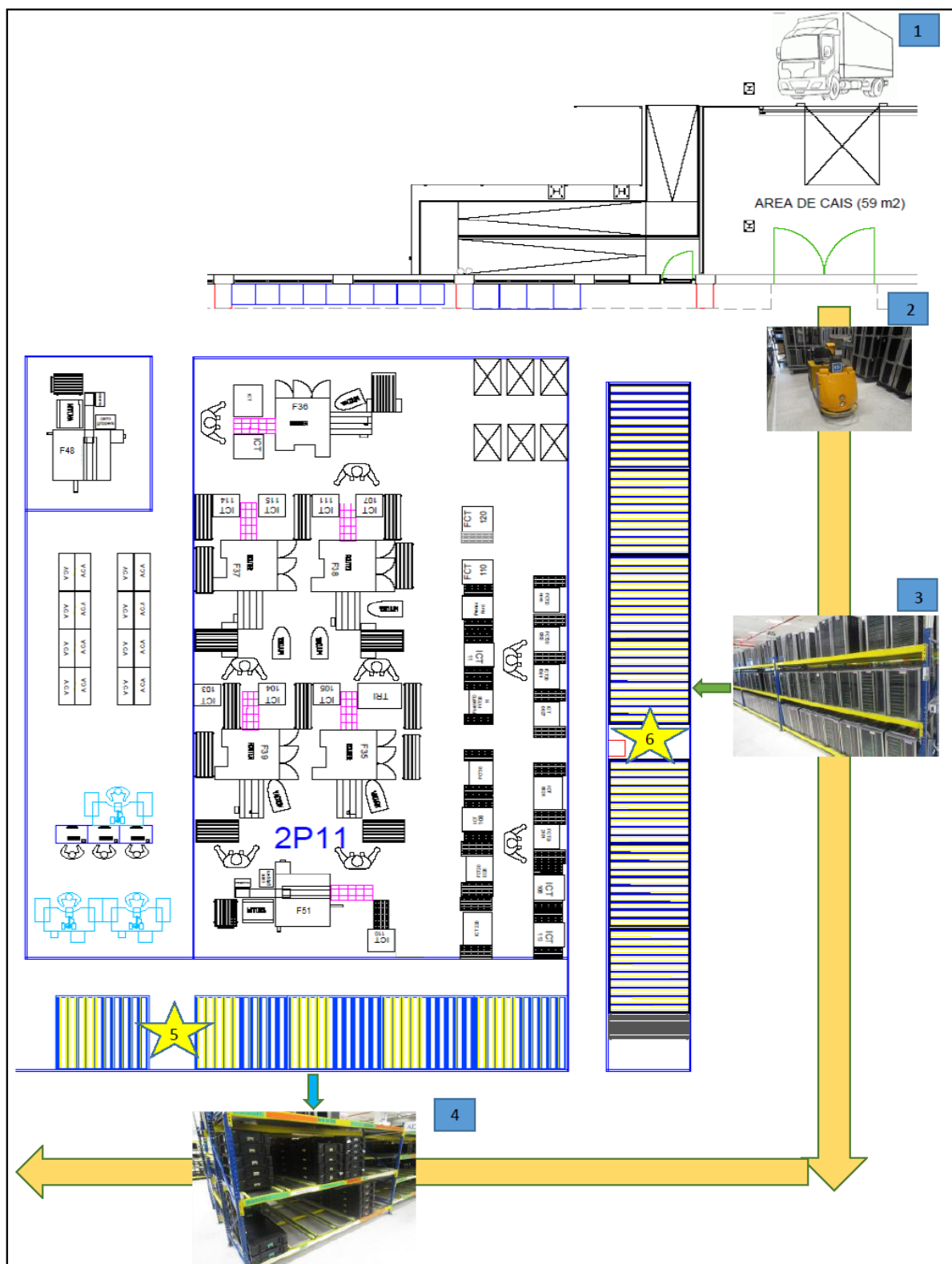


Figura 30- Entradas e saídas da *Pool*

Analisando a Figura 30 é possível verificar o fluxo de recepção de *containers* do edifício 101 oriundos da área da MOE1 no edifício 108. No ponto 1, verifica-se que o transporte é gerido através de um camião interno que efetua a deslocação entre edifícios. Após a recepção dos

containers, estes são afetados ao *Milkrun* (ponto 2), responsável pela sua distribuição. Posteriormente dá-se o transporte do *Milkrun* e, no ponto 3 é possível verificar a colocação dos *containers* no supermercado de entrada da *Pool* Fresas.

Este supermercado é dedicado à colocação de *containers* que necessitam de um processo efetuado na *Pool*, quer seja de teste ou de fresagem. Cada prateleira dos supermercados está identificada com um rótulo que designa o número do *container* de modo a tornar o processo mais sistemático e ágil e assim permitir uma melhor gestão visual.

Relativamente ao controlo informático das quantidades do supermercado, atualmente não existe uma forma de controlar tudo o que os *Milkrun* colocam e também o que os chefes de linha retiram dos supermercados.

Com a libertação de espaço na carruagem do *Milkrun*, devido à saída de *containers* para a *Pool*, há espaço para efetuar o levantamento de caixas com placas prontas, fresadas e testadas, do supermercado de saída da *Pool*, identificado na imagem com a número 4, que serão posteriormente encaminhadas para as linhas de montagem manuais ou finais. Contrariamente ao supermercado dos *containers*, este supermercado é controlado pelo sistema e-*Kanban*.

4.3.1 Análise ao trabalho *standard*

A execução de um trabalho *standard*, simplificada designado por TS, é a base para a melhoria contínua da uma linha e é a melhor forma de analisar uma sequência de tarefas repetidamente. A elaboração de *standards* permite aumentar a capacidade de melhoria, uma vez que possibilita definir as tarefas a elaborar de uma forma detalhada e clara, permitindo assim aos operadores executarem as suas funções sem dificuldade e de forma controlada e sequenciada.

Com a criação de *standards*, bem estruturados e minuciosos, é possível analisar as perdas produtivas de uma linha, quer sejam perdas de utilização de equipamento, ou de mão-de-obra. Em linhas de produção ou outros sistemas de produção, o ideal é o desenho dos postos de trabalho de tal forma que tanto os operadores como os equipamentos principais, i.e. máquinas, sejam utilizados ao mesmo nível e de preferência perto dos 100% em tarefas produtivas úteis, i.e. que acrescentam valor ao produto.

No caso de linhas de produção, a elaboração de um TS, exige reunir todas as informações relevantes á conceção dos postos, tais como o número de operadores e equipamentos existentes, as operações e tempos operatórios produtivos e não produtivos assim como tempos de deslocamento e transporte. A Figura 31 representa o *layout* atual da *Pool*, onde incluem os

circuitos operatórios que nela se executam em cada posto de trabalho, ou célula, com um operador cada.

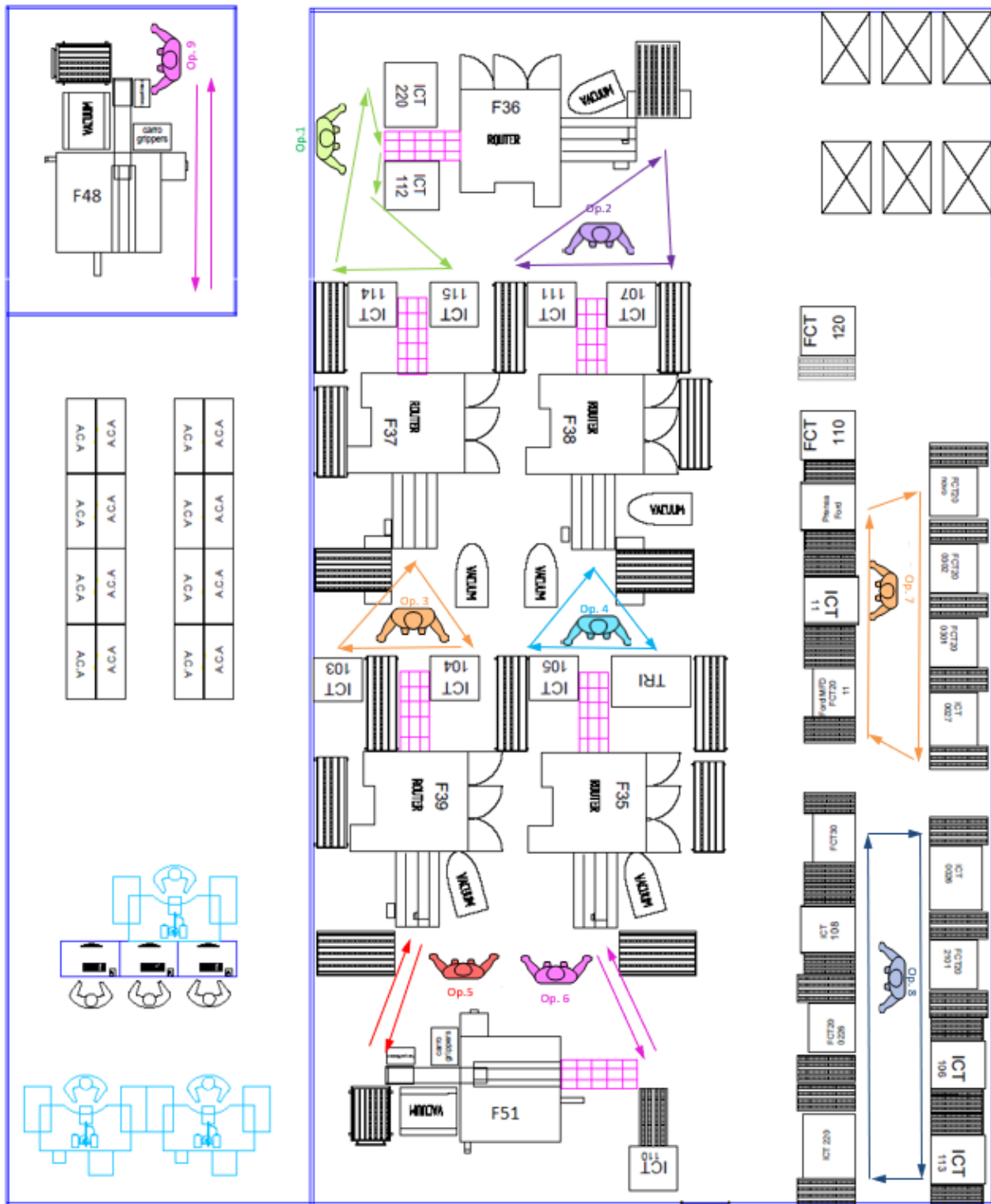


Figura 31- *Layout atual da Pool*

Pela análise ao *layout* acima, é possível verificar que atualmente existem 9 operadores diretos afetos à *Pool* e cada um com circuitos de trabalho distintos, mas muito semelhantes. O trabalho dos operadores está centralizado em efetuar o carregamento e descarregamento das placas, e

eventualmente de meios auxiliares de produção, tais como, recolha de *containers* de placas diretamente do supermercado para os equipamentos de fresagem e teste. Esta tarefa não standard é efetuada sempre que o *Milk run* não tem disponibilidade para a executar e assim, minimiza-se as perdas por paragem de equipamentos.

O arranjo de células de trabalho é o resultado de estudo cuidado para a criação de trabalho standard devidamente documentado em *Standard Sheets* (SS) para cada célula. Nas SS são detalhadas todas as tarefas de cada operador e registados todos os tempos operatórios, de mão-de-obra, designados de tempos-homem, e máquina. Pode assim ser possível, em função das informações dos SS fazer o cálculo do número de peças máximo estimado a produzir por cada operador durante cada turno. O tempo-homem, é independente da placa carregada e sujeita a teste ou fresagem qualquer que seja o número ou tipos de componentes. Contudo que o *layout* dos postos de trabalho se mantenha os tempos de deslocamento para cada tarefa também não se altera em função da placa. No que respeita ao tempo-máquina por placa, as coisas são diferentes: devido às características diferenciadas das placas, e.g. geometrias e dimensões das placas a fresar, o tempo-máquina para cada placa é normalmente diferente, i.e. depende do tipo de placa.

A título exemplificativo faz-se a seguir (Figura 32) uma análise ao TS do operador 1, responsável pela operação de uma célula constituída por quatro sistemas de teste e duas fresadoras. Na célula podem ser produzidos entre dois e quatro tipos de placas distintas, de forma que, cada fresadora pode fresar dois tipos de placas diferentes. Analisando a célula do operador 1, podem ser alocados os quatro sistemas de teste às duas máquinas de fresar, dois testes para cada máquina de fresar, ou porventura, caso existam placas que não necessitem de fresagem, sendo apenas necessário um teste, podem ser alocados dois sistemas de teste a duas fresadoras e, os restantes sistemas de teste a testar placas distintas. Em todas as situações descritas, os tempos de operações são sempre diferentes, uma vez que nas fresadoras como referido fresam-se produtos diferentes logo terão tempos de fresagem distintos. Nos sistemas de teste, os tempos variam em função do tipo de placa, ou porventura, para a mesma placa, o tempo de teste pode depender do tipo de equipamento. Através da cronometragem do tempo de teste de placas, verificou-se que, os equipamentos mais recentes, com uma data de fabricação superior, apresentam tempos de teste inferiores comparativamente aos mesmos equipamentos mais antigos. Esta variação deve-se às características do equipamento, que tem sido adaptada às necessidades do cliente, e neste sentido, conseguiram-se diminuir os tempos de processo.

 BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção	Linha / Célula	Produto / nº de tipo / Família	Quantidade
		MOE11	Célula 1	Vários PCB's	4329
Sequência de operadores / Total		Supervisor	Planeador	Data	Nº ciclos planeados
1 Operador(es)		Fernando Felicidade	Hugo Castro	12/06/2017	328,0
Sequência total de tarefas	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
29				Exportar tudo	Idioma: Português
					Funções: <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0233	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 36				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
4		Deslocamento ao ICT_0233				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0233	3,0			
6	11	Teste no ICT_0233		27,7		
7	12	Deslocamento ao ICT_0112				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0112	3,0			
9		Deslocamento à fresa 36				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
11		Deslocamento ao ICT_0112				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0112	3,0			
13	39	Teste no ICT_0112		58,5		
14	44	Deslocamento ao ICT_0115				1,7
15	46	Retirar PCB testado do ICT_0115	3,0			
16	94	Deslocamento à fresa 37				0,5
17	47	Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
18	48	Deslocamento ao ICT_0115				0,5
19	49	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0115	3,0			
20	50	Teste no ICT_0115		50,0		
21	51	Deslocamento ao ICT_0114				1,2
22	34	Retirar PCB do ICT_0114	3,0			
23		Deslocamento à fresa 37				0,5
24		Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
25		Deslocamento ao ICT_0114				0,5
26		Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0114	3,0			
27		Teste no ICT_0114		50,4		
28		Deslocamento ao ICT_0233(Retorno)				3,0
			36,00	299,77	0,00	10,80
					46,8	

Figura 32- Descrição de trabalho standard operador 1

Os tempos dos equipamentos apresentados na Figura 32 são relativos à média de tempo de cada placa em cada equipamento, uma vez que devido à diversidade de placas diárias que se verifica, não é possível adotar um *standard* por célula.

Na Figura 33 é possível visualizar um gráfico que demonstra a ocupação do operador 1 em cada ciclo de trabalho, nomeadamente as seis máquinas que são responsabilidade do operador 1.

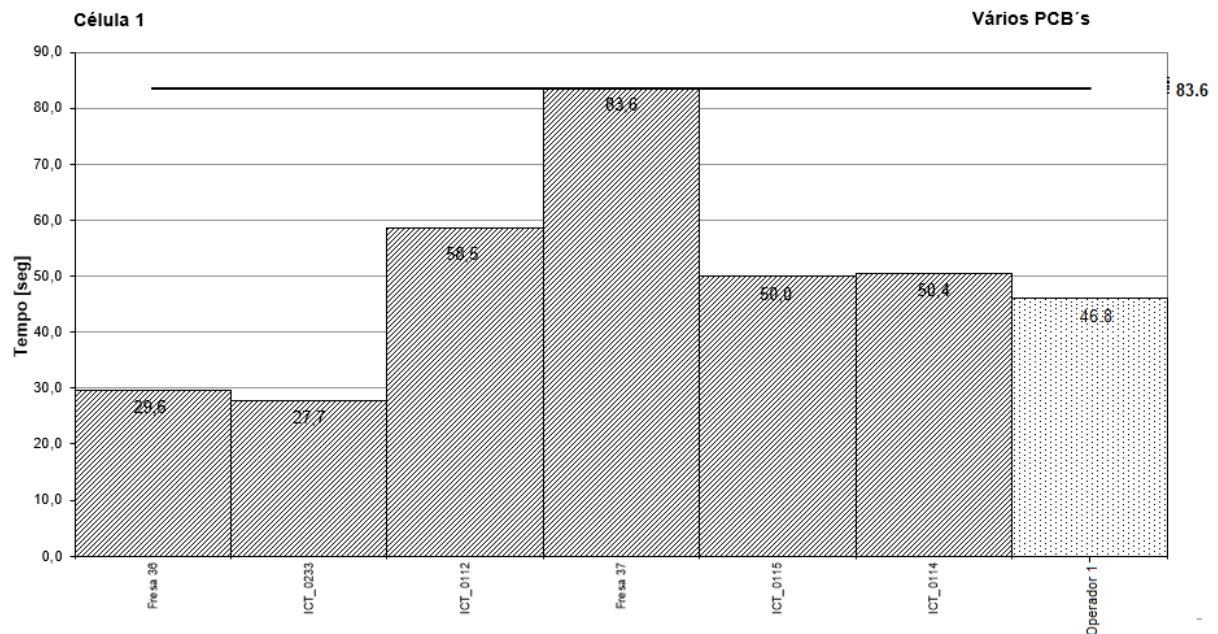


Figura 33- Ocupação do operador 1 por ciclo de trabalho

Assim observa-se que o Fresa 37 é *bottleneck* do processo com um tempo de teste de 83,6 segundos. Na barra do lado direito, é possível ver que o tempo-homem é de 46,8 segundos, no qual estão incluídas todas as tarefas que o operador executa incluindo deslocamentos e outros movimentos.

O estudo operatório das restantes células é descrito oportunamente em secções posteriores desta dissertação.

4.3.2 Planeamento e controlo da produção

A determinação das quantidades de cada referência, i.e., produto a produzir, é função dos pedidos dos clientes.

O Departamento de Logística é responsável por receber e agrupar os pedidos dos vários clientes, e determinar as quantidades e datas de entrega de cada pedido. As quantidades a fabricar são, então, estabelecidas em dois planos de necessidades de produção: um para o departamento MOE1 e outro o MOE2. Cada plano, tem um horizonte de planeamento de sete dias, no entanto pode ter variações caso haja alguma exigência da logística ou do cliente. Por sua vez, estes departamentos são responsáveis por elaborar um plano de produção diário para cada uma das

suas linhas ou células de produção. A produção e taxa de produção diária em cada um destes departamentos deve ser sincronizada e coerente como plano de cinco dias da logística de forma a poder assegurar sem sobressaltos, o cumprimento das datas de entrega prometidas aos clientes, tornar o processo produtivo eficiente e balancear o fluxo de materiais e os *stocks* em curso de fabrico entre os departamentos.

Na secção da MOE1, são elaborados diariamente dois planos de produção, um para as linhas de inserção automática e outro para a *Pool*. Os planos são determinados em função das necessidades diárias e de acordo com as necessidades e cadência produtiva de cada produto. Aquando da elaboração destes planos, deve garantir-se que a linha de inserção automática cumpre, com rigor, o seu plano de produção. Desta forma é garantido o abastecimento contínuo e sincronizado do supermercado de placas da *Pool*, conduzindo a mesma ao cumprimento do seu plano. Numa fase posterior, garante-se que as placas fresadas e testadas são requeridas pelas linhas manuais ou finais, evitando que estas parem devido à falta de material.

Na secção da MOE1, a informação do plano produtivo de cada linha de inserção automática é entregue diariamente em formato papel aos chefes de linha. Adicionalmente as quantidades e referências a produzir são inseridas no sistema *e-Kanban* pelo departamento de planeamento.

O relatório de produção desta área pode ser visualizado através do sistema MIS (Management Information System), internamente acessível por todas as unidades produtivas. Este sistema reporta as quantidades e referências de unidades produzidas na *Pool*, linhas manuais e finais através de camaras de leitura colocadas nas partes finais dos equipamentos, é feita a leitura dos códigos de barras das placas, e assim é reportado todo o histórico das linhas. Para além disso, qualquer informação importante do progresso da produção disponível neste sistema de informação é atualizada em tempo real pelo sistema de controlo das máquinas de produção, através da leitura do código dos diferentes postos produtivos. Esta informação é requerida para conveniente planeamento e controlo da produção na *Pool*.

Um outro sistema que está instalado em todas as linhas da inserção de placas é o sistema ANDON, que permite aos operadores da linha visualizar através de um ecrã colocado no fim da linha o estado produtivo da mesma, exibindo a quantidade de placas planeadas e as produzidas, bem como o indicador OEE (*Overall Equipment Efficiency*) que avalia a eficiência de um equipamento ou sistema durante o tempo de processamento, sendo uma ferramenta essencial para medir as perdas e avaliar o desempenho (Santos, Silva, & Almeida, 2010). Esta informação é necessária para o operador conhecer a sua prestação e compará-la com os objetivos, avaliando o seu trabalho.

Na secção da MOE2, o planeamento e controlo produtivo é muito diferente e mais avançado comparativamente à secção da MOE1. O departamento de logística dá a conhecer à secção de MOE2 as quantidades a produzir a cada 7 dias. Por sua vez, o departamento MOE2 faz um plano de produção diário para toda a semana, que é controlado através do sistema *e-kanban*. Neste sistema é introduzido diariamente o plano de trabalho diário, ao qual, cada turno tem sempre as quantidades e referências do produto disponíveis e, conforme se vão produzindo as quantidades requeridas, automaticamente o sistema remove estas quantidades do plano diário de produção. Além deste sistema de gestão, existe ainda um *software* designado de *Bcore* que permite uma monitorização de todas as linhas manuais e finais, mantendo informações importantes tais como quantidades previstas e quantidades produzidas em cada turno, número de paragens ou avarias, OEE da linha por hora e por turno, indicadores de qualidade, entre outros. Na Figura 34 mostra-se uma das funcionalidades descritas deste *software*. Toda a informação está disponível quer para o chefe de linha, quer para os operadores. Existe um monitor na linha que indica em tempo real o status do turno, e outro monitor no final da linha que permite a cada operador verificar o histórico de produtividade de outros turnos.

Toda esta informação está permanente visível quer para o chefe de linha, quer para os operadores através do monitor que indica, instantaneamente, o *status* do turno e, no final da linha outro que permite a cada operador verificar o histórico de produtividade turnos presentes e passados.



Figura 34- Exemplo de funcionalidade do sistema Bcore

4.4 Análise crítica de identificação de problemas

Nesta secção é realizada uma análise crítica de funcionamento da *Pool* com identificação dos problemas encontrados, enquadrando-os nas seguintes temáticas:

1. Sistema de controlo produtivo;
2. Planeamento da produção;
3. Capacidade produtiva da *Pool*;
4. Nivelamento de produção;
5. *Layout* da área produtiva;
6. *Value Stream Mapping*.

4.4.1 Controlo produtivo

A *Pool* não tem um procedimento formal eficaz de afetação das placas às máquinas para processamento. Além disso, não existe um controlo adequado no sentido de equilibrar o fluxo de materiais de forma a atender às necessidades de montagem. Na verdade, produzem-se quantidades maiores que as necessárias em certos períodos, criando situações de quebras de fornecimento de outras placas noutros períodos, isto é, o abastecimento dos supermercados não está a ser feito de acordo com as necessidades da montagem.

Na *Pool*, não existe, por um lado coordenação da atividade e fluxo de materiais com as linhas de montagem manual e final, e por outro ou procedimentos que permitam conhecer, com a antecipação necessária, a referência de placas a receber por parte da inserção automática. O atual método de trabalho é confuso e ineficaz, gera grandes perdas produtivas. O modelo atual, de entrega do plano de necessidades diárias em formato papel, é o único método existente para conhecer as placas a produzir diariamente em função do planeado. Este método não prevê alterações no plano, que ocorrem devido a perturbações de funcionamento, causadas, por exemplo por avarias ou paragens não planeadas das linhas de inserção automática ou por falta imprevista de materiais nas linhas de montagem manual ou final. Esta situação é recorrente devido, frequentemente, ao abastecimento não atempado, ou não apropriado, de materiais. O plano de produção, que sem tais perturbações poderia facilmente ser cumprido, por um processo de coordenação da produção entre secções assente no sistema *e-Kanban* é frequentemente perturbado, por se alterar, por razões por vezes justificadas e por vezes não justificadas, a sequência de execução da produção e mesmo as quantidades a produzir em cada período, de cada referência, em relação ao estabelecido no plano de produção. O atual procedimento de coordenação e controlo da atividade produtiva seria viável se estivéssemos perante um processo

não sujeito a perturbações. Assim, qualquer variação no plano de receção e de entrega de materiais, ou placas gera sérias dificuldades de reação e perdas de eficiência e eficácia no cumprimento do planeado.

Semanalmente, é feita uma reunião entre as chefias dos vários departamentos que visa, contabilizar o número total de perdas produtivas em cada secção da fábrica, cuja contabilização identifica o número total de produtos finais não produzidos em cada linha bem como, as respetivas causas dessas mesmas perdas. Neste sentido, foi feita uma análise ao número de produtos não produzidos pelas linhas manuais e finais por falta de abastecimento de placas da *Pool*. Na *Tabela 3*, é apresentado o somatório do número total de placas não produzidas pelas linhas em cada mês durante 12 meses. É possível verificar que, durante o prazo observado, o total de produtos não produzidos foi de 186 663 unidades. Admitindo-se um valor médio de venda de 110€ por produto, isto representa um total de 20 532 930 euros não faturados por falta de entrega de placas da *Pool*.

Tabela 3- Perdas de produção das linhas manuais e finais

MÊS	PERDAS DE PRODUÇÃO (uni)	VOLUME PERDAS (€)
ago/16	2738	301180
set/16	52999	5829890
out/16	6454	709940
nov/16	11252	1237720
dez/16	1873	206030
jan/17	15903	1749330
fev/17	8720	959200
mar/17	21997	2419670
abr/17	18282	2011020
mai/17	27095	2980450
jun/17	13189	1450790
jul/17	6161	677710
Total	186663	20 532 930 €

A existência de um sistema de controlo produtivo integrado e bem pensado poderia permitir uma melhor coordenação da produção entre as linhas de montagem manual e final e as linhas de inserção automática. No total das 60 linhas após a *Pool* e cerca de 31 linhas antes da mesma, as alterações ao plano, só são sentidas na *Pool* quando forem requeridas outras placas. As alterações ao plano, provocam atrasos na capacidade de resposta da *Pool*, ou por não conseguir entregar placas às linhas manuais e finais ou, acumulação de *stock* de placas em supermercados oriundas da inserção automática. De facto, deverá haver tanto rigor quanto possível no

cumprimento dos planos e, ao mesmo tempo, assumindo que apesar disso algumas perturbações surgirão inevitavelmente, medidas devem ser desenhadas para uma resposta eficaz a tais perturbações.

O segundo problema diz respeito à falta de um sistema para controlo dos supermercados da *Pool*, i.e., o de *containers* contendo placas para fresar ou testar e ainda o de caixas de placas fresadas e testadas para enviar para as linhas de montagem manual e final. Como é possível verificar na (Figura 35), a falta de um sistema de controlo provoca igualmente enormes quantidades de *stocks* intermédios, ao qual os supermercados destinados a colocação dos mesmos está constantemente lotado e, é necessário acumular *stock* de *containers* numa área envolvente, apoiados sob paletes. Além deste facto, há ainda perda de produção e perda de tempos com recursos, neste caso em específico, operadores, devido à falta de identificação e standard dos *containers* em supermercado.



Figura 35- Armazenamento de *stocks*

A falta deste controlo provoca um total desconhecimento das referências de placas e respetivas quantidades existentes em *stock*. Além deste facto, a posição dos *containers* em supermercado, não segue uma ordem ou standard e como tal, não existe um sistema de 5S que permita uma gestão visual facilmente identificável. Na constante necessidade de efetuar o levantamento de *containers*, não é possível antecipadamente conhecer se existe de facto as quantidades de referências requeridas e, a possível localização. O mesmo se sucede com placas fresadas ou testadas, uma vez que a colocação destas placas no supermercado, não carece igualmente de um controlo em sistema. A reposição de caixas de produto acabado em supermercado, é efetuada pelo operador da célula até que atinja a quantidade máxima de placas por caixa. No supermercado, as estantes estão devidamente identificadas para que o *Milkrun* possa rapidamente identificar e levantar as caixas produzidas, no entanto, este não sabe

antecipadamente se existe de facto a caixa com as placas que as linhas requerem, apenas através de levantamento físico. Aliado a este problema sem solução aparente, são aumentados os *stocks* em ambos os supermercados da *Pool*, permitindo assim um maior conforto na capacidade de reposta às linhas manuais e finais.

É importante que exista na *Pool* um sistema para controlo de eficiência da área produtiva como o *Bcore* atrás referido. Aparentemente a dificuldade de o implementar, na *Pool*, está na inexistência de dados que tem de tratar. Estes incluem dados relativos à entrada e saída de materiais, i.e. artigos, à *Pool*, que não existem por falta de controlo do fluxo de materiais e ainda dados precisos e atualizados relativos a previsões de produção e tempos operatórios e de ciclo na *Pool*, que também não existem. Ora, não havendo um conhecimento destes dados não é possível gerir a *Pool* de forma autónoma. Não se conhece também o número de placas produzidas em cada momento ou turno e os desvios em relação ao planeado assim como a produtividade do turno face aos demais turnos. Informação similar existe disponível nos monitores de linha de todas as áreas da fábrica, inserção automática, montagem manual e montagem final, mas não existe na *Pool*, não possibilitando um conhecimento fundamental para uma boa gestão da produção na *Pool* e assim facilitar a coordenação entre MOE1 e MOE2. Isto permitiria assegurar níveis de eficiência e eficácia elevados mesmo perante perturbações do plano, contanto que não fossem disruptivas, i.e. pudessem comprometer inevitavelmente o plano de produção. Nestas circunstâncias seria imperativo que o Departamento de Logística refizesse os planos numa lógica realista para a sua concretização.

4.4.2 Planeamento da produção

A medição dos tempos de fresagem e de teste de cada tipo de placa, geralmente por cronometragem, é feita pelo Departamento de Engenharia (TEF6). Estes tempos permitem departamento de planeamento da MOE1, efetuar um planeamento aparentemente realista, tendo em atenção a capacidade da *Pool*. Esta capacidade é medida em horas de trabalho e obtida multiplicando o tempo total útil disponível pela quantidade de máquinas. Este procedimento é aplicado tanto à fresagem como ao teste de placas.

A carga de fresagem diária, sujeita à capacidade de fresagem disponível, é determinada pelo tempo de processamento de cada placa multiplicado pelo número de placas necessárias para o dia. A determinação da carga assume que todas as fresadoras podem fresar qualquer placa e, por conseguinte, podem ser utilizadas ao mesmo nível. O facto de isto não se verificar na prática, devido à falta de programação da totalidade das placas em todas as fresadoras, compromete a viabilidade de satisfazer o programa de produção. De facto, tal situação ocasiona

que em muitos períodos do dia algumas fresadoras estejam sobrecarregadas enquanto outras ficam parcialmente paradas resultando numa utilização máxima inferior a 50% em alguns dias. Portanto o pressuposto de que as fresadoras seriam todas utilizadas ao mesmo nível não se verifica havendo por isso uma perda de utilização das fresadoras da *Pool* e por isso uma impossibilidade de satisfazer a carga diária planeada ou o programa de produção, isto é, de usar a capacidade da *Pool* ao nível planeado.

Teoricamente qualquer fresadora poderia fresar qualquer tipo de placa. Na prática, no entanto, isso não é permitido devido ao desempenho diferenciado das fresadoras na fresagem. Assim, cada fresadora fresa um número limitado de tipos de placas, podendo por norma cada placa ser fresada em uma ou duas fresadoras. Esta restrição é uma das razões para a criação de sobrecarga em algumas fresadoras em relação a outras, quando a mistura de placas não é apropriadamente homogénea para fazer uso equilibrado de todas as fresadoras.

Aparentemente, no planeamento local da *Pool*, não há nenhuma política de distribuição equilibrada da carga de fresagem pelas fresadoras. A sua distribuição é condicionada aos programas de produção existentes sem a real perceção das consequências disto, por parte dos responsáveis de operação da *Pool*, perante as limitações de afetação de placas às fresadoras acima referidas.

A perceção de falta aparente de capacidade da *Pool* tende a induzir a Direção da empresa a comprar fresadoras adicionais, para a satisfação da produção atualmente requerida. Cabe perguntar, perante as considerações acima feitas, se não seria mais apropriado fazer uma melhor avaliação das necessidades depois de um estudo aturado de planeamento da produção e gestão operacional da *Pool* antes de se concluir pela compra de equipamentos adicionais. Provavelmente um processo melhorado de planeamento e controlo da atividade produtiva na *Pool* poderá eliminar muitos dos problemas detetados ou, no mínimo reduzir o seu impacto negativo na eficiência da produção e na eficácia da satisfação dos programas de produção.

4.4.3 Capacidade produtiva da *Pool*

Todos os anos a Bosch Car Multimédia Braga, prepara o BP “*Business Plan*”, com o objetivo de transmitir à Administração a capacidade de resposta das linhas de montagem às quantidades requeridas pelos clientes. Neste plano, são consideradas as previsões de produção requeridas pelos clientes e a capacidade de resposta a esses pedidos, em função da capacidade instalada.

A determinação rigorosa da capacidade produtiva requer o conhecimento dos tempos operatórios de cada produto ou componente em cada posto de trabalho, o tempo de mão-de-obra envolvido na fabricação de cada artigo, o número de postos de trabalho e a sua utilização

esperada. Os tempos operatórios e de mão-de-obra devem ser estabelecidos na base de métodos claros e bem definidos. Os métodos de determinação de tempos efetivamente necessários e, conseqüentemente os próprios tempos operatórios não estão bem determinados para a gama de placas e respetivas tarefas a executar na *Pool*.

No processo de determinação da capacidade produtiva da *Pool* é necessário ter em conta não só a sequenciação de operações e disponibilidade de equipamentos, mas também o seu tempo operatório (Figura 36). O tempo de teste e de fresagem variam de acordo com o tipo ou referência da placa sendo em casos o tempo de teste superior ao tempo de corte e noutros ao contrário. Em qualquer caso, o processo mais rápido deverá sempre aguardar pelo término do processo anterior, para receber o trabalho, ou pelo posterior para o poder encaminhar. Pretender fazer melhor utilização da máquina mais rápida retirando o operador a placa da máquina para carregar outra, i.e., fazendo o que se designa de *handling* ou manuseamento supérfluo, é uma ilusão, já que é o *bottleneck*, i.e. a máquina mais lenta, que restringe o *output*, i.e. que determina a utilização das máquinas com trabalho encadeado. Designa-se por manuseamento supérfluo aquele que é desnecessário por não acrescentar valor ao produto. Por exemplo, se o processo A tem um tempo de teste por placa de 15 segundos enquanto que o processo B tem um tempo de fresagem de 20 segundos, após o processo de teste, o operador necessita de aguardar cerca de 5 segundos pelo término do processo B. Perante este cenário, o operador poderia retirar a placa testada e carregar uma outra para teste (o que exigiria local de armazenagem temporária) na suposição de que garantiria uma maior utilização do equipamento de teste. No entanto, as placas testadas terão de ficar em espera e o *output* do conjunto teste fresagem seria determinado pela duração da operação no processo B, o processo *bottleneck*, a um ritmo imposto pelo tempo de ciclo de 20 s.

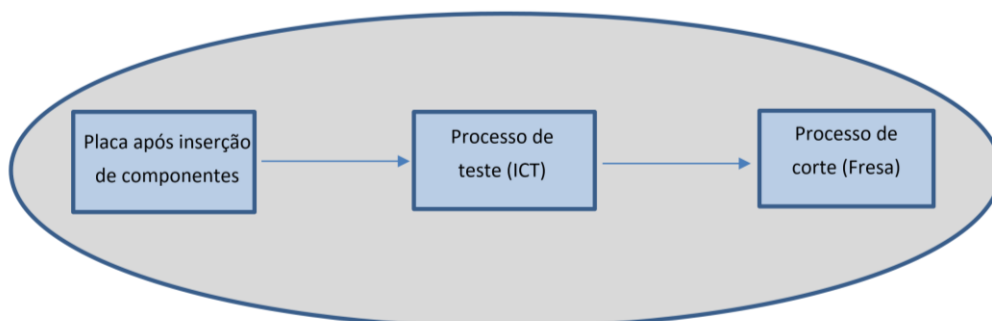


Figura 36- Exemplo de um sistema produtivo

Para cálculo da capacidade instalada (Tabela 4), foram considerados 229 dias de trabalho durante 24 horas por dia. Para efeitos de exemplificação, não foram consideradas todo o tipo de paragens existentes que são normalmente subtraídas ao número de horas efetivas diárias.

Tabela 4- Exemplo de cálculo da capacidade do sistema produtivo da *Pool*

	Cliente									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Total
Quantidade anuais (uni)	120000	190000	90000	150000	80000	70000	50000	70000	140000	960000
Tempo de fresagem (seg)	12	15	17	13	10	8	14	10	16	115
Tempo de teste (seg)	20	10	12	19	13	11	8	9	18	120
Tempo <i>bottleneck</i> (seg)	20	15	17	19	13	11	14	10	18	137
Tempo necessário de processo p/ cliente (seg)	2400000	2850000	1530000	2850000	1040000	770000	700000	700000	2520000	15360000
Utilização p/ cliente	12,13%	14,40%	7,73%	14,40%	5,26%	3,89%	3,54%	3,54%	12,74%	77,63%
Tempo disponível anual (seg)	19785600									100%

Para efeitos do cálculo do BP, é necessária uma abordagem mais rigorosa devido à complexidade de variantes e produtos. Casos há em que as placas necessitam apenas do processo de fresagem, e outros em que, além da fresagem é necessário executar dois testes à placa, i.e. os testes ICT e FCT, em vez de apenas o teste ICT, a situação mais comum.

Há, portanto, necessidade de organização e estudo industrial da atividade da *Pool* em duas dimensões:

- Identificação das tarefas a executar em cada placa e determinação dos respetivos tempos de execução das tarefas em cada posto, além dos tempos de mão-de-obra envolvidos;
- Determinação mais precisa da capacidade produtiva tendo em conta a sequenciação das ordens de produção relativas às encomendas e ainda a sequência de execução de todas as operações em cada placa, i.e. operações de fresagem operações de teste.

Subjacente à primeira dimensão está a necessidade de estabelecimento de métodos para a determinação de tempos.

Portanto:

- 1) a primeira dimensão requer:

- Identificar as tarefas de produção efetivamente necessárias (de valor acrescentado ou não) que se têm de executar na *Pool*;
 - Determinar métodos *standard* de execução de cada tarefa;
 - Associar cada tarefa a cada artigo e determinar uma forma de estabelecer o seu tempo operatório.
- 2) E a segunda centra-se no cálculo de capacidade baseada na primeira, sendo que este cálculo pode ser feito em duas perspetivas:
- A perspetiva de *output*: Cálculo do uso de capacidade face a um BP proposto;
 - A perspetiva de *input*: Estimativa da capacidade disponível para ajudar a definir o BP.

Na perspetiva de *output* é calculada a capacidade necessária para satisfazer um programa de produção, associado ao BP, que define as quantidades de artigo a produzir para os próximos períodos (semanas ou meses) de acordo com o horizonte do programa de produção. Na perspetiva de *input* é estimada a capacidade produtiva baseada numa estimativa de mistura de produtos a fabricar nos próximos períodos. Esta mistura deverá estar em pleno acordo com o BP para as próximas semanas ou meses e serve para confirmar a viabilidade do BP e eventualmente ajustá-lo face a eventuais restrições de capacidade.

A definição dos métodos para cada tarefa deve claramente identificar o método de execução da tarefa, definindo também os meios a utilizar, operadores, equipamentos, ferramentas e programas de controlo de equipamento ou teste, os ciclos de múltipla atividade ou de atividade autónoma (de equipamentos e operadores), assim como, e muito importante, os tempos de execução das tarefas e operações *standard*.

Estabelecidas as tarefas, métodos e tempos, é possível calcular a capacidade produtiva, na base ou de um programa de produção, claramente definindo as quantidades necessárias, ou de uma estimativa agregada da quantidade a produzir. Esta estimativa exige o conhecimento da proporção de cada um dos tipos de artigo que se prevê produzir no sistema bem como os seus tempos operatórios.

Nesta fase, consideram-se os produtos que são produzidos atualmente cujos tempos operatórios se conhecem e ainda os produtos cotados e aceites pelo cliente que, serão objeto de integração no BP no curto e médio prazo

A fase de cotação de produtos ocorre antes do cálculo do BP, de um modo geral, numa primeira instância dá-se a cotação do produto, onde é apresentado o produto ao cliente, as suas funcionalidades, descritas todas as operações, materiais e tempos de produção nos diversos

processos que esse produto incorre. No caso de os produtos terem interesse para o cliente, este define as quantidades e prazos desejados de entrega, dados determinantes para a sua integração no BP.

Os prazos de produção de produtos novos, nas suas várias fases ou processos é normalmente definido com base no conceito de variantes, i.e. produtos semelhantes com processos operatórios semelhantes, pertencentes a uma dada família de produtos. Estes tempos deverão ser tão rigorosos quanto possível. Por um lado, se os tempos forem excessivos inflacionam os custos de produção do produto e, por conseguinte, o preço que o cliente poderá não aceitar pagar e, portanto, declinar a compra, com consequente perda de mercado. Por outro lado, se forem inferiores aos tempos efetivamente necessários, a empresa pode estabelecer um preço economicamente desvantajoso para a mesma.

No sentido de avaliar o rigor na determinação da capacidade produtiva e dos tempos operatórios de produção das placas foi feito um estudo cuidadoso. Assim, começou-se por analisar o ficheiro de capacidade que visa determinar se as fresadoras existentes suportam as quantidades necessárias para entrega ao cliente nos prazos acordados determinado pelo programa de produção. Para isso, recorreu-se aos seus tempos operatórios já estabelecidos bem como às quantidades de placas que, são retratados na Tabela 5, para os produtos de um dado modelo de automóveis de um dado cliente. Cada produto fabricado na Bosch para este modelo de automóvel, tem placas distintas por razões e restrições diversas, tais como país e /ou cliente a que se destina o automóvel. As restrições em questão, podem impor, na fase de desenvolvimento do produto, alterações no design da placa de base, podendo cada placa ter um número variável de PCB's (Printed Circuit Board) e diretamente, tempos de fresagem distintos. De acordo com a Tabela 5 a análise centralizou-se no mesmo cliente para o mesmo tipo de modelo, "Modelo ABC". Como referido acima, para o mesmo modelo poderá existir vários tipos de placas, com igualmente diferentes números de PCB's/EDT. Para este caso em específico, foram analisados produtos fresados na mesma fresadora, bem como os seus tempos de fresagem, cronometrados pelo departamento responsável por métodos e tempos. Por não existir um tempo de fresagem conhecido para as placas, é atribuído o maior tempo registado de placas da mesma família. Ora, pelo atual método e para este caso em específico, o maior tempo registado de fresagem foi 19,98 s /PCB o que perfaz um total 352,78 s no somatório dos tempos de fresagem da totalidade das placas. Este método tende a ser impreciso. Por um lado, se o tempo real de processamento fosse o menor valor encontrado, 15,48 s, o tempo total para fresagem de placas seria de 312,32 s, menos 11,47% face ao valor anterior. Noutro cenário poder-se-ia optar, pela média de tempo por placa, i.e. 17,30 s, o que totalizaria 328,67 s para a

fresagem de todas as placas, tendo assim menos 6,83% face ao método atual que adota o maior tempo registado numa placa semelhante.

Tabela 5- Exemplo modelo atual para determinação de tempos de fresagem

Referência de placa	Modelo	Pcb's/EDT	Fresa	Tempo cronometrado	Tempo teórico	Tempo assumido
A1B1C1	Modelo ABC	12	39	15,48	-	15,48
A2B2C2	Modelo ABC	6	39	-	19,98	19,98
A3B3C3	Modelo ABC	8	39	-	19,98	19,98
A4B4C4	Modelo ABC	12	39	16,41	-	16,41
A5B5C5	Modelo ABC	8	39	19,98	-	19,98
A6B6C6	Modelo ABC	8	39	19,68	-	19,68
A7B7C7	Modelo ABC	12	39	-	19,98	19,98
A8B8C8	Modelo ABC	12	39	16,50	-	16,50
A9B9C9	Modelo ABC	6	39	19,08	-	19,08
A10B10C10	Modelo ABC	12	39	16,50	-	16,50
A11B11C11	Modelo ABC	12	39	15,60	-	15,60
A12B12C12	Modelo ABC	12	39	16,37	-	16,37
A13B13C13	Modelo ABC	6	39	17,37	-	17,37
A14B14C14	Modelo ABC	8	39	-	19,98	19,98
A15B15C15	Modelo ABC	8	39	-	19,98	19,98
A16B16C16	Modelo ABC	5	39	-	19,98	19,98
A17B17C17	Modelo ABC	24	39	-	19,98	19,98
A18B18C18	Modelo ABC	24	39	-	19,98	19,98
A19B19C19	Modelo ABC	8	39	-	19,98	19,98

O estudo do trabalho e de tempos é crítico para avaliar a viabilidade económica e a disponibilidade da capacidade produtiva existente na *Pool*, oferecendo informação útil e precisa à Gestão para programar a produção e avaliar da necessidade de capacidade adicional, em operadores e/ ou equipamento, ou a afetação de recursos de fresagem em excesso a secções diferentes, por exemplo afetação de fresadoras para fresagem nas linhas de montagem, em vez de o fazer na *Pool*.

4.4.4 Nivelamento de quantidades

Liker (2004) afirma que o objetivo de uma produção nivelada é balancear o volume de produção bem como o *mix* de produtos através da desagregação de encomendas dos clientes (Bohnen, Maschek, & Deuse, 2011; Liker, 2004)

Segundo Liker (2004), existem quatro vantagens da adoção de produção baseada no nivelamento: flexibilidade para produzir e entregar os produtos encomendados pelos clientes nas respetivas datas, reduzir o risco de produtos não vendidos, balancear a utilização de recursos e suavizar a procura nos processos a montante e nos fornecedores da fábrica.

As vantagens claras de uma produção nivelada não estão a ser aproveitadas pelo atual sistema. Como referido anteriormente, o Departamento de Logística recebe as quantidades de produção

dos variadíssimos clientes e posteriormente dá a conhecer essas mesmas quantidades ao departamento da MOE1, através de um plano ou programa detalhado de produção a cada 7 dias deslizantes. Por sua vez, o departamento da MOE1, efetua o planeamento diário e dá a conhecer as quantidades necessárias diárias. Como referido, cerca de 80% das linhas manuais e finais laboram somente 5 dias por semana, enquanto a *Pool* labora 7 dias semanais para assim garantir o abastecimento das 20% de linhas manuais e finais que laboram continuamente durante 7 dias. Neste modelo de laboração continua, a ocupação dos equipamentos de fresagem e de teste, encontram-se subaproveitados como é possível observar na Tabela 6, onde, a ocupação média (O.M.) das fresas é de 68%, a dos FCT's é de 29% e, dos ICT's de 38%.

Tabela 6- Ocupação dos equipamentos pelo modelo atual

OCUPAÇÃO DAS FRESAS (%)							
F35	F36	F37	F38	F39	F51	F48	O.M.
100%	53%	95%	44%	72%	61%	52%	68%

OCUPAÇÃO DOS FCT (%)									
FCT20_0011	FCT20_0301	FCT20_0302	FCT20_0303	FCT30_0010	FCT10_0001	FCT20_0032	FCT20_0226	FCT20_2101	O.M.
9%	100%	100%	22%	8%	0%	15%	0%	6%	29%

OCUPAÇÃO DOS ICT (%)									
ICT_1	ICT_26	ICT_27	ICT_103	ICT_104	ICT_105	ICT_106	ICT_107	ICT_108	ICT_110
0%	63%	0%	79%	31%	91%	71%	3%	38%	1%
ICT_111	ICT_112	ICT_113	ICT_114	ICT_115	ICT_220	ICT_233	ICTT_11	ICT_236	O.M.
3%	14%	5%	100%	53%	17%	74%	0%	70%	38%

Para além deste facto, este modelo permite acumular *stocks* em supermercado para evitar a falta de abastecimento das linhas durante os 5 dias úteis semanais, ora por falta de gestão diária, ora por falta de mudanças do plano diário, ora por falta de abastecimento de placas por parte da MOE1. Na Figura 37, faz-se uma análise qualitativa entre a produção de placas da *Pool*, consumo de placas das linhas manuais e finais e ainda, o *stock* existente em supermercados.

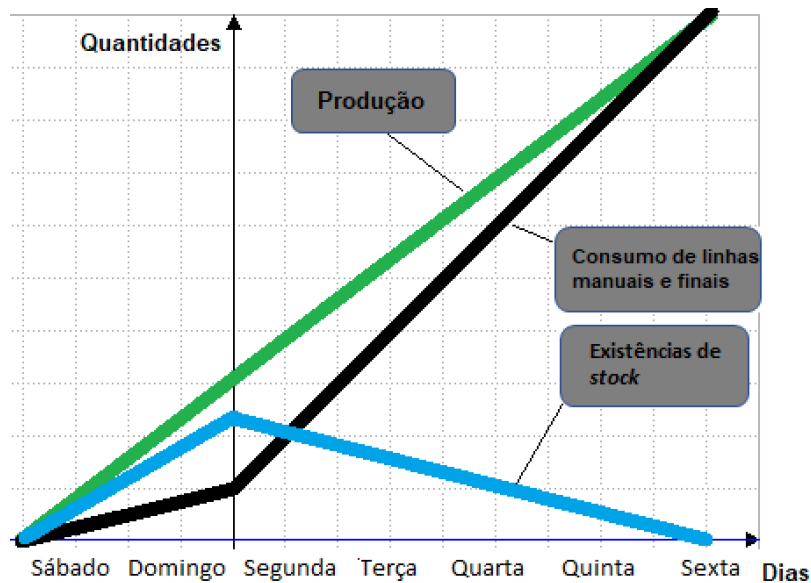


Figura 37- Gráfico de variação de quantidades semanais

Pela análise à Figura 37, é possível verificar três divergências:

1. Produção: variação relativa à quantidade de placas produzidas na *Pool* ao longo da semana;
2. Consumo: variação relativa ao consumo das linhas manuais e finais ao longo da semana;
3. Existência: variação relativa à quantidade de *stock* de placas acumuladas em supermercado ao longo da semana.

Os problemas atuais, mostram falta de nivelamento e balanceamento de produção. Nos dias de fim de semana, a produção da *Pool* labora com o mesmo número de operadores e de equipamentos utilizados nos dias úteis, 9 operadores, no entanto produz metade da capacidade da linha e também menor quantidade comparativamente aos dias úteis, devido ao facto das quantidades a produzir serem significativamente inferiores comparativamente aos dias úteis. Isto resulta do reduzido número de linhas de montagem necessárias para abastecer e também, porque estes dias são dedicados à produção para *stock* para assim aumentar as quantidades armazenadas em supermercados. A redução desnecessária de produção na *Pool* nos dias de fim de semana tem impacto negativo na produção da empresa por reduzir o *output* possível nas linhas de montagem, como se mostra na Figura 37.

No primeiro dia útil da semana, segunda-feira, verifica-se uma elevada quantidade de placas em *stock*, devido à laboração dos dois dias anteriores. Ao longo da semana, é notado um aumento no consumo de placas das linhas manuais e finais face à quantidade produzida pela *Pool*, e, a quantidades de placas acumuladas em supermercado serve de compensação na entrega, diminuindo assim as quantidades armazenadas ao longo da semana.

Durante a semana, existe um equilíbrio no sistema, a quantidade de placas produzidas e o consumo das linhas mantém-se constante, e o *stock* de placas reduz ligeiramente, mas de forma igualmente constante. No último dia da semana, sexta-feira, o *stock* é quase nulo, estando, a *Pool* a fornecer quase todas as placas diretamente para as linhas de montagens manuais e finais. Há normalmente uma maior quantidade produzida devido à necessidade de fornecimento constante e escassez de *stock* em supermercado resultante da variabilidade de consumo.

Assim, este tipo de funcionamento não coordenado não assegura uma eficiente utilização dos recursos, resultando em redução de *output* e, não havendo cuidado no encadeamento da produção conforme o programa de produção pode, também, perder-se eficácia na satisfação de compromissos de quantidade e prazos de entrega dos artigos.

4.4.5 *Layout* da área produtiva

O *layout* atual da *Pool*, ilustrado na secção 4.3.1, é igualmente um ponto crítico que carece de uma rigorosa análise. Desde que foi decidido criar uma *Pool* de fresas, a área foi crescendo com a introdução de novos equipamentos ao longo dos tempos. Numa fase primária, era constituída por quatro fresadoras e catorze sistemas de teste. Com o aumento das quantidades a produzir foram introduzidos novos equipamentos, desde fresadoras e sistemas de teste. A implantação de novos equipamentos não foi alvo de análise estruturada: os equipamentos eram implantados na *Pool* um pouco ao acaso, conforme o espaço disponível. Para além disso, a disposição dos equipamentos instalados inicialmente nunca sofreu qualquer ajuste no sentido de melhorar a operacionalidade da *Pool*, fazer um melhor aproveitamento de máquinas e operadores, e proporcionar um local de trabalho mais organizado e mais ergonómico.

Perante tal situação de coisas e tendo em conta que uma boa implantação dos meios de produção e postos de trabalho, bem como a distribuição de trabalho pelos diversos operadores, pode trazer vantagens importantes ao funcionamento da *Pool*, foi feito um estudo da problemática operacional e dos ciclos de produção em cada posto associados aos operadores. Começou-se por fazer uma análise aos tempos operatórios e ciclos operativos dos operadores e máquinas. Nesta análise, considerou-se os tempos de ciclo de cada máquina, tempo de operação manual e tempos de descolamento de operadores. Na determinação do tempo útil de trabalho, existe uma premissa interna que refere que, não devem ser consideradas paragens não planeadas ou tempos de *change-over*, que diz respeito ao tempo usado durante a troca de ferramentas, bases ou *gripers* aquando da mudança de placa. Assim, Tabela 7 estão retratados os tempos por operador nas diversas áreas. O detalhe de tarefas realizado por cada operador encontra-se no Anexo I- Trabalho standard operadores- *Layout* antigodo presente relatório.

Tabela 7- Tempo de ciclo por operador

Tempo de ciclo								Tempo total (seg)	
Operador 1	Equipamento	ICT_0233	Fresa 36	ICT_0112	ICT_0115	Fresa 37	ICT_0114		
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	36,00	
	Tempo máquina	27,72	29,52	58,50	50,00	83,60	50,39	299,73	
	Deslocamento	1,40	1,00	2,40	1,40	1,00	3,60	10,80	
	Pcb's/ciclo	1,00	2,00	1,00	4,00	4,20	1,00		
Operador 2	Equipamento	ICT_0107	Fresa 38	ICT_0111	Fresa 36				
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	18,00			36,00	
	Tempo máquina	35,96	94,14	40,99	88,56			259,64	
	Deslocamento	1,40	1,00	2,90	2,10			7,40	
	Pcb's/ciclo	4,50	6,70	5,33	6,00				
Operador 3	Equipamento	ICT_0104	Fresa 39	ICT_0103	Fresa 37				
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	24,00			42,00	
	Tempo máquina	86,45	159,70	56,70	159,00			461,85	
	Deslocamento	1,40	1,00	1,80	1,20			5,40	
	Pcb's/ciclo	4,75	10,88	9,00	8,00				
Operador 4	Equipamento	ICT_0001	Fresa 35	ICT_0105	Fresa 38				
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	21,00			39,00	
	Tempo máquina	54,21	100,13	55,18	98,35			307,87	
	Deslocamento	1,40	1,00	1,80	1,20			5,40	
	Pcb's/ciclo	2,20	5,96	4,61	7,00				
Operador 5	Equipamento	Fresa 39	Fresa 51						
	Tempo homem	3,00	3,00					6,00	
	Tempo máquina	14,68	11,41					26,09	
	Deslocamento	3,40	3,40					6,80	
	Pcb's/ciclo	1,00	1,00						
Operador 6	Equipamento	ICT_0236	Fresa 51	Fresa 35					
	Tempo homem	6,00	3,00	6,00				15,00	
	Tempo máquina	27,72	34,23	33,60				95,55	
	Deslocamento	3,50	0,50	3,00				7,00	
	Pcb's/ciclo	1,00	3,00	2,00					
Operador 7	Equipamento	FCT20_0302	FCT20_0301	ICT_0027	FCT20_0303	FCT20_0011	ICTT_11	Bancada	
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	10,00	
	Tempo máquina	124,40	124,40	59,18	124,40	85,60	45,68	0,00	
	Deslocamento	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	
	Pcb's/ciclo	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	4,00	1,00	
Operador 8	Equipamento	ICT_0113	ICT_0106	FCT20_2101	ICT_0026	FCT30_0010	ICT_0108	FCT20_0226	ICT_0220
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Tempo máquina	93,63	17,86	100,00	31,04	159,60	77,42	100,00	27,72
	Deslocamento	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Pcb's/ciclo	8,75	7,20	1,00	1,66	4,00	2,53	1,00	1,00
Operador 9	Equipamento	Fresa 48-IN	Fresa 48-OUT						
	Tempo homem	3,00	6,00						
	Tempo máquina	33,84	22,56						
	Deslocamento	6,00	6,00						
	Pcb's/ciclo	3,00	2,00						

Analisando a Tabela 7, é possível identificar que com base nos trabalhos standard de cada operador e com base nos tempos operatórios de fabrico, foi possível verificar que os equipamentos, i.e., fresadoras e máquinas de teste, são os restritores ou *bottlenecks* do *output* da *Pool* em todas as áreas que estas existem, isto é, a mão-de-obra não é uma restrição face á capacidade de entrega. Como é possível verificar pelo *layout* fornecido onde demonstra o ciclo de cada operador, verifica-se que os operadores 7 e 8 não têm fresadoras associadas às células e como tal, os *Bottlenecks* são sistemas de testes. Devido à variabilidade de produtos existentes na *Pool*, não é possível adotar um *standard* de trabalho com bases em tempos fixos e como tal, os tempos fornecidos na tabela foram considerados através da média de tempo de placas por cada equipamento bem como o numero de PCB's/EDT. Assim, faz-se de seguida a descrição de cada consideração efetuada na Tabela 7:

1. **Tempo de espera por operador:** esta parcela determina o tempo de espera em segundos, entre o total das tarefas manuais juntamente com o somatório dos deslocamentos em relação ao *Bottlenecks* célula. Este tempo é considerado desperdício uma vez que, o resultado positivo indica que o operador tem um tempo de operação superior ao tempo máquina e como tal não está otimizado.
2. **Tempo de desocupação de máquinas:** esta parcela é igualmente quantificada em segundos e determina o tempo total de não aproveitamento dos equipamentos. Internamente, esta parcela é designada de VT Balanceado ao qual o valor é apresentado em minutos por cem peças. Nesta análise foi decidido apresentar em segundos por turno uma vez que não estamos perante uma encomenda firme, apenas é feita uma análise à capacidade de linha. A determinação é feita através do somatório entre o *Bottleneck* da célula com cada equipamento;
3. **Número de ciclos:** determinação do número de ciclos de cada operador mediante o *Bottleneck* da linha. O número de ciclos é igual ao tempo de trabalho útil em segundos, 27420 segundos sob o equipamento mais lento do sistema;
4. **Total placas produzidas:** a contabilização desta parcela foi determinada através da multiplicação do número de ciclos com o número total de placas produzidas por ciclo, também designada na tabela acima como PCB's/EDT;
5. **Tempo total operador:** aqui é feita uma contabilização do tempo utilizado por cada operador tendo em conta o número de ciclos e o tempo de trabalho manual, seja este tempo de abastecimentos de equipamentos ou deslocamentos. Para cada operador é feito o somatório das duas parcelas multiplicando pelo número de ciclos;
6. **Deslocamentos:** o deslocamento aqui considerado foi determinado em função do trajeto de cada operador. Para efeitos de cálculo, internamente entende-se que por cada metro percorrido o operador demora cerca de um segundo. Assim, para cálculo da totalidade do deslocamento percorrido por turno por operador, é multiplicado o deslocamento por ciclo pelo número de ciclos.

De seguida, é apresentada uma análise discriminada da Tabela 7 , onde é possível verificar mediante os tempos fornecidos, os dados relativos a um turno de trabalho na atual área produtiva (Tabela 8).

Tabela 8- Análise detalhada de um turno de trabalho na *Pool*

Layout atual		Tempo total (seg)	Tempo espera operador (seg)	Tempo desocupação de máquinas (seg)	Nº de ciclos	Placas produzidas	Tempo total operador (seg)	Deslocamento (mts)
Operador 1	Equipamento	0,00	36,80	201,87	327,99	4329,47	16137,13	3542,30
	Tempo homem	36,00						
	Tempo máquina	299,73						
	Deslocamento	10,80						
	Pcb's/EDT	13,20						
Operador 2	Equipamento	0,00	50,74	116,92	291,27	6562,28	17047,93	2155,39
	Tempo homem	36,00						
	Tempo máquina	259,64						
	Deslocamento	7,40						
	Pcb's/EDT	22,53						
Operador 3	Equipamento	0,00	112,30	176,95	171,70	5602,47	12813,74	927,16
	Tempo homem	42,00						
	Tempo máquina	461,85						
	Deslocamento	5,40						
	Pcb's/EDT	32,63						
Operador 4	Equipamento	0,00	55,73	92,64	273,85	5414,00	16094,13	1478,79
	Tempo homem	39,00						
	Tempo máquina	307,87						
	Deslocamento	5,40						
	Pcb's/EDT	19,77						
Operador 5	Equipamento	0,00	1,88	3,27	1867,85	3735,69	14942,78	12701,36
	Tempo homem	6,00						
	Tempo máquina	26,09						
	Deslocamento	6,80						
	Pcb's/EDT	2,00						
Operador 6	Equipamento	0,00	12,23	7,14	801,05	4806,31	16822,09	5607,36
	Tempo homem	15,00						
	Tempo máquina	95,55						
	Deslocamento	7,00						
	Pcb's/EDT	6,00						
Operador 7	Equipamento	0,00	70,00	307,14	220,42	2424,60	12563,83	1851,51
	Tempo homem	46,00						
	Tempo máquina	563,66						
	Deslocamento	8,40						
	Pcb's/EDT	11,00						
Operador 8	Equipamento	0,00	102,00	669,54	171,80	4662,77	12909,39	1649,32
	Tempo homem	48,00						
	Tempo máquina	607,26						
	Deslocamento	9,60						
	Pcb's/EDT	27,14						
Operador 9	Equipamento	0,00	12,84	11,28	810,28	4051,42	11343,97	9723,40
	Tempo homem	9,00						
	Tempo máquina	56,40						
	Deslocamento	12,00						
	Pcb's/EDT	5,00						
Total			454,52	1586,75	4936,21	41589,02	130674,99	39636,60

Assim, entre as variáveis analisadas é possível verificar que o total máximo de placas que pode ser produzido na atual área são 41589 unidades. Quanto ao não aproveitamento dos recursos,

verifica-se que o tempo total de espera dos operadores por turno é de 454,50 segundos e o dos equipamentos é de 1587 segundos, conforme ilustrado na Tabela 8, relevante para o arranjo e ergonomia dos local de trabalho verifica-se um deslocamento associado à movimentação de operadores entre os equipamentos de 39637 metros.

4.4.6 Visão global do encadeamento dos processos

A análise VSM permite uma visão geral das etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, permitindo identificar todas as atividades que acrescentam valor ao produto e ainda, contribui para a identificação dos desperdícios. Neste sentido, é assim apresentando o VSM global da Bosch no Anexo II- VSM atual, onde é possível identificar os vários desperdícios ou problemas do sistema, representados em formas geométricas amarelas. Como referido anteriormente, após a receção das quantidades a produzir, o Departamento de Logística envia um plano para o departamento da MOE1 e para o departamento da MOE2. Com este sistema, tenta-se garantir um paradigma *push*, no entanto devido às variações constantes de produção que provocam alterações ao plano, não permite trabalhar de forma nivelada e eficiente. No Anexo II é então apresentado o VSM atual onde é possível identificar os distintos planos de produção enviados para as secções de MOE1 e MOE2, representado assim com a forma geométrica a vermelho (Figura 38).

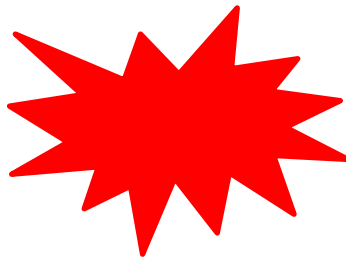


Figura 38- Problema identificado

5. PROPOSTAS DE MELHORIA E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas e discutidas algumas propostas de melhoria dos processos de operação da *Pool* focados nos problemas detetados e acima descritos.

5.1 Sistema para controlo da atividade produtiva e do fluxo de materiais

Os problemas identificados no capítulo 4 estão muito associados à falta de um sistema eficaz de controlo toda atividade produtiva, incluindo o controlo de *stock* de placas e de produto acabado.

Assim, sugere-se a aplicação de um sistema de controlo do fluxo de materiais e da produção do tipo *pull* movido por um sistema de *e-Kanbans*. Este sistema, envolve o despoletar de um novo processo de produção de uma determinada peça no posto de trabalho antecedente da cadeia de valor, no entanto esta só é despoletada quando o processo a jusante recolhe uma peça.

Através da aplicação do paradigma *pull*, surge o processo de controlo da atividade produtiva e do fluxo de materiais (CAPFM), que pode ser realizada de duas formas, a produção *pull* controlada ou por um sistema *pull* de *Kanbans* ou por sistema *pull* de duas caixas, também conhecido como “*two-bin system*”. O ideal seria que a produção se desenvolvesse de uma forma sincronizada, no entanto como esta situação acarreta enormes custos com os equipamentos, o BPS adota o sistema de *Kanbans*. Neste sentido, na Figura 39, será apresentada uma proposta de uma modelo de produção para a *Pool*.

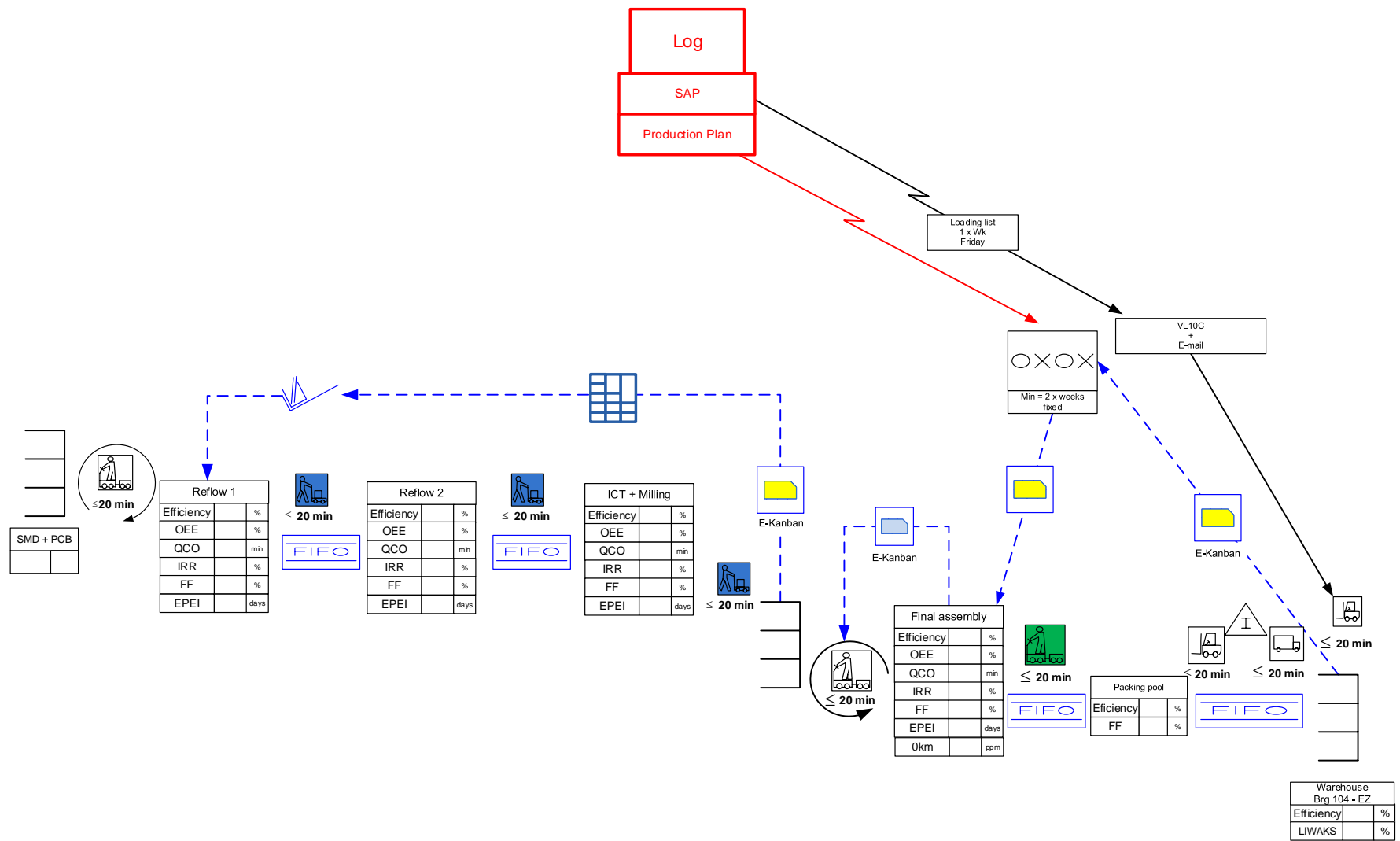


Figura 39-Proposta de modelo de produção para a *Pool*

Como é possível observar através da análise à Figura 39, o sistema de Controlo da atividade produtiva (CAP) proposto para a *Pool*, passaria pela utilização de cartões *kanban*, *FIFO Lane* e sistema *Pull*. Uma descrição ao processo será feita seguidamente.

O modelo proposto, baseia-se num sistema *pull*, ao qual, as quantidades produzidas em todas as áreas produtivas defletem de um pedido do cliente. Assim, o departamento de logística será a interface entre o cliente e as áreas de produção, no sentido de dar a conhecer as quantidades e prazos de entrega necessários para entrega. Neste sentido, após indicação de produção, é libertado um cartão eletrónico *e-kanban* para as áreas produtivas de MOE1 e MOE2. Neste cartão, deverá estar mencionada as referências e quantidades de placas a produzir para o lote de produção. Para a implementação deste sistema, deverá haver um conhecimento claro de:

1. Tempos operatórios de cada produto em cada área produtiva;
2. Tempo de entrega de materiais pelo departamento de logística às linhas produtivas;
3. Tempo de transporte entre os dois edifícios;
4. Rotas dos Milkrun;
5. Nº de cartões *kanban* necessários;
6. Sincronismo de operações.

A sincronização de operações deve ser assegurada de forma a que este processo de desenvolva sem eventuais perdas de produção, nem com paragens de linhas. Como referido inicialmente, a implementação de *FIFO lane* entre as linhas de inserção automática e a *pool*, é fundamental para a eficiência do sistema. Após a inserção de componentes nas placas requeridas pelo *Kanban*, os *containers* de placas são alocados a uma *FIFO Lane* ao invés do atual supermercado. Desta forma, é possível uma redução significativa de *stocks* e consequentemente redução da área disponível para armazenamento de *containers*, pela eliminação das quantidades de *stock* de placas armazenadas por parte dos chefes de linha em consequência das repetidas alterações ao programa de produção. Assim, a *Pool* passará a ser alimentada pela *FIFO Lane*, uma vez que deverá processar apenas as placas de cada *container* existente na *FIFO* e pela ordem em que se apresentam. Elimina-se assim o plano de produção seguido pelos chefes das linhas de inserção automática e ainda, autoriza-se, aciona-se e sincroniza-se a produção das linhas de inserção automática e com a das linhas de montagem, final e manual, através de consumo destas e de um único e plano de produção.

No que concerne ao controlo produtivo de placas na *Pool*, a sugestão passaria pela inclusão de cartões *Kanban* em todos os equipamentos, sendo que após fresagem ou teste de placas, seria lançado um *Kanban* com a indicação da referência, quantidade e local a que deve ser alocada a

caixa de produto acabado. Esta medida permitirá, uma otimização do supermercado e assim, através do sistema informático, dar a conhecer as quantidades existentes por forma, a obter uma antecipação ao plano de produção. Foi ainda equacionada, a possibilidade de introdução de FIFO Lane para produto acabado, no entanto devido à elevada diversidade de linhas a abastecer e ainda ao facto de os vários *Milkruns* não estarem totalmente sincronizados, optou-se então por manter o tradicional sistema de armazenamento.

5.2 Cálculo da capacidade produtiva

5.2.1 Abordagem sistemática para determinação do tempo de fresagem de placas

Face à inexistência de qualquer ferramenta ou método, que permita determinar o tempo de fresagem de placas ou de teste, foi feito um estudo no sentido de dar resposta a esta problemática.

Como mencionado na secção 4.4.3, na determinação do tempo de fresagem de placas novas para as quais existam outras, cujo tempo se conheça, com uma relação de parecença grande, facilmente se pode estabelecer o tempo de fresagem por analogia, geralmente referido como processo de variante. Quando tal não é o caso o processo de levantamento de tempo de fresagem de cada placa é executado manualmente por um departamento especializado em métodos e tempos. O levantamento dos tempos é efetuado com recurso ao cronómetro com base em amostras de 10 tempos por placa. No sentido de melhorar este processo e facilitar a determinação de tempos de fresagem de placas novas uma das medidas testadas foi analisar se havia uma relação entre o número de pontos a cortar, i.e. a fresar, para cada tipo de placa, e o tempo de fresagem. No entanto, os valores encontrados numa amostra de 15 placas de diferentes famílias de produtos, considerada representativa, mostraram não haver uma correlação clara entre uma coisa e outra. De facto, como se pode verificar na Tabela 9 baseada numa amostra importante de produção de placas diferentes, existe uma variação demasiado acentuada no tempo por ponto a fresar, entre as placas.

Tabela 9- Amostra de produção de placas diferentes

Referência de placa	Modelo	NºPontos a fresar	Tempo efetivo cronometrado (seg)	Relação tempo efetivo/nº pontos
A1	Modelo A	7	12,64	1,81
B1	Modelo B	5	10,59	2,12
C1	Modelo C	8	13,6	1,7
D1	Modelo D	13	21,59	1,66
E1	Modelo E	8	13,98	1,75
F1	Modelo F	7	12,68	1,81
G1	Modelo G	9	13,88	1,54
H1	Modelo H	11	15,76	1,43
I1	Modelo I	7	11,1	1,64
J1	Modelo J	14	20,06	1,43
L1	Modelo L	14	22,35	1,6
M1	Modelo M	4	9,93	2,48
N1	Modelo N	7	13,3	1,9
O1	Modelo O	7	10,68	1,53
P1	Modelo P	8	12,2	1,53

Portanto, foi necessário explorar outro caminho para facilitar o processo de estabelecimento de tempos de fresagem. Na tentativa de encontrar uma solução para esta problemática, foi estudado, detalhadamente, o movimento e comportamento da fresa durante o processo de fresagem. Assim, quando se inicia este processo, a placa entra para o interior da fresadora através de um *conveyor*, sendo de seguida fixada na sua extremidade para evitar movimentos durante o processo de corte. Posteriormente, um outro dispositivo de fixação, segura bem a placa pelos pontos que são assinalados na Figura 40. Após a fixação da placa, inicia-se o processo de fresagem da mesma.

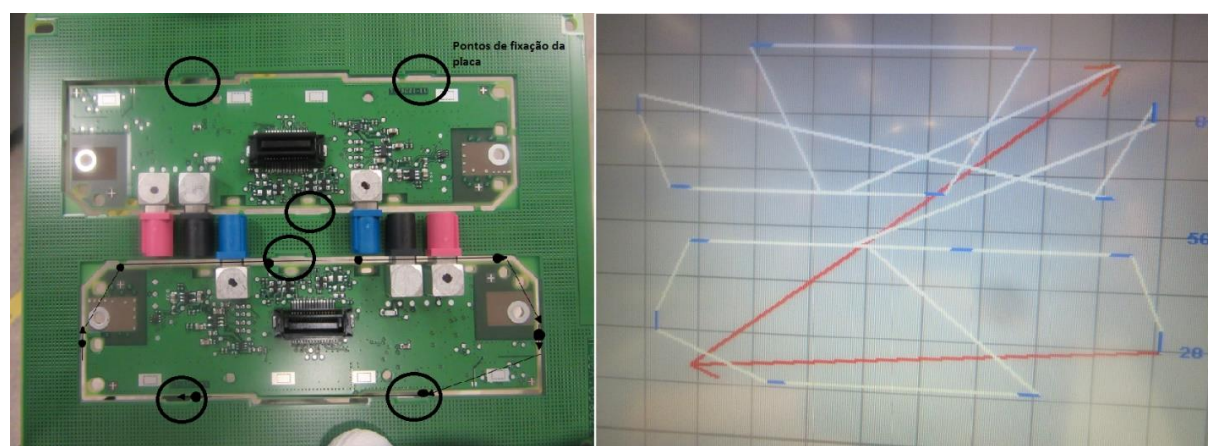


Figura 40- Movimento e trajetória de corte de placas

Numa primeira abordagem ao processo, pensava-se que o movimento da fresa de corte seria um movimento contínuo de contornamento da placa, no entanto numa análise mais cuidada do

processo de corte verificou-se que esta visão não estava correta. De facto, o movimento da fresa realiza-se entre pontos de corte, como ilustrado na Figura 41, e não como se suponha, efetuando movimentos cíclicos e constantes passando por todos os pontos. Com esta abordagem, o tempo por ponto de fresagem é menor uma vez que a distância a percorrer é menor e os movimentos em vazio fazem-se a velocidades maiores do que o movimento em corte.

Terminada a fase de fresagem, o *Griper* (robot de fixação superior) transporta a placa para o *conveyor* para ser colocado numa caixa de produto acabado através do manuseamento do operador.

Por outro lado, o processo de inserção de placas na fresadora também é contabilizado para o tempo de fresagem. A inserção das placas nas máquinas é realizada pelo operador havendo depois uma movimentação linear para a zona de corte. Assim, existem movimentos contínuos e intermitentes, horizontais e verticais no processo de corte e mudança de ponto a ponto, com velocidades variáveis que determinam o tempo de processamento, além de aspetos de estabilização da placa durante o corte, a área de apoio dos *Gripers* e o pó resultante do corte.

A Figura 40 retrata o movimento de corte de uma placa com dois PCB's, onde é possível verificar que, as trajetórias de cortes de ambas são distintas devido aos pontos de fixação do *gripper* serem simétricos e neste sentido, durante a fase de programação da placa no equipamento, passando por se optar por uma trajetória maior de modo a dar estabilidade à placa durante a fresagem. A estabilidade da placa durante o processo de corte é necessária para evitar possível danificação da mesma, pelo que a trajetória de corte pode variar de placa para placa mediante o seu *design*.

Considerando a análise detalhada descrita e os fatores inerentes ao equipamento, encontrou-se, como fatores relevantes à determinação do tempo de fresagem:

- Velocidade de movimentação da fresa em vazio ou modo *fast*;
- Velocidade de movimentação da fresa em corte ou modo *slow*;
- Número de pontos a fresar;
- Distância entre pontos (mm);
- Tempo de colocação da placa pelo dispositivo de fixação;

Através das especificações da máquina, consegue-se perceber mais detalhadamente o seu funcionamento durante o corte, bem como as suas diferentes velocidades.

A Figura 41 ilustra o movimento de corte de placas durante o processo de fresagem. Segundo as especificações técnicas da máquina, a velocidade de movimentação entre pontos em vazio,

designada por velocidade *fast*, é de 36000mm/min e a velocidade durante o processo de corte do ponto, designada por velocidade *slow*, é de 900mm/min.

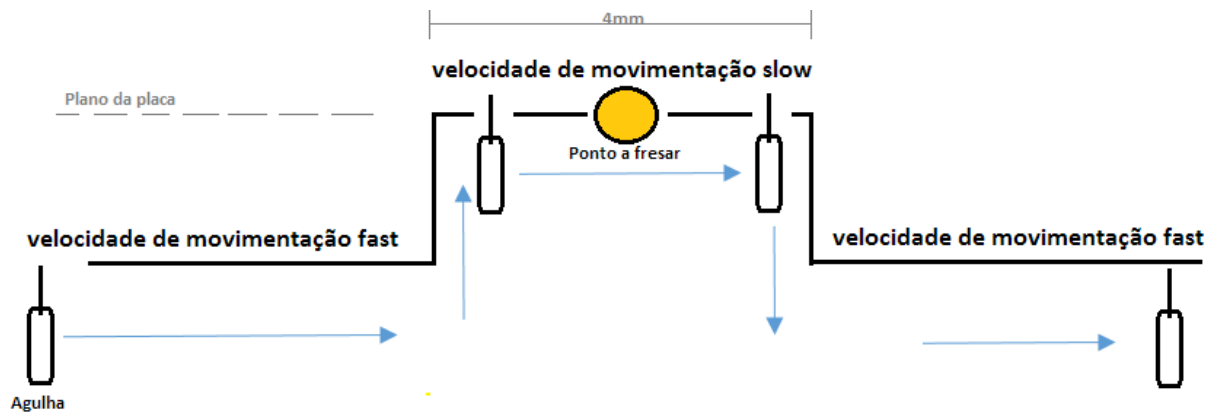


Figura 41- Movimentação sistemática da fresadora

A expressão matemática (TF) determina o tempo de fresagem com base, nas variáveis referenciadas e que podem influenciar o processo efetivo de fresagem nomeadamente:

- Somatório da distância percorrida entre pontos (mm);
- Distância percorrida em *slow* em cada ponto (mm);
- Velocidade da fresa em modo *fast* (mm/seg);
- Somatório do número de pontos a fresar;
- Velocidade da fresa em modo *slow* (mm/seg);
- Tempo de subida e descida do *Gripper* em cada ponto de corte (seg);
- Tempo do *Gripper* a movimentar a placa desde a fresa até ao *conveyor* e retorno.

$$\text{Tempo de fresagem (TF)} = \frac{a - (b * d)}{c} + \frac{d * b}{e} + d * f + g$$

Figura 42- Fórmula de tempo de fresagem

Após a definição das variáveis a considerar, como se verifica na Tabela 10, foi analisada a mesma amostra de placas acima referida, considerando-se as 15 placas, cada uma com distâncias e número de pontos distintos entre elas. Os dados obtidos foram conclusivos quanto à utilização desta abordagem de cálculo do tempo de fresagem, tendo-se obtido uma variação máxima o método de medição direta e uso da expressão, 8.43%. Este facto deve-se à programação que é efetuada em algumas placas aquando da determinação do trajeto de corte, mediante a estabilidade das placas. Na larga maioria das placas, o processo de corte só é iniciado após a placa estar presa pelo *Griper*, permitindo que a placa tenha uma maior estabilidade

durante o corte. No entanto, noutros casos para diminuir o tempo de ciclo, inicia-se o processo de corte de um ou dois pontos antes de esta estar fixa ao *Griper*. Esta determinação não segue uma lógica padrão, sendo delineada aquando da programação da trajetória de corte com a plena garantia de que não danifica qualquer componente. Assim, pela Tabela 10, verifica-se que em alguns casos o tempo de corte é menor até um máximo de 8,43%.

Tabela 10- Tempo de corte para uma amostra de 15 placas distintas

Referência de placa	Modelo	NºPontos	Tempo efetivo cronometrado (seg)	Distância total percorrida (mm)	Tempo mediante fórmula (seg)	Diferença(Real-Formula) (seg)	Diferença (%)
A1	Modelo A	7	12,64	225,05	12,62	-0,02	0,16%
B1	Modelo B	5	10,59	155,2	10,78	0,19	-1,79%
C1	Modelo C	8	13,6	278,03	13,53	-0,07	0,51%
D1	Modelo D	13	21,59	534,92	19,93	-1,66	7,69%
E1	Modelo E	8	13,98	222,89	13,66	-0,32	2,29%
F1	Modelo F	7	12,68	224,86	12,65	-0,03	0,24%
G1	Modelo G	9	13,88	739,77	14,73	0,85	-6,12%
H1	Modelo H	11	15,76	490	15,94	0,18	-1,14%
I1	Modelo I	7	11,1	167,42	11,57	0,47	-4,23%
J1	Modelo J	14	20,06	456,64	19,18	-0,88	4,39%
L1	Modelo L	14	22,35	817,05	21,11	-1,24	5,55%
M1	Modelo M	4	9,93	255,51	10,3	0,37	-3,73%
N1	Modelo N	7	13,3	246,58	13,04	-0,26	1,95%
O1	Modelo O	7	10,68	281,26	11,58	0,9	-8,43%
P1	Modelo P	8	12,2	277,46	12,72	0,52	-4,26%

Mediante os factos apresentados, concluiu-se que não é possível incluir na fórmula esta variante, uma vez que não se consegue prever como se comportará a placa durante a fresagem, nem a possibilidade de o corte ser efetuado antes de o *Griper* fixar a placa. É um facto que esta variante não permite garantir a 100% a veracidade dos tempos mediante a fórmula, no entanto permite uma menor variação face ao método de aproximação de tempos de placas. De seguida, é apresentado um gráfico (Figura 43) que demonstra a variação entre o tempo real cronometrado e o tempo determinado mediante a fórmula de cálculo, bem como a sua variação.

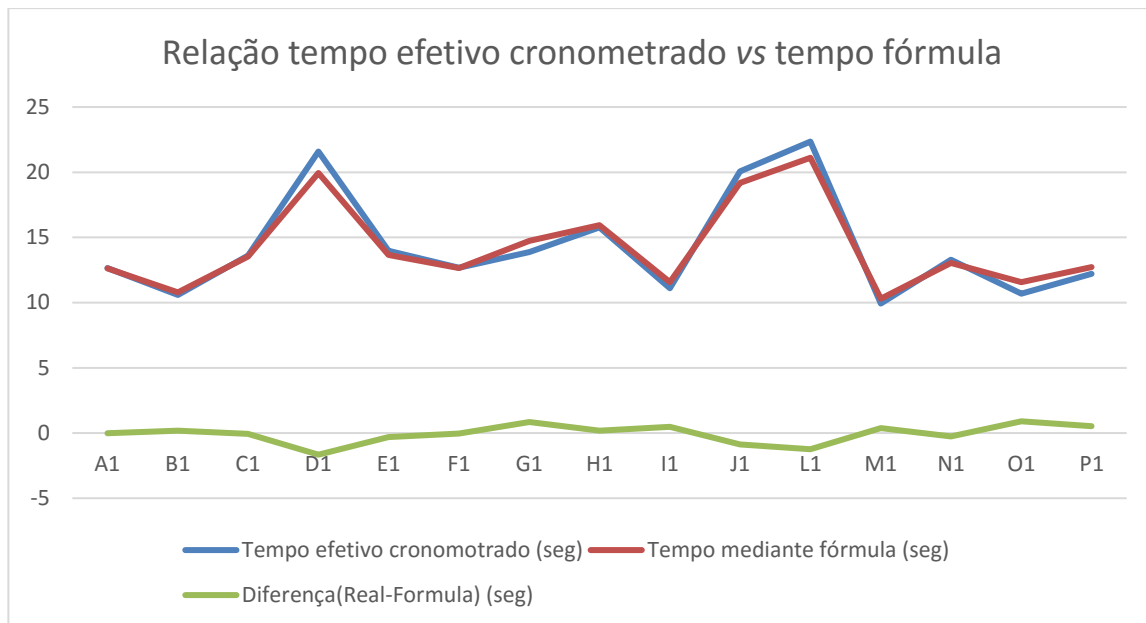


Figura 43- Variação entre o tempo real e o tempo determinado pela fórmula

5.2.2 Método para a determinação do tempo de teste

A determinação do tempo dos sistemas de teste, como ICT's ou FCT's, foram também alvo de análise na presente dissertação, na tentativa de desenhar um método baseado numa formulação, que permita conhecimento dos tempos operatórios dos sistemas de teste. Estes equipamentos, analisam, segundo os responsáveis pela programação, a corrente elétrica nos componentes inseridos na placa, induzindo uma carga sobre cada componente. Assim identifica-se uma possível anomalia do componente, e.g., condensador, ou má colocação do mesmo na placa, durante a fase de inserção automática de componentes.

Uma hipótese que se levantou foi que o tempo de teste seria proporcional ao número de componentes analisados por placa. Assim foi analisado o número de componentes testados em 15 placas distintas, bem como os tempos reais de teste, verificando-se que não existe qualquer correlação entre estas duas variáveis. Pela Tabela 11, através desta amostra, é possível verificar que existe uma grande variação do número de componentes testados por placas, podendo variar entre os 6 e os 671 componentes.

Tabela 11- Tempo de teste numa amostra de 15 placas

Referência de placa	Modelo	N ^o componentes a inspecionar	Tempo efetivo cronometrado (seg)	Relação Tempo/componente
A1	Modelo A	12	12,36	1,03
B1	Modelo B	215	15,22	0,07
C1	Modelo C	671	82,6	0,12
D1	Modelo D	351	15,97	0,05
E1	Modelo E	41	20,59	0,50
F1	Modelo F	35	32,18	0,92
G1	Modelo G	177	11,53	0,07
H1	Modelo H	567	50,9	0,09
I1	Modelo I	6	35,6	5,93
J1	Modelo J	317	33,73	0,11
L1	Modelo L	248	51,76	0,21
M1	Modelo M	197	23,3	0,12
N1	Modelo N	55	25,74	0,47

De acordo com esta análise, verificou-se não ser possível obter uma relação entre o tempo de teste e o número de componentes a testar por placa. Uma hipótese alternativa foi colocada: a de poder haver correlação entre tempo real de teste e o tipo de componentes testados podendo haver um tempo de teste para cada tipo de componente e assim chegar a valores aproximados de tempo de teste para cada modelo de placa. Contudo, não foi possível testar esta hipótese por não haver informação tratada em relação quantidade de componentes de cada tipo em cada modelo de placa.

5.3 Planeamento de produção

Os problemas de planeamento identificados anteriormente na secção 4.3.2, permitem perceber que surge uma real necessidade de se elaborarem programas de controlo de processo para o fabrico de todas as placas em todas as fresadoras e máquinas de teste possíveis. Assim, haveria flexibilidade para afetar as placas de forma a obter uma distribuição equilibrada quer da carga de fresagem pelas fresadoras quer da carga de teste pelas máquinas de teste e assim fazer melhor uso do equipamento e fiabilizar o cumprimento do programa de produção. Desta forma, propõe-se que seja efetuado um plano de produção diário com base num modelo matemático.

Atualmente, existem diversos softwares de otimização, também designados de *solvers*, que permitem a resolução de problemas de programação linear, mista, inteira, entre outros. O IBMLOG CPLEX, vulgarmente referido como CPLEX, é conhecido por ser uma biblioteca de otimização. De acordo com as mais diversas referências o CPLEX é considerado um dos melhores *solvers* existentes no mercado, uma vez que consegue resolver instâncias grandes de problemas num período de tempo razoável, retornando uma solução na maior parte dos casos.

Para a modelação deste problema é necessário considerar o tempo efetivo de fresagem e de teste, as restrições inerentes aos programas em cada equipamento e ainda, as quantidades requeridas diariamente. O objetivo é melhorar a afetação de placas a cada equipamento, com o objetivo de minimizar o tempo de utilização de máquina, garantir um plano de produção constante ao longo da semana, sem flutuações de produção, reduzir o número de placas em *stock*, diminuir o número de *change over* e ainda, permitir obter uma noção clara da capacidade requerida e disponível diariamente.

Neste sentido e de forma genérica é necessário atingir objetivos concisos:

1. Definição de um modelo matemático ou heurístico que recorra a módulos de otimização;
2. Minimização da totalidade das placas produzidas em excesso;
3. O resultado do problema deverá identificar claramente o plano diário de produção;
4. O tempo total de ocupação de máquinas deverá ser minimizado, nunca ultrapassando a capacidade máxima de corte diária;
5. O planeamento deverá ser feito numa perspetiva multi-período, considerando que as peças cortadas em excesso num determinado período podem ser utilizadas em períodos seguintes;
6. O consumo total de placas deverá ser igual ao disponibilizado pela inserção automática de placas para um determinado plano de produção;
7. O planeamento deverá ser realizado com base nas necessidades contidas no plano de produção;
8. Se num período não se ocupar a totalidade da capacidade, as necessidades dos períodos seguintes deverão ser antecipadas.
9. Após análise dos objetivos, espera-se uma otimização inteira, dimensionamento e sequenciamento de lotes, afetação de recursos e otimização em tempo real.

Com a aplicação da sistemática anteriormente descrita, espera-se garantir um fornecimento constante de placas às linhas de montagens manuais e finais, evitando assim, a produção por excesso e elevados níveis de *stocks* existentes ao sábado e domingo. Neste sentido, também se deseja obter uma produção nivelada nos restantes dias da semana, evitando as expressivas mudanças de ritmo de trabalho ao qual os operadores da *Pool* estão sujeitos. Deste modo, é expectável uma expressão de variação de acordo com a Figura 44.

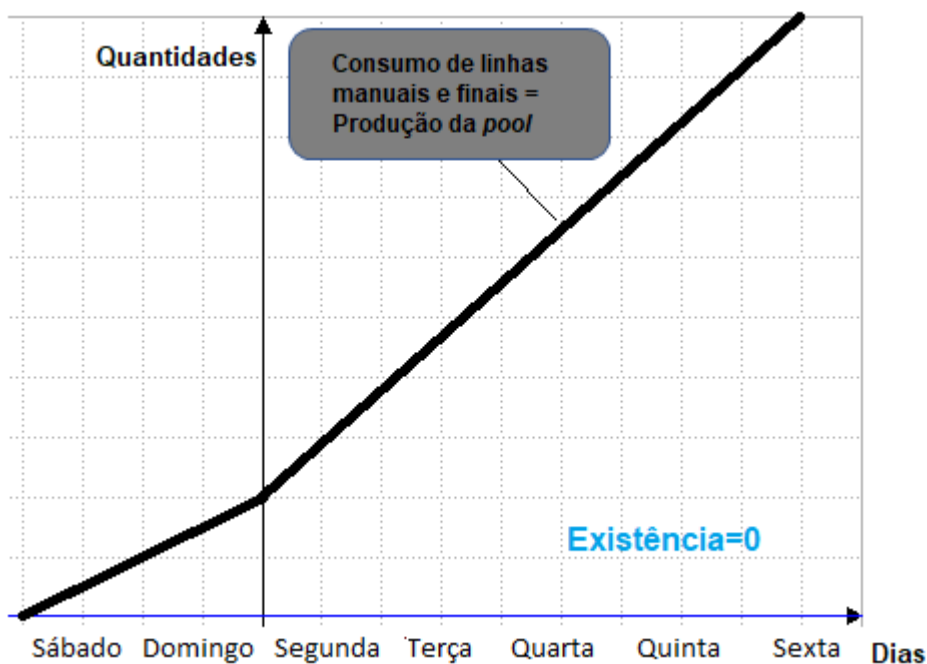


Figura 44- Variação de produção da *Pool* durante os dias de operação

A análise da Figura 44, permite verificar que, a otimização da *Pool* é assegurada através da equivalência de produção de placas com o consumo requerido pelas linhas manuais e finais, permitindo assim reduzir o *stock* de produto acabado para zero. Contrariamente ao que tem sido feito, não será necessária a laboração dos 9 operadores nos dias de sábado e domingo, e, com uma eficiente gestão dos operadores, devem ser assegurados apenas 20% destes, por forma a dar resposta as quantidades requeridas pelas linhas manuais e finais que laboram continuamente, e assim, os restantes 80% dos operadores poderão ser alocados a outras linhas da fábrica, obtendo, portanto, maior produtividade em cada um. De modo a verificar se de facto, a *Pool* teria capacidade de resposta face às produções planeadas conforme o modelo de laboração proposto, analisou-se, portanto, a ocupação dos equipamentos num dado mês e, concluiu-se que, existe de facto capacidade para responder aos pedidos dos clientes como é possível verificar através da Tabela 12.

Tabela 12- Ocupação dos equipamentos no modelo proposto

OCUPAÇÃO DAS FRESAS (%)							
F35	F36	F37	F38	F39	F51	F48	O.M.
100%	100%	100%	80%	93%	79%	67%	88%

OCUPAÇÃO DOS FCT (%)									
FCT20_0011	FCT20_0301	FCT20_0302	FCT20_0303	FCT30_0010	FCT10_0001	FCT20_0032	FCT20_0226	FCT20_2101	O.M.
41%	100%	100%	58%	11%	0%	19%	1%	8%	38%

OCUPAÇÃO DOS ICT (%)									
ICT_1	ICT_26	ICT_27	ICT_103	ICT_104	ICT_105	ICT_106	ICT_107	ICT_108	ICT_110
0%	82%	0%	100%	62%	100%	92%	4%	49%	1%
ICT_111	ICT_112	ICT_113	ICT_114	ICT_115	ICT_220	ICT_233	ICTT_11	ICT_236	O.M.
4%	18%	37%	100%	69%	22%	97%	0%	97%	49%

5.4 *Layout da área produtiva*

Como referido na secção 4.2, o *layout* da área produtiva é de facto, um dos problemas encontrados mais críticos da *Pool*.

A atual distribuição desencadeia uma série de consequências que conduzem à falta de aproveitamento e capacidade das máquinas e dos operadores, por incorreta distribuição da carga de trabalho, assim como conduzem a um elevado tempo de desocupação de máquinas, e ainda a excessivos deslocamentos dos operadores. Desta forma, face à urgente necessidade de uma mudança repentina, foi proposto ao autor desta dissertação, a conceção de um *layout* enquadrado com a atual situação da *Pool*, utilizando as mesmas ferramentas e programas de cada equipamento, i.e., *Gripers* ou camas de agulhas dos sistemas de teste. Face a estas restrições, numa fase inicial realizou-se um estudo com base nos programas existentes em cada equipamento, referente à admissão de cada placa, para se perceber os possíveis fluxos existentes. Numa fase subsequente, foram definidos alguns pontos mais preocupantes:

1. Manter as áreas de trabalho dos operadores cujos deslocamentos em cada ciclo são menores, tentando por sua vez atuar na vertente da maior utilização dos equipamentos pertencentes à área de trabalho. Entende-se por ciclo, a trajetória

efetuada por cada operador na sua célula produtiva, desde a primeira operação até última;

2. Redução das áreas de trabalho cujos operadores tinham um maior deslocamento por ciclo de trabalho;
3. Redução da disparidade de ocupação de operadores, tentando aproximação no tempo de ocupação e o número de placas produzidas.

Assim, na Figura 45, segue o novo *layout* com as respectivas áreas de trabalho de cada operador.

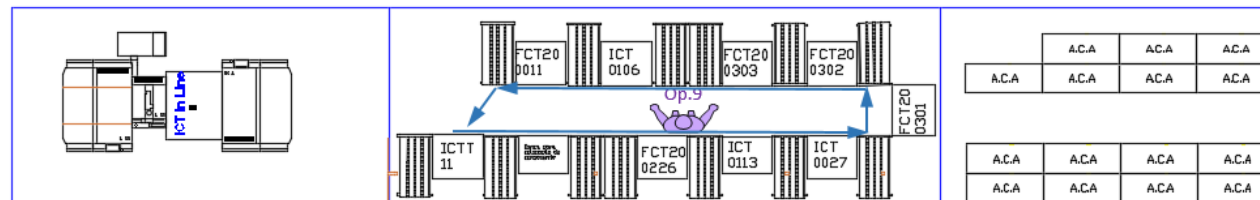
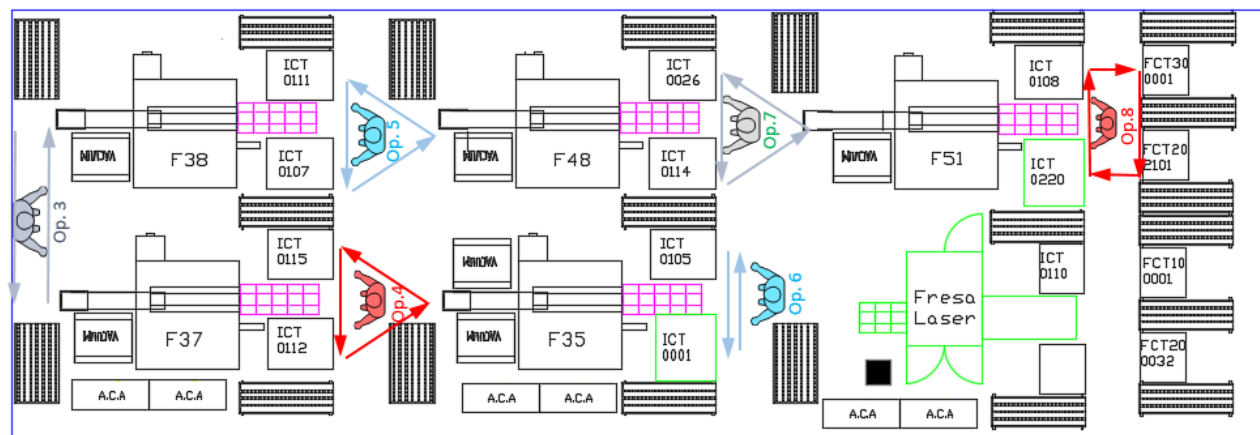
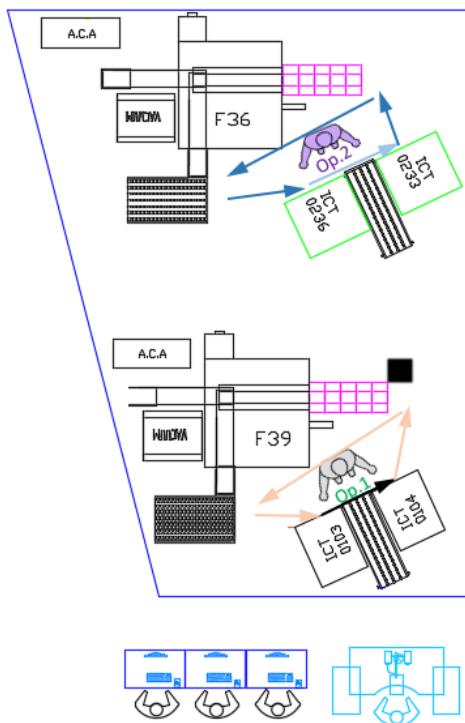


Figura 45 - Novo Layout da Pool

Pela análise ao novo *layout*, é possível verificar que existem 8 fresadoras associadas, no entanto, uma das fresadoras (“Fresa laser”) só iniciará a produção no final do presente ano, mantendo-se assim o mesmo número de equipamentos e operadores. Comparativamente ao anterior *layout*, nas duas áreas de testes onde os operadores 7 e 8 estavam afetos não existia qualquer máquina fresadora associada e como tal, cerca de 50% das placas ali testadas, eram posteriormente transportadas para junto das fresadoras. Entendendo-se como deslocamento, um transporte de placas que não acrescenta valor à mesma, houve neste sentido a tentativa de alocar os equipamentos aos quais existe semelhança de placas, para assim reduzir o deslocamento de placas entre as várias células. Contrariamente ao que acontecia no anterior *layout*, ao qual não havia uma célula definida apenas para placas que têm unicamente o processo de teste associado, foi então definida uma célula para tal, permitindo assim uma maior facilidade de operações. As tarefas desta nova célula, são então asseguradas pelo operador 9.

Uma outra alteração importante na *Pool*, refere-se à mudança dos *conveyors* de saída das fresadoras 36 e 39. Assim, no anterior *layout* era possível observar a existência de dois operadores distintos afetos à mesma fresadora, um operador para efetuar o *load* de placas e um outro para o *unload*. Neste novo *layout*, foi feita uma alteração às fresadoras no sentido de modificar o posicionamento do *conveyor* de saída. No passado, o *conveyor* estava no sentido da entrada das placas e com esta alteração, foi possível rodar 90° o *conveyor* de saída, criando-se duas pequenas células de trabalho para cada operador. Cada um terá como responsabilidade o *load* e *unload* de placas da mesma fresadora, e ainda efetuar o teste em dois sistemas de teste distintos. Na Tabela 13, estão retratados os tempos por operador nas diversas áreas da *Pool*. O trabalho standard por cada operador encontra-se no Anexo III- Trabalho standard operadores- *Layout* novo do presente relatório.

Tabela 13- Tempo de ciclo por operador

Tempo de ciclo											
Operador 1	Equipamento	ICT_0104	ICT_0103	Fresa 39 IN	Fresa 39 OUT						
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	30,00						
	Tempo máquina	86,45	56,70	159,71	146,80						
	Deslocamento	1,60	1,30	1,30	1,20						
	Pcb's/ciclo	4,75	9,00	10,88	10,00						
Operador 2	Equipamento	ICT_0233	ICT_0236	Fresa 36 IN	Fresa 36 OUT						
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	6,00						
	Tempo máquina	27,72	27,72	29,52	28,10						
	Deslocamento	1,60	1,30	1,30	1,20						
	Pcb's/ciclo	1,00	1,00	1,00	2,00						
Operador 3	Equipamento	Fresa 37	Fresa 38								
	Tempo homem	3,00	3,00								
	Tempo máquina	19,87	14,05								
	Deslocamento	3,00	3,00								
	Pcb's/ciclo	1,00	1,00								
Operador 4	Equipamento	ICT_0112	Fresa 37	ICT_0115	Fresa 35						
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	12,00						
	Tempo máquina	58,50	83,45	50,00	67,20						
	Deslocamento	1,40	1,00	1,80	1,20						
	Pcb's/ciclo	1,00	4,20	4,00	4,00						
Operador 5	Equipamento	ICT_0107	Fresa 38	ICT_0111	Fresa 48						
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	24,00						
	Tempo máquina	35,96	94,14	40,99	91,20						
	Deslocamento	1,40	1,00	1,80	1,20						
	Pcb's/ciclo	4,50	6,70	5,33	8,00						
Operador 6	Equipamento	ICT_0001	Fresa 35	ICT_0105							
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00							
	Tempo máquina	54,20	100,13	55,18							
	Deslocamento	1,40	1,00	1,40							
	Pcb's/ciclo	2,20	5,96	4,61							
Operador 7	Equipamento	ICT_0114	Fresa 48	ICT_0026	Fresa 51						
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	15,00						
	Tempo máquina	50,39	67,68	31,04	57,05						
	Deslocamento	1,40	1,00	1,80	1,20						
	Pcb's/ciclo	1,00	6,00	1,66	5,00						
Operador 8	Equipamento	ICT_0220	Fresa 51	ICT_0108	FCT30_0010	FCT20_2101					
	Tempo homem	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00					
	Tempo máquina	27,72	68,46	77,42	159,60	100,00					
	Deslocamento	1,40	1,00	1,40	1,20	0,80					
	Pcb's/ciclo	1,00	6,00	2,53	4,00	1,00					
Operador 9	Equipamento	ICTT_11	Bancada	FCT20_0226	ICT_0113	ICT_0027	FCT20_0301	FCT20_0302	FCT20_0303	ICT_0106	FCT20_0011
	Tempo homem	6,00	10,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Tempo máquina	45,68	0,00	100,00	93,63	59,18	124,40	124,40	124,40	17,86	85,60
	Deslocamento	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Pcb's/ciclo	4,00	1,00	1,00	8,75	1,00	1,00	1,00	1,00	7,20	2,00

De seguida na Tabela 14, é apresentada uma comparação entre os dois modelos de *layout*:

Tabela 14- Comparação entre os dois modelos de layout

Layout atual		Tempo total (seg)	Tempo espera operador (seg)	Tempo desocupação de máquinas (seg)	Nº de ciclos	Placas produzidas	Tempo total operador (seg)	Deslocamento (mts)	Layout novo		Tempo total (seg)	Tempo espera operador (seg)	Tempo desocupação de máquinas (seg)	Nº de ciclos	Placas produzidas	Tempo total operador (seg)	Deslocamento (mts)
Operador 1	Equipamento	0,00	36,80	201,87	327,99	4329,47	16137,13	3542,30	Operador 1	Equipamento		106,31	189,18	171,69	5945,49	14186,43	1562,34
	Tempo homem	36,00								Tempo homem	48,00						
	Tempo máquina	299,73								Tempo máquina	449,66						
	Deslocamento	10,80								Deslocamento	9,10						
	Pcb's/EDT	13,20								Pcb's/EDT	34,63						
Operador 2	Equipamento	0,00	50,74	116,92	291,27	6562,28	17047,93	2155,39	Operador 2	Equipamento		0,12	5,02	928,86	4644,31	26936,99	5015,85
	Tempo homem	36,00								Tempo homem	24,00						
	Tempo máquina	259,64								Tempo máquina	113,06						
	Deslocamento	7,40								Deslocamento	9,10						
	Pcb's/EDT	22,53								Pcb's/EDT	5,00						
Operador 3	Equipamento	0,00	112,30	176,95	171,70	5602,47	12813,74	927,16	Operador 3	Equipamento		7,87	5,82	1379,97	2759,94	11039,76	8279,82
	Tempo homem	42,00								Tempo homem	6,00						
	Tempo máquina	461,85								Tempo máquina	33,92						
	Deslocamento	5,40								Deslocamento	6,00						
	Pcb's/EDT	32,63								Pcb's/EDT	2,00						
Operador 4	Equipamento	0,00	55,73	92,64	273,85	5414,00	16094,13	1478,79	Operador 4	Equipamento		48,05	74,65	328,58	4337,26	14194,66	1774,33
	Tempo homem	39,00								Tempo homem	30,00						
	Tempo máquina	307,87								Tempo máquina	259,15						
	Deslocamento	5,40								Deslocamento	5,40						
	Pcb's/EDT	19,77								Pcb's/EDT	13,20						
Operador 5	Equipamento	0,00	1,88	3,27	1867,85	3735,69	14942,78	12701,36	Operador 5	Equipamento		46,74	114,27	291,27	7144,81	19378,08	1572,85
	Tempo homem	6,00								Tempo homem	42,00						
	Tempo máquina	26,09								Tempo máquina	261,33						
	Deslocamento	6,80								Deslocamento	5,40						
	Pcb's/EDT	2,00								Pcb's/EDT	24,53						
Operador 6	Equipamento	0,00	12,23	7,14	801,05	4806,31	16822,09	5607,36	Operador 6	Equipamento		78,33	90,88	273,85	3497,06	8426,35	1040,63
	Tempo homem	15,00								Tempo homem	18,00						
	Tempo máquina	95,55								Tempo máquina	209,51						
	Deslocamento	7,00								Deslocamento	3,80						
	Pcb's/EDT	6,00								Pcb's/EDT	12,77						
Operador 7	Equipamento	0,00	70,00	307,14	220,42	2424,60	12563,83	1851,51	Operador 7	Equipamento		29,28	64,56	405,14	5534,24	18903,92	2187,77
	Tempo homem	46,00								Tempo homem	33,00						
	Tempo máquina	563,66								Tempo máquina	206,16						
	Deslocamento	8,40								Deslocamento	5,40						
	Pcb's/EDT	11,00								Pcb's/EDT	13,66						
Operador 8	Equipamento	0,00	102,00	669,54	171,80	4662,77	12909,39	1649,32	Operador 8	Equipamento		123,80	364,80	171,80	2496,32	7650,45	996,47
	Tempo homem	48,00								Tempo homem	30,00						
	Tempo máquina	607,26								Tempo máquina	433,20						
	Deslocamento	9,60								Deslocamento	6,60						
	Pcb's/EDT	27,14								Pcb's/EDT	14,53						
Operador 9	Equipamento	0,00	12,84	11,28	810,28	4051,42	11343,97	9723,40	Operador 9	Equipamento		48,40	344,45	220,42	6160,68	20267,44	2645,02
	Tempo homem	9,00								Tempo homem	64,00						
	Tempo máquina	56,40								Tempo máquina	775,15						
	Deslocamento	12,00								Deslocamento	12,00						
	Pcb's/EDT	5,00								Pcb's/EDT	27,95						
Total			454,52	1586,75	4936,21	41589,02	130674,99	39636,60	Total		488,9	1254	4172	42520	140984	25075	

Através da análise à Tabela 14, é possível comparar os resultados obtidos com a implementação do novo layout e arranjo na afetação de tarefas dos operadores face ao anterior. De seguida, na Tabela 15, são apresentados as melhorias conseguidas com a implementação do novo *layout*, onde é possível verificar que os ganhos alcançados com a alteração do *layout* foram de facto muito relevantes para a *Pool*.

Tabela 15- Melhorias com a implementação do novo *layout*

	Antigo Layout	Novo layout	Resultados da implementação
Total de tempo de desocupação de máquinas (seg/turno)	1587	1254	-333
Total Nº de ciclos	4936	4172	-764
Total placas produzidas (uni/turno)	41589	42520	931
Total tempo operadores (seg/turno)	130675	140984	10309
Total deslocamentos (mts/turno)	39637	25075	-14562

Os dados apresentados, dizem respeito a um turno de trabalho:

1. Na análise aos dois *layouts*, foi possível verificar que o operador em nenhuma célula de trabalho é *bottleneck*. Assim, o tempo de desocupação das máquinas em relação ao *bottleneck* do processo, foi então quantificado em cada célula, concluindo-se que houve uma redução da desocupação das máquinas em cerca de 333 seg/turno;
2. Com o balanceamento entre tempos de equipamentos, foi possível reduzir o número de ciclos totais em cerca de 764 ciclos;
3. Aumento do número de placas produzidas foi de 931 placas;
4. Aumento da ocupação de cada operador em cerca de 10309 seg/turno;
5. Redução do deslocamento total em cerca de 14562 mts/turno.

6. CONCLUSÃO

Neste último capítulo da dissertação apresentam-se as conclusões gerais do trabalho desenvolvido, incluindo algumas considerações para trabalho futuro.

6.1 Principais conclusões

O principal objetivo do trabalho consistiu na melhoria do processo produtivo da zona de fresagem e teste de placas eletrônicas designada por *Pool Fresas*, utilizando princípios e ferramentas associadas ao que se conhece como *Lean Thinking*.

A análise do funcionamento e arranjo da *Pool* permitiu identificar alguns problemas, que contribuía para perdas de eficiência de grande monta, e a sua inter-relação, percebendo-se que alguns dos problemas eram causados por outros. Assim por exemplo um mau *layout* levava a uma má afetação e mau encadeamento de tarefas e isto, por sua vez, a perdas diversas incluindo má utilização dos recursos, máquinas e homens, e de capacidade produtiva. Portanto o estudo e melhoramento do funcionamento da *Pool*, uma unidade produtiva de interface entre a área de inserção automática e a de montagem intermédia e final, exigia uma abordagem holística, que teve de se estender na medida das necessidades, ao sistema de controlo de produção e coordenação do fluxo de materiais entre as duas áreas referidas, passando pela *Pool*.

Assim, no que diz respeito ao sistema de controlo de produção identificaram-se duas dimensões: 1. uma de controlo da produção e do fluxo de materiais, incluindo armazenagem de materiais de entrada e placas processadas, destinadas à montagem e 2. outra de monitorização da eficiência na *Pool*, no seu todo e nos seus postos de trabalho, necessária à 1.^a.

Uma solução parcial, mas considerada fundamental para resolver problemas da 1.^a dimensão seria o desenvolvimento e implementação de um sistema pull de emissão de autorizações de produção, referidas com *kanbans* eletrónicos, i.e. *e-kanbans*, para a área de inserção de componentes em placas, resultante do consumo de placas na zona de montagem. Estas eram oriundas da inserção automática, mas tinham de ser processadas na *Pool* antes de poderem ser consumidas pela montagem.

Além de um forte impacto na melhoria da coordenação da atividade entre a inserção automática e a montagem este sistema pull teria um efeito muito positivo na redução de stocks e consequentemente na superfície da *Pool* necessária para armazenagem de placas, i.e., em *containers* à entrada e em caixas de placas fresadas e testadas à saída.

Constatou-se que a determinação da capacidade produtiva da *Pool*, requeria o conhecimento para poder fazer o controlo de produção adequadamente e saber a que nível de carga está a capacidade produtiva a ser usada, é necessário conhecer os tempos operatórios de cada produto ou componente em cada posto de trabalho, o tempo de mão-de-obra envolvido na fabricação de cada artigo, o número de postos de trabalho e a sua utilização esperada. Os tempos operatórios devem ser estabelecidos com base em métodos apropriados e bem definidos, o que aparentemente não era o caso para os tempos das operações de fresagem na *Pool*, que não estavam bem determinados ou disponíveis para uma gama de tarefas a executar. Neste sentido, fez-se um estudo aturado para a definição de um método de determinação dos tempos de fresagem, tendo-se chegada a uma fórmula envolvendo todas as variáveis relevantes ao processo de fresagem. Assim, e apesar de esta solução não permitir estimar com total rigor os tempos, permite estimá-los a um nível mais preciso do que o método previamente utilizado.

Relativamente ao uso da capacidade produtiva, não havia nenhuma política de distribuição equilibrada da carga de fresagem e teste pelas máquinas, nem a preocupação de flexibilizar este processo através da criação de programas de controlo de processo para todas as fresadoras e máquinas de teste onde cada placa pudesse ser fresada ou testada. Na verdade, apesar de elevado potencial neste sentido, a afetação de placas às máquinas era restrita às poucas opções existentes à partida, em face dos poucos programas de controlo e teste existentes para cada placa. Propôs-se o aumento de programas de controlo e processo para cada placa e ainda, face à flexibilidade de afetação daí resultante propôs-se também que se fizesse uma otimização da afetação numa base recorrente, talvez diária, dependente de programa de produção, usando um *solver* de otimização. Neste trabalho sugere-se o uso do CPLEX.

Por fim, relativamente ao *layout* desta área produtiva, identificaram-se várias falhas. Neste sentido, à medida que esta área foi crescendo com a introdução de novos equipamentos, não se procedeu à devida análise do espaço em função da otimização do mesmo. Analisando o *layout*, verificou-se que o total máximo de placas que podiam ser produzidas na atual área eram 41589 unidades. Quanto ao não aproveitamento dos recursos, verifica-se que o tempo total de espera dos equipamentos totaliza 1587 segundos. Relativamente à ergonomia e saúde do operador, por turno o deslocamento associado à movimentação de operadores entre os equipamentos é de 39637 metros. Desta forma, com a criação do novo *layout*, são notórios vários ganhos a nível de produção, como uma redução da desocupação das máquinas em cerca de 333 segundos por turno, redução do o número de ciclos totais em cerca de 764 ciclos por turno, aumento do número de placas produzidas em 931 unidades, aumento da ocupação de cada operador em cerca de 10309 segundos e redução do deslocamento total em cerca de 14562 metros.

Podemos finalmente afirmar que os objetivos deste trabalho foram assertivamente atacados e plenamente alcançados.

6.2 Trabalhos futuros

Tratando-se esta de uma dissertação de Mestrado, existem aspetos deste projeto que não fizeram parte do âmbito da dissertação, mas que são cruciais para o sucesso do projeto.

Uma das atividades que proponho o seu desenvolvimento, seria um sistema ou ferramenta, que permitisse um controlo instantâneo ao processo da *pool* com base nas características dos equipamentos, planos de produção e, número de operadores. Assim, a alocação automática instantânea das placas aos equipamentos, era seguido com base em sistemas de otimização que, permitiram, além de estar alinhado com os restantes planos de produção de MOE1 e MOE2, uma diminuição da dependência dos chefes de turno no cumprimento dos planos de produção e, maior capacidade de resposta nas diversas vicissitudes das áreas envolventes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A., & Carmo-Silva, S. (2009). Design methodologies for product oriented manufacturing systems. In *Proceedings of the First International Conference on Integration of Design*. Porto: Engineering and Management for Innovation IDEMI09.
- Alves, A. C. (2007). *Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto* (dissertação de doutoramento). Universidade do Minho, Portugal.
- Arvindh, B., & Irani, S. (1994). Cell formation: the need for an integrated solution of the Problems. *International Journal of Production Research*, 32, 1197–1218. <https://doi.org/10.1080/00207549408956995>
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694– 715. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- Black, J., & Hunter, S. (2003). *Lean Manufacturing System and Cell Design*. (SME, Ed.). Steyning.
- Bohnen, F., Maschek, T., & Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3).
- Bosch. (2008). Practical Guide: FIFO Lanes.
- Bosch. (2009). Manual de Acolhimento e Integração.
- Bosch. (2010). Apresentação da Bosch Car Multimédia.
- Bosch. (2011). Bosch em Portugal - 100 anos de Tecnologia para a Vida.
- Bosch. (2016). Intranet. Acedido em 21 de Setembro de 2017, de <https://inside.bosch.com/irj/portal?NavigationTarget=navurl://3a9d76acb49a1ca142b4728db43b59f9>
- Bosch. (2017). Documento interno - Projeto EMS.
- Boysen, N., Fliedner, M. e Scholl, A. (2006). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674–693. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.010>
- Cesár, M.; Mendes, S. & Carmo, R. (2001). Interagir para Aprender: Processos de Avaliação de um Projecto de Investigação – Acção. In *VI Congresso Galaico – Português de Psicopedagogia* (pp. 775–789). Universidade do Minho.
- Chaneski, W. S. (2004). FIFO Lane Helps Job Shops Regulate Work Flow.

- Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turn over. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 154–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.031>
- Dombrowski, U., Mielke, T., & Engel, C. (2012). Knowledge Management in Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 3, 436–441. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.075>
- Drickhamer, D. (2005). The Kanban E-volution. Retrieved October 4, 2017, from <http://www.mhlnews.com/technology-amp-automation/kanban-e-volution>
- Fernandes, N.O. & Silva, S. C. (2006). A generic Workload control model for order release and Workflow control. Fisciano: 18th International Conference on Production Research.
- Fernandes, N. O. (2007). *Contribuições Para O Controlo Da Actividade De Produção por Encomenda* (dissertação de doutoramento). Universidade do Minho, Portugal.
- Fernandes, N. O. G. (1999). *Controlo da Actividade de Produção com Sistemas CONWIP* (dissertação de mestrado). Universidade do Minho, Portugal.
- Gilmore, T.; Krantz, J. & Ramirez, R. (2015). Action based modes of inquiry and the host-researcher relationship . *Consultation: An International Journal*, 5(3), 160–176.
- Ho, Y., & Liao, T. (2011). A concurrent solution for intra-cell flow path layouts and I/O point locations of cells in a cellular manufacturing systems. *International Journal of Industrial Engineering*, 60, 614–634. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.12.019>
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, 30(1), 41–52. <https://doi.org/10.1108/01443570911005992>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. (M. G.-H. Professional, Ed.). New York.
- Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. (Bookman, Ed.). Porto Alegre.
- Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2011). *NMotion and Time study for Lean Manufacturing*. (P. Education, Ed.) (3rd ed.). Londres.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. (Productivity Press, Ed.). Portland.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean*. (Lidel, Ed.) (6th ed.). Lisboa.
- Ribeiro, M. F. O. P. (1998). *Estudo Comparativo de Diferentes Abordagens ao Controlo da Produção Fabril* (dissertação de mestrado). Universidade do Minho, Portugal.
- Romero, F. (2010). *Apontamentos da Unidade Curricular de Metodologias de Investigação*. Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.

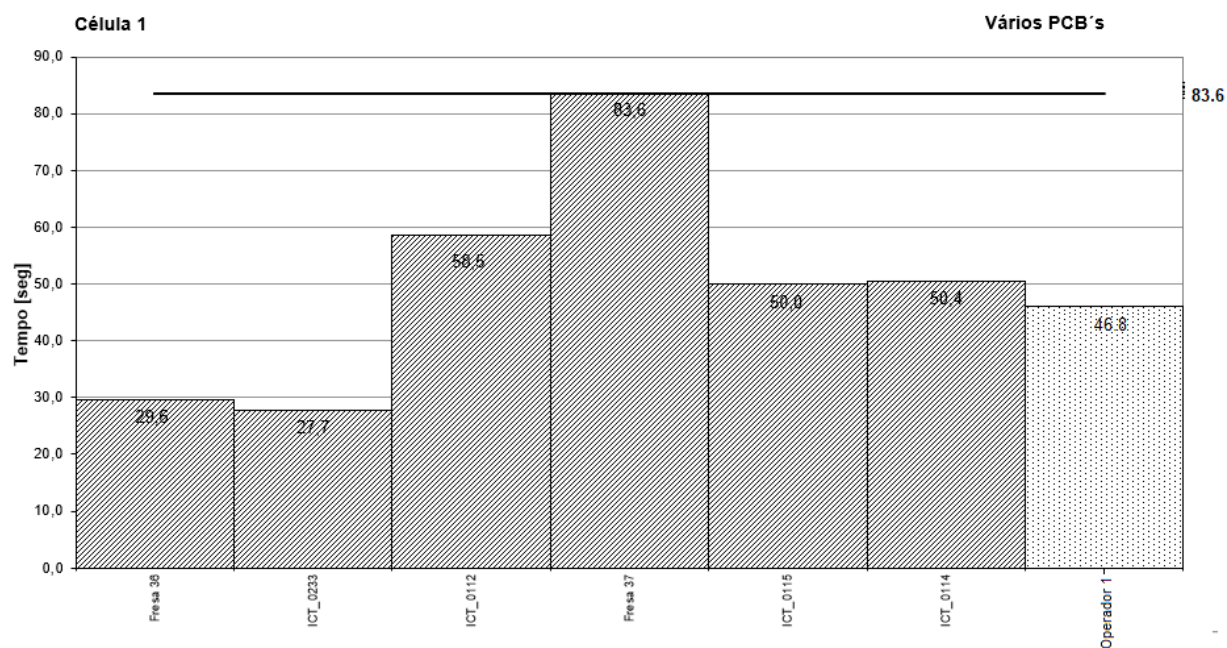
- Rother, M., Shook, J. (1999). *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda*. (The Lean Enterprise Institute, Ed.) (1st ed.). USA.
- Rubrich, L., & Watson, M. (2000). *Implmenting World Class Manufacturing: A Bridge Your Manufacturing Surviva*. (WCM Associates, Ed.) (1st ed.). Fort Wayne.
- Santos, Ana, Carolina, O., Silva, Carlos, Eduardo, S., & Almeida, Dagoberto, A. (2010). Análise Do Indicador De Efciência Global De De Manufatura Enxuta. In *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Scholl, A. (1999). *Balancing and sequencing of assembly lines*. (P. V. Heidelberg, Ed.) (2nd ed.). Heidelberg.
- Slack, N.; CHambers, S.; Johnston, R. (2002). *Administração da Produção*. (Atlas, Ed.) (2nd ed.). São Paulo.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I. (1983). *Action Research: A Sociotechnical Systems Perspective*. (Sage, Ed.). Newbury Park.
- Trombetta, D. A., Kurek, J., Oliveira, C. R., Martins, M. S., & Rojas, J. W. (n.d.). Análise das oportunidades de melhorias na produção da indústria do vestuário utilizando células de produção. *inGEPRO*.
- Tubino, D. F. (1997). *Sistemas de Produção: a produtividade do chão de fábrica*. (Bookman, Ed.). Porto Alegre.
- Vieira, R. P. M. A. (2014). *Implementação do Toyota Production System – Standard Work na secção de Soldadura*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.
- Warnecke, H. J., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*, 37–43.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. (Rawson Associates., Ed.). New York.

ANEXO I- TRABALHO STANDARD OPERADORES- LAYOUT ANTIGO

Operador 1

 BOSCH STAB - Entrada de Dados		Seção MOE11	Linha / Célula Célula 1	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 4329
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 328,0
Sequência total de tarefas 29	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAR
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

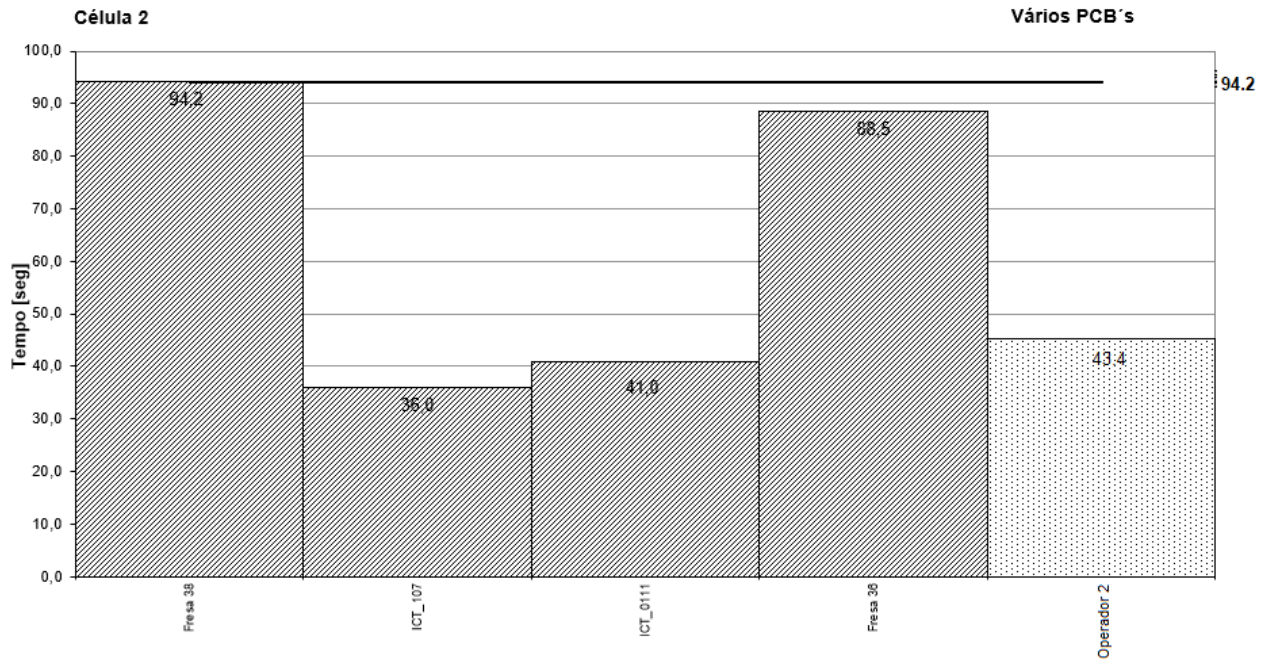
nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0233	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 36				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
4		Deslocamento ao ICT_0233				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0233	3,0			
6	11	Teste no ICT_0233		27,7		
7	12	Deslocamento ao ICT_0112				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0112	3,0			
9		Deslocamento à fresa 36				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
11		Deslocamento ao ICT_0112				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0112	3,0			
13	39	Teste no ICT_0112		58,5		
14	44	Deslocamento ao ICT_0115				1,7
15	46	Retirar PCB testado do ICT_0115	3,0			
16	94	Deslocamento à fresa 37				0,5
17	47	Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
18	48	Deslocamento ao ICT_0115				0,5
19	49	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0115	3,0			
20	50	Teste no ICT_0115		50,0		
21	51	Deslocamento ao ICT_0114				1,2
22	34	Retirar PCB do ICT_0114	3,0			
23		Deslocamento à fresa 37				0,5
24		Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
25		Deslocamento ao ICT_0114				0,5
26		Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0114	3,0			
27		Teste no ICT_0114		50,4		
28		Deslocamento ao ICT_0233(Retorno)				3,0
			36,00	299,77	0,00	10,80
						46,8



Operador 2

 StAB - Entrada de Dados	Seção MOE11	Linha / Célula Célula 2	Produto / n° de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 6562			
	Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	N° de ciclos planeados 291,0		
Sequência total de tarefas 22	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para STAR	Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar

n°	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0107	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 38				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 38 e fresar contornos	3,0	47,1		
4		Deslocamento ao ICT_0107				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0107	3,0			
6	11	Teste no ICT_0107		36,0		
7	12	Deslocamento ao ICT_0111				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0111	3,0			
9		Deslocamento à fresa 38				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 38 e fresar contornos	3,0	47,1		
11		Deslocamento ao ICT_0111				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0111	3,0			
13	39	Teste no ICT_0111		41,0		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 36				2,4
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
19		Retirar PCB 5 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
20		Retirar PCB 6 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,8		
21	48	Deslocamento ao ICT_0107 (Retorno)				2,1
			36,00	259,65	0,00	7,40
						43,4

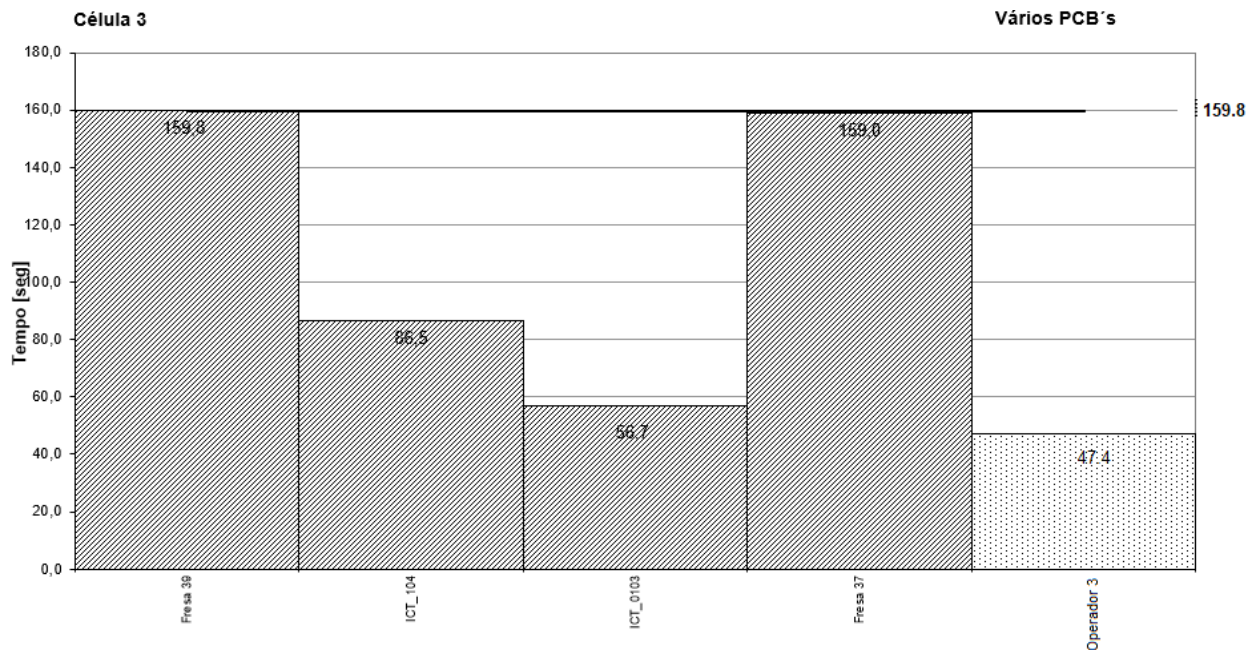


Operador 3

BOSCH StAB - Entrada de Dados	Seção MOE11	Linha / Célula Célula 3	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 5602		
	Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 172,0	
Sequência total de tarefas 24	<input type="button" value="Eliminar linhas"/>	<input type="button" value="Acrescentar linhas"/>	<input type="button" value="Exportar seleção para"/>	<input type="button" value="Exportar tudo para StAB"/>	Idioma <input type="button" value="Português"/>	Funções <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0104	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 39				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 39 e fresar contornos	3,0	79,9		
4		Deslocamento ao ICT_0104				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0104	3,0			
6	11	Teste no ICT_0104		86,5		
7	12	Deslocamento ao ICT_0103				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0103	3,0			
9		Deslocamento à fresa 39				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 39 e fresar contornos	3,0	79,9		
11		Deslocamento ao ICT_0103				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0103	3,0			
13	39	Teste no ICT_0103		56,7		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 37				1,3
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
19		Retirar PCB 5 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
20		Retirar PCB 6 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
21		Retirar PCB 7 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
22		Retirar PCB 8 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
23	48	Deslocamento ao ICT_0104 (Retorno)				1,2
			42,00	461,96	0,00	5,40
			47,4			



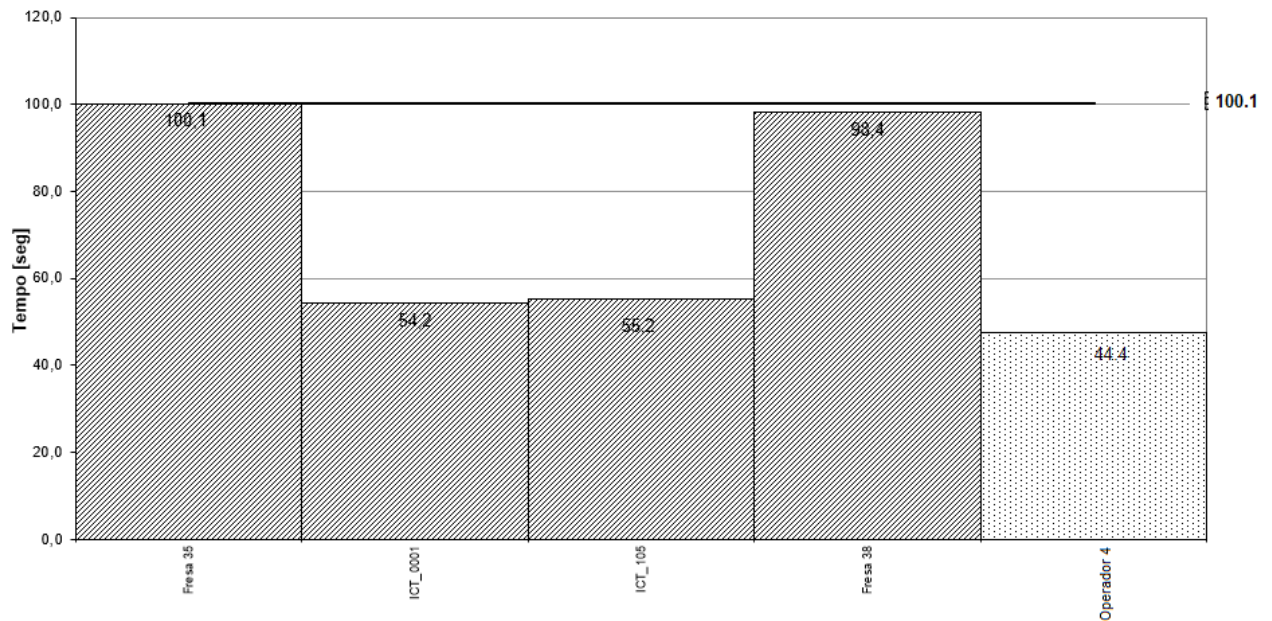
Operador 4

 BOSCH StAB - Entrada de Dados	Seção MOE11	Linha / Célula Célula 4	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 5414
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 274,0
Seqüência total de tarefas 23	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para
		Exportar tudo para STAR	Exportar tudo	Idioma Português
				Funções Calcular Limpar

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0001	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 35				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 35 e fresar contornos	3,0	50,1		
4		Deslocamento ao ICT_0001				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0001	3,0			
6	11	Teste no ICT_0001		54,2		
7	12	Deslocamento ao ICT_0105				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0105	3,0			
9		Deslocamento à fresa 35				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 35 e fresar contornos	3,0	50,1		
11		Deslocamento ao ICT_0105				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0105	3,0			
13	39	Teste no ICT_0105		55,2		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 38				1,3
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
19		Retirar PCB 5 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
20		Retirar PCB 6 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
21		Retirar PCB 7 fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
22	48	Deslocamento ao ICT_0001 (Retorno)				1,2
			39,00	307,85	0,00	5,40
					44,4	

Célula 3

Vários PCB's

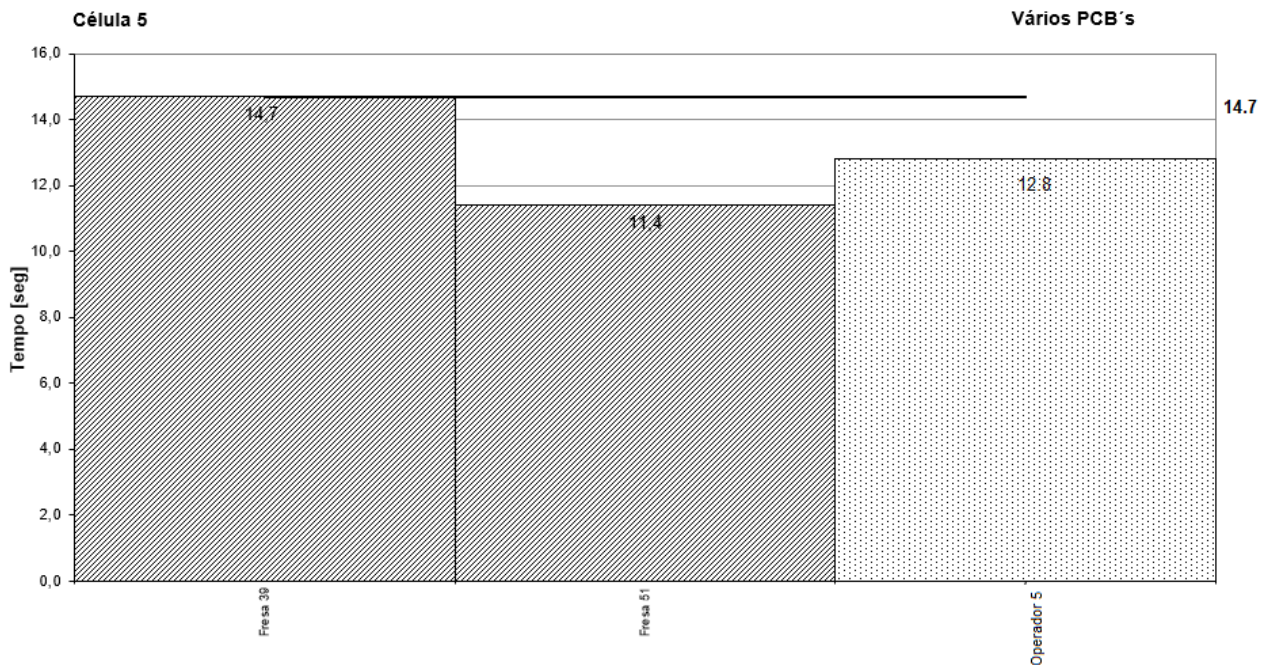


Operador 5

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção MOE11	Linha / Célula Célula 5	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 3736			
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 1868,0			
Seqüência total de tarefas 5	<input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>	<input type="button" value="Eliminar linhas"/>	<input type="button" value="Acrescentar linhas"/>	<input type="button" value="Exportar seleção para"/>	<input type="button" value="Exportar tudo para StAB"/>	<input type="button" value="Exportar tudo"/>	Idioma Português	Funções <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
2	99	Deslocamento à fresa 51				3,4
3	9	Retirar PCB fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
4		Deslocamento à fresa 39 (Retorno)				3,4
			6,00	26,10	0,00	6,80
					12,8	

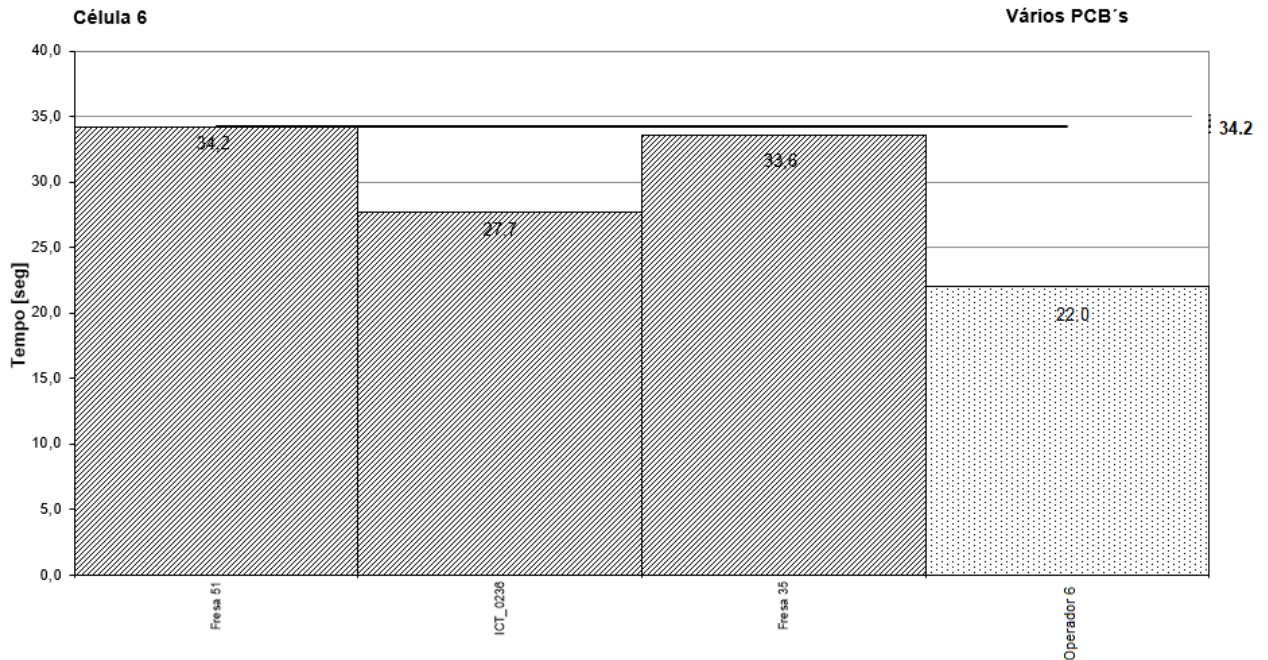


Operador 6

 BOSCH StAB - Entrada de Dados	Secção MOE11	Linha / Célula Célula 6	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 4806
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 801,0
Seqüência total de tarefas 11	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para
		Exportar tudo para STAR	Exportar tudo	Idioma Português
				Funções Calcular Limpar

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0236	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 51				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 51 e fresar contornos	3,0	34,2		
4		Deslocamento ao ICT_0236				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0236	3,0			
6	11	Teste no ICT_0236		27,7		
7	12	Deslocamento à fresa 35				3,0
8	35	Retirar PCB 1 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
9		Retirar PCB 2 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
10	48	Deslocamento ao ICT_0236 (Retorno)				3,0
			15,00	95,50	0,00	7,00
					22,0	

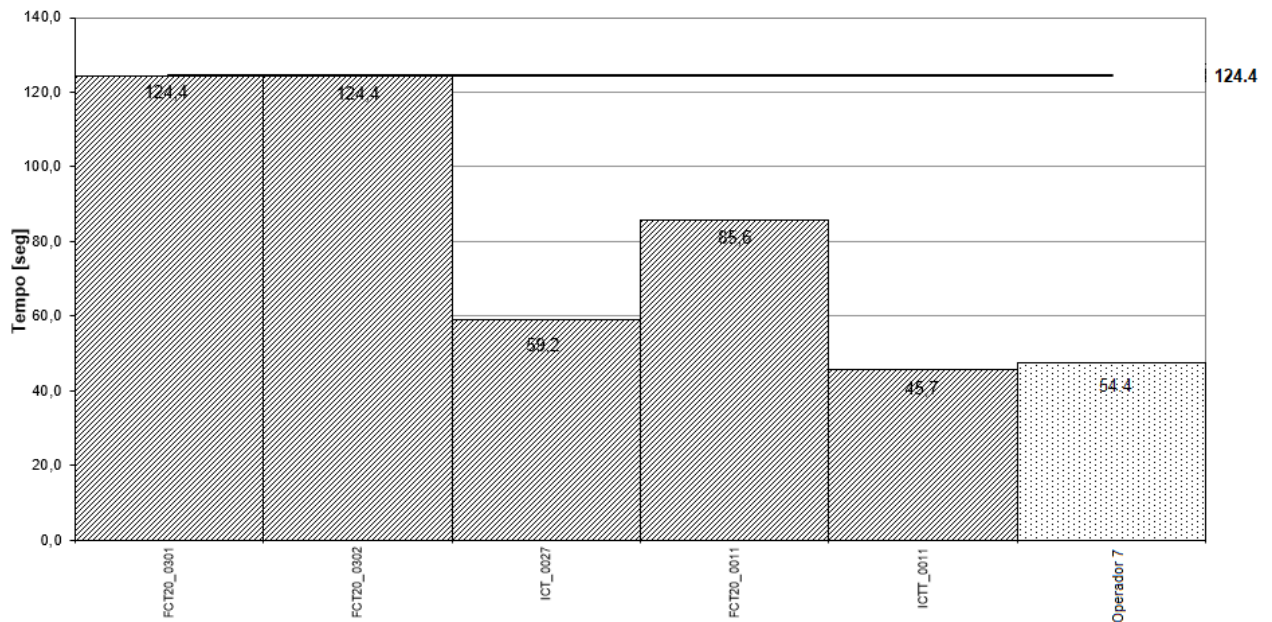


Operador 7

BOSCH StAB - Entrada de Dados	Secção MOE11	Linha / Célula Célula 7	Produto / n° de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 2425		
	Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	N° ciclos planeados 220,0	
Sequência total de tarefas 25	<input type="button" value="Eliminar linhas"/>	<input type="button" value="Acrescentar linhas"/>	<input type="button" value="Exportar seleção para"/>	<input type="button" value="Exportar tudo"/>	Idioma <input type="button" value="Português"/>	Funções <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>

328

n°	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do FCT20_0301 e coloca no container de placas testadas	3,0			
2	99	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0301	3,0	124,4		
3	9	Deslocamento ao FCT20_0302				1,2
4		Retirar PCB testado do FCT20_0302 e coloca no container de placas testadas	3,0			
5	10	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0302	3,0	124,4		
6	11	Deslocamento ao ICT_0027				1,2
7	12	Retirar PCB testado do ICT_0027 e coloca no container de placas testadas	3,0			
8	35	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0027	3,0	59,2		
9		Deslocamento ao FCT20_0303				1,2
10		Retirar PCB testado do FCT20_0303 e coloca no container de placas testadas	3,0			
11		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0303	3,0	124,4		
12	38	Deslocamento ao FCT20_0011				1,2
13	39	Retirar PCB testado do FCT20_0011 e coloca no container de placas testadas	3,0			
14	44	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0011	3,0	85,6		
15	46	Deslocamento ao ICTT_0011				1,2
16	94	Retirar PCB testado do ICTT_0011 e coloca no container de placas testadas	3,0			
17	47	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICTT_0011	3,0	45,7		
18		Deslocamento à bancada de reparação				1,2
19		Retirar PCB do container e colocada na base da bancada	3,0			
20		Pegar na chapa e aplica sobre o componente	2,0			
21		Prensar chapa na placa	2,0			
22		Colocar placa com chapa no container	3,0			
24	48	Deslocamento ao FCT20_0301 (Retorno)				1,2
			46,00	563,70	0,00	8,40
			54,4			

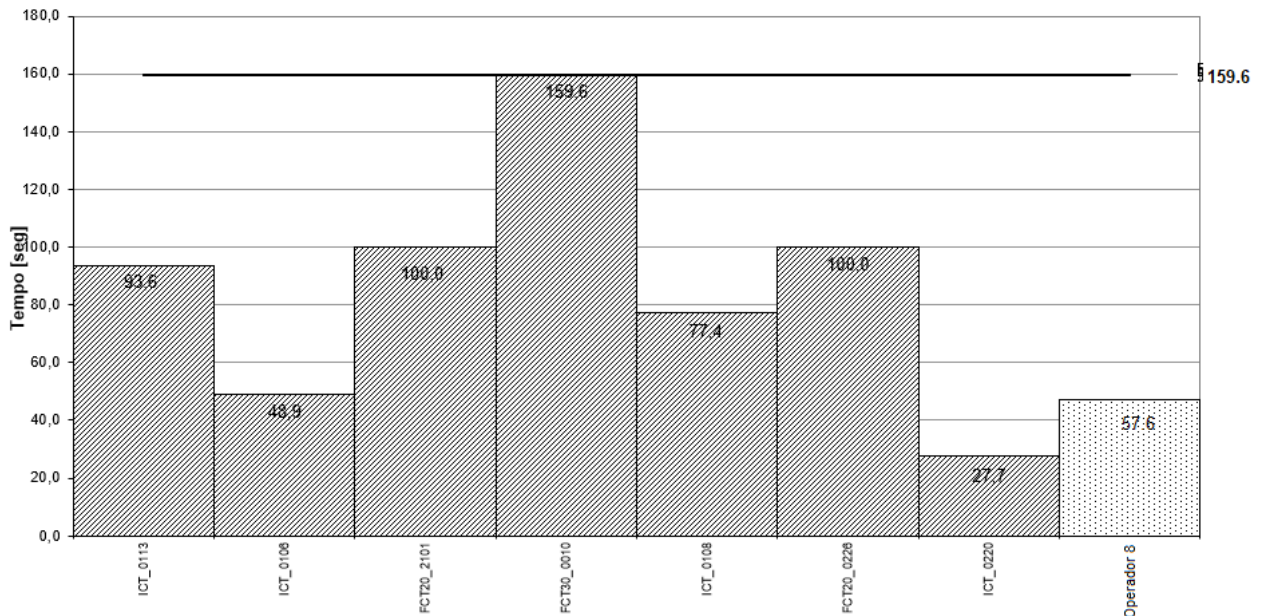


Operador 8

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção MOE11	Linha / Célula Célula 8	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 2425
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 220,0
Seqüência total de tarefas 25	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0113 e coloca no container de placas testadas	3,0			
2	99	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0113	3,0	93,6		
3	9	Deslocamento ao ICT_0106				1,2
4		Retirar PCB testado do ICT_0106 e coloca no container de placas testadas	3,0			
5	10	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0106	3,0	17,9		
6	11	Deslocamento ao FCT20_2101				1,2
7	12	Retirar PCB testado do FCT20_2101 e coloca no container de placas testadas	3,0			
8	35	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_2101	3,0	100,0		
9		Deslocamento ao ICT_0026				1,2
10		Retirar PCB testado do ICT_0106 e coloca no container de placas testadas	3,0			
11		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0106	3,0	31,0		
12		Deslocamento ao FCT30_0010				1,2
13		Retirar PCB testado do FCT30_0010 e coloca no container de placas testadas	3,0			
14		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT30_0010	3,0	159,6		
15	38	Deslocamento ao ICT_0108				1,2
16	39	Retirar PCB testado do ICT_0108 e coloca no container de placas testadas	3,0			
17	44	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0108	3,0	77,4		
18	46	Deslocamento ao FCT20_0226				1,2
19	94	Retirar PCB testado do FCT20_0226 e coloca no container de placas testadas	3,0			
20	47	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0226	3,0	100,0		
21		Deslocamento ao ICT_0220				1,2
22		Retirar PCB testado do ICT_0220 e coloca no container de placas testadas	3,0			
23		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0220	3,0	27,7		
24	48	Deslocamento ao ICT_0113 (Retorno)				1,2
25		Desloca-se para ICT_0233 (Retorno).				0,0
			48,00	607,20	0,00	9,60
						57,6

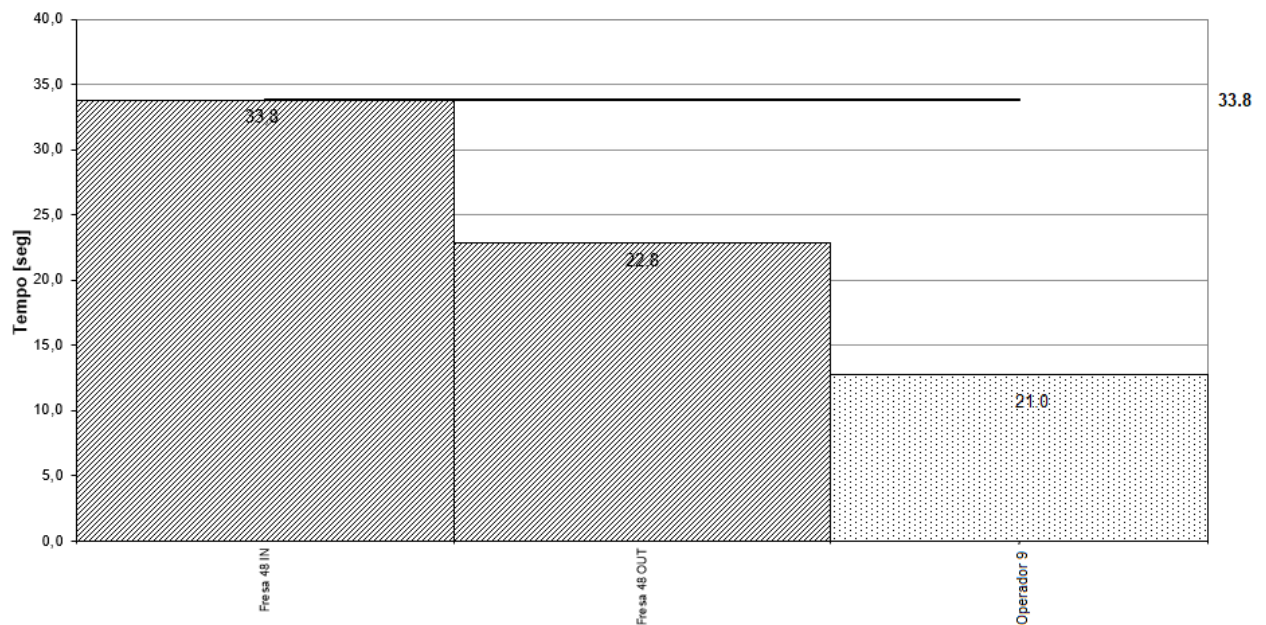


Operador 9

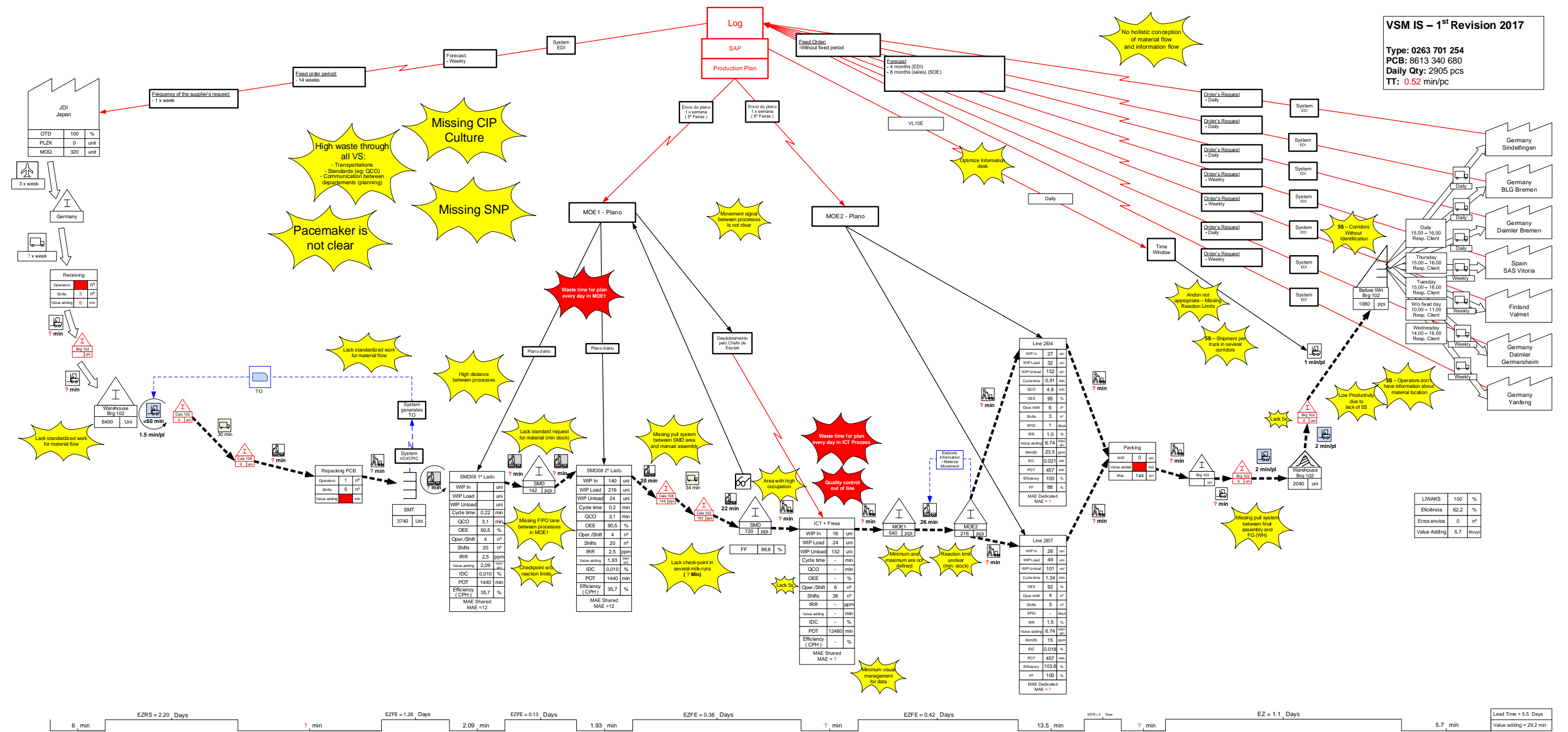
 BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção MOE11	Linha / Célula Célula 9	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 4051
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 12/06/2017	Nº ciclos planeados 810,0
Sequência total de tarefas 6	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retira pcb do container e coloca no perfil de entrada da fresa 48 e fresa contornos	3,0	33,8		
2	99	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 48				6,0
3	9	Retirar PCB 1 fresado da fresa 48 e coloca na caixa	3,0	11,4		
4		Retirar PCB 2 fresado da fresa 48 e coloca na caixa	3,0	11,4		
5		Deslocamento ao conveyor de entrada da fresa 48 (Retorno)				6,0
			9,00	56,60	0,00	12,00
					21,0	




ANEXO II- VSM ATUAL

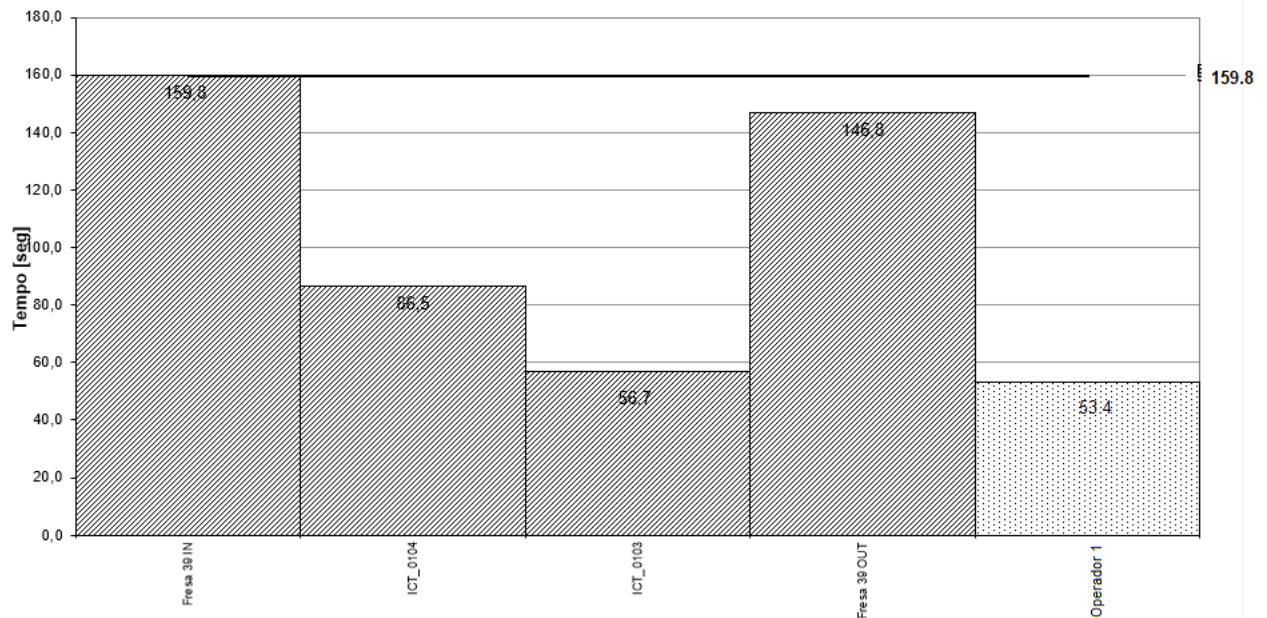


ANEXO III- TRABALHO STANDARD OPERADORES- LAYOUT NOVO

Operador 1

 BOSCH StAB - Entrada de Dados	Seção	MOE11	Linha / Célula	Célula 1	Produto / n° de tipo / Família	Vários PCB's	Quantidade	5945			
	Sequência de operadores / Total	Supervisor	Fernando Felicidade	Planeador	Hugo Castro	Data	20/09/2017	Nº ciclos planeados	172,0		
Sequência total de tarefas	25	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB	Exportar tudo	Idioma	Português	Funções	Calcular	Limpar

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retira PCB testado do ICT_0104	3,0			
2		Deslocamento ao conveyor de entrada da fresa 39				0,6
3		Coloca PCB no perfil da fresa 39 e fresar contornos	3,0	79,9		
4		Deslocamento ao ICT_0104				0,6
5		Puxar a tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0104	3,0	86,5		
7		Deslocamento ao ICT_0103				1,0
8		Retira PCB testado do ICT_0103	3,0			
9		Deslocamento ao conveyor de entrada da fresa 39				0,7
10		Coloca PCB no perfil da fresa 39 e fresar contornos	3,0	79,9		
11		Deslocamento ao ICT_0103				0,7
12		Puxar a tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0103	3,0	56,7		
13		Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 39				0,6
14	9	Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
15		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
16		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
17		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
18		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
19		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
20		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
21		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
22		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
23		Retirar PCB 1 fresado da fresa 39 e coloca na caixa	3,0	14,7		
24		Deslocamento ao ICT_0104 (Retorno)				1,2
			48,00	449,75	0,00	5,40
						53,4

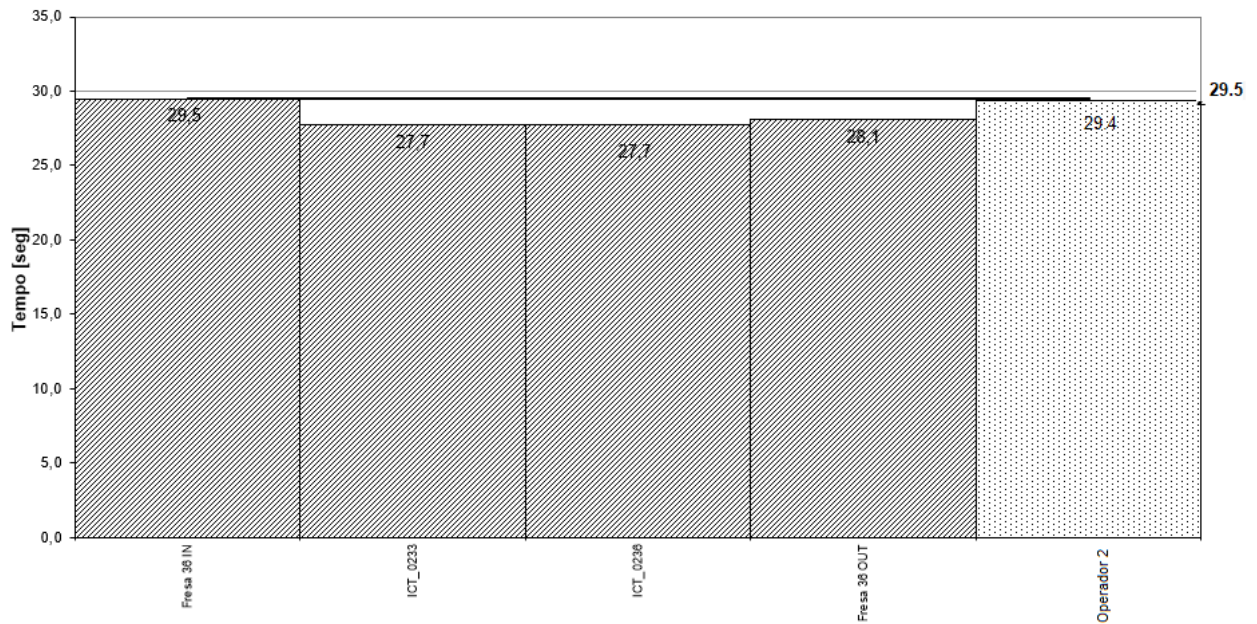


Operador 2


 BOSCH StAB - Entrada de Dados		Seção MOE11	Linha / Célula Célula 2	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 4644
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 929,0
Sequência total de tarefas 17	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retira PCB testado do ICT_0233	3,0			
2		Deslocamento ao conveyor de entrada da fresa 36				0,6
3		Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
4		Deslocamento ao ICT_0233				0,6
5		Puxar a tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0233	3,0	27,7		
7		Deslocamento ao ICT_0236				1,0
8		Retira PCB testado do ICT_0236	3,0			
9		Deslocamento ao conveyor de entrada da fresa 36				0,7
10		Coloca PCB no perfil da fresa 36 e fresar contornos	3,0	14,8		
11		Deslocamento ao ICT_0236				0,7
12		Puxar a tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0236	3,0	27,7		
13		Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 36				0,6
14	9	Retirar PCB 1 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,1		
15		Retirar PCB 2 fresado da fresa 36 e coloca na caixa	3,0	14,1		
16		Deslocamento ao ICT_0233 (Retorno)				1,2
			24,00	113,00	0,00	5,40
					29,4	

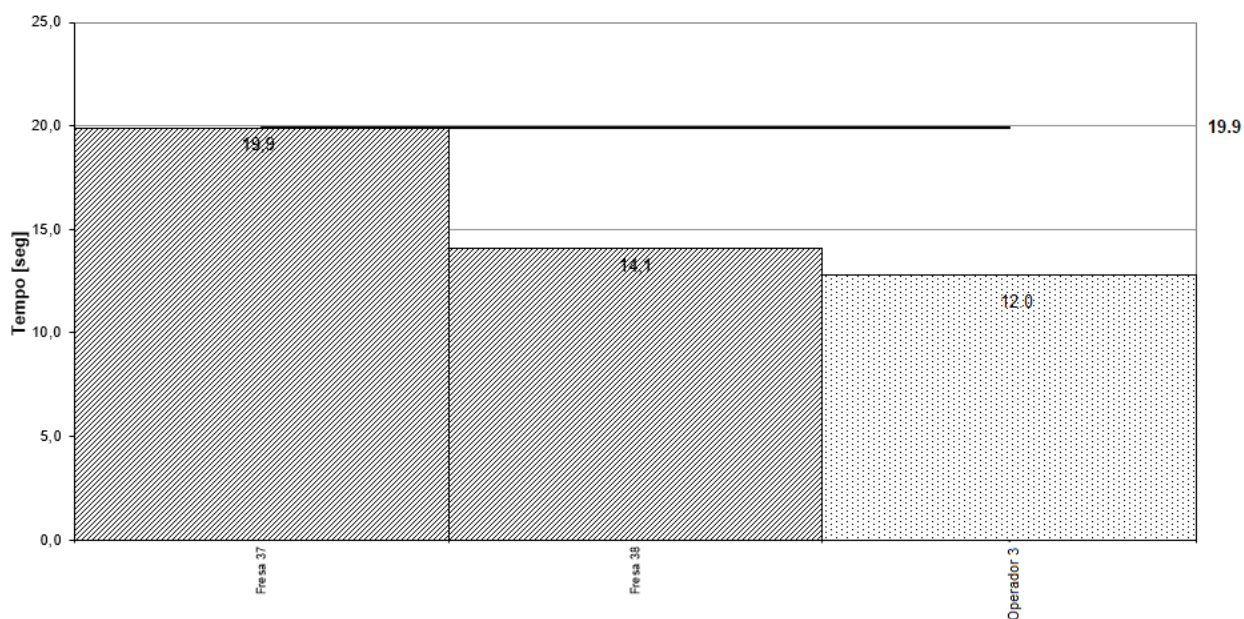


Operador 3

 BOSCH StAB - Entrada de Dados	Secção MOE11	Linha / Célula Célula 3	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 2760
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 1380,0
Seqüência total de tarefas 5	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para
		Exportar tudo para StAB	Exportar tudo	Idioma Português
				Funções Calcular Limpar

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	19,9		
2	99	Deslocamento à fresa 38				3,0
3	9	Retirar PCB fresado da fresa 38 e coloca na caixa	3,0	14,1		
4		Deslocamento à fresa 37 (Retorno)				3,0
			6,00	34,00	0,00	6,00
					12,0	

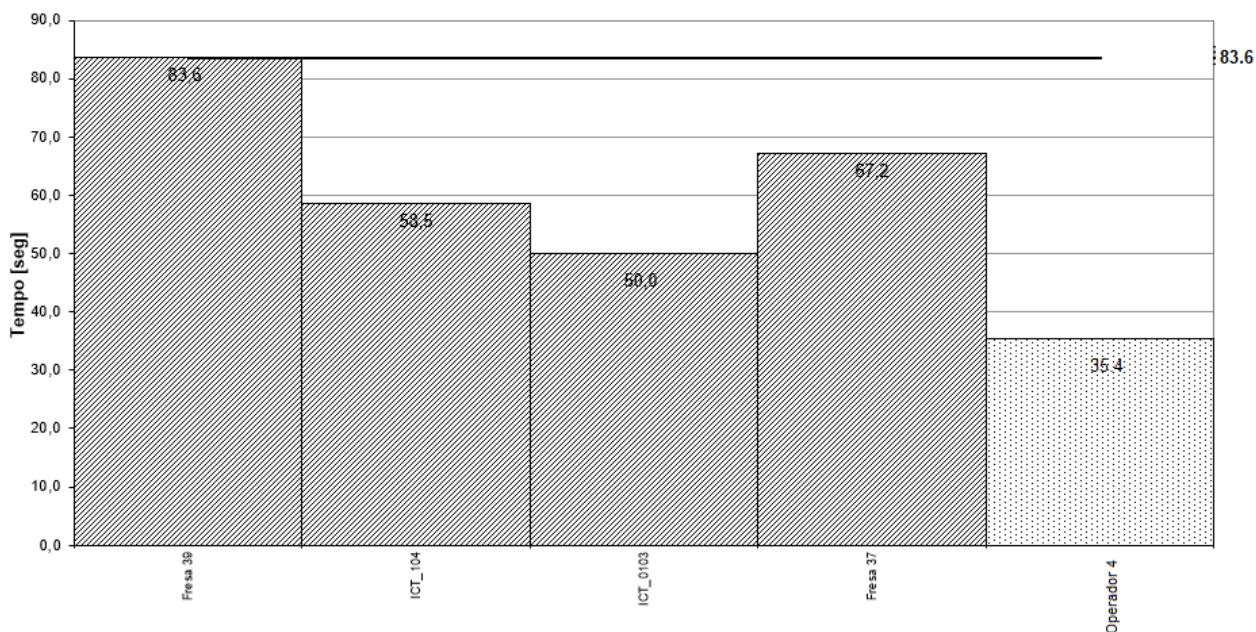


Operador 4

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Seção MOE11	Linha / Célula Célula 4	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 4337
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 329,0
Sequência total de tarefas 20	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

328

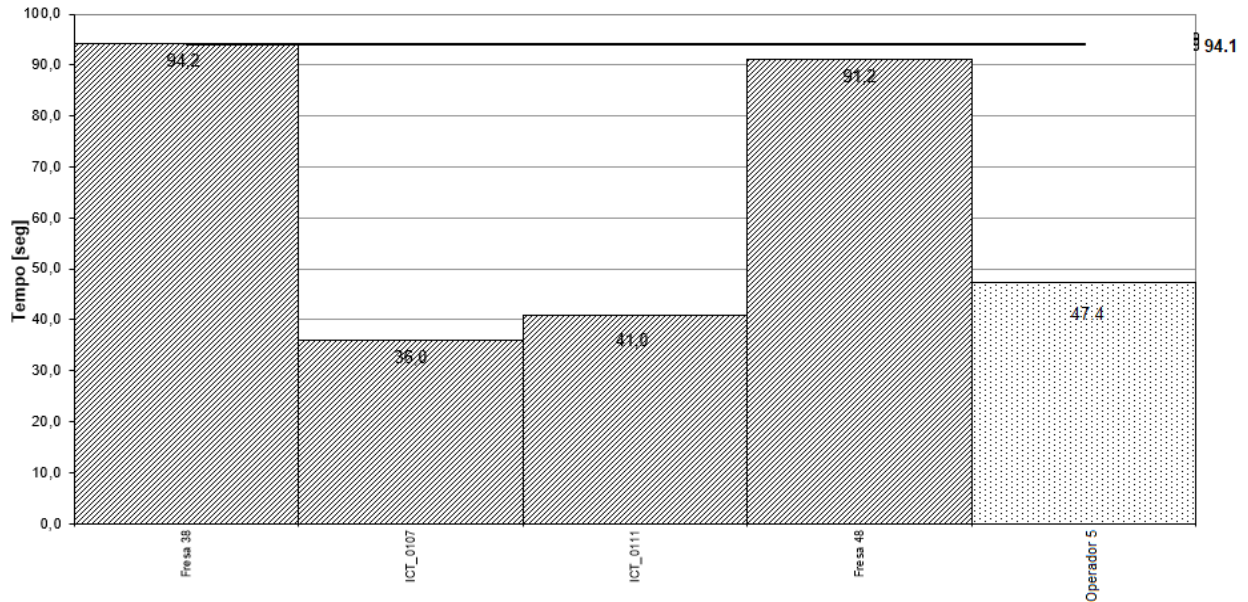
nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0112	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 37				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
4		Deslocamento ao ICT_0112				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0112	3,0			
6	11	Teste no ICT_0112		58,5		
7	12	Deslocamento ao ICT_0115				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0115	3,0			
9		Deslocamento à fresa 37				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 37 e fresar contornos	3,0	41,8		
11		Deslocamento ao ICT_0115				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0115	3,0			
13	39	Teste no ICT_0115		50,0		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 35				1,3
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 35 e coloca na caixa	3,0	16,8		
19	48	Deslocamento ao ICT_0112 (Retorno)				1,2
			30,00	259,25	0,00	5,40
					35,4	



Operador 5

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Seção MOE11	Linha / Célula Célula 5	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 7145
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 291,0
Sequência total de tarefas 24	<input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>	

		328				
nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Destacamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0107	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 38				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 38 e fresar contornos	3,0	47,1		
4		Deslocamento ao ICT_0107				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0107	3,0			
6	11	Teste no ICT_0107		36,0		
7	12	Deslocamento ao ICT_0111				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0111	3,0			
9		Deslocamento à fresa 38				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 38 e fresar contornos	3,0	47,1		
11		Deslocamento ao ICT_0111				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0111	3,0			
13	39	Teste no ICT_0111		41,0		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 48				1,3
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
19		Retirar PCB 5 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
20		Retirar PCB 6 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
21		Retirar PCB 7 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
22		Retirar PCB 8 fresado da fresa 37 e coloca na caixa	3,0	11,4		
23	48	Deslocamento ao ICT_0107 (Retorno)				1,2
			42,00	262,34	0,00	5,40
					47,4	

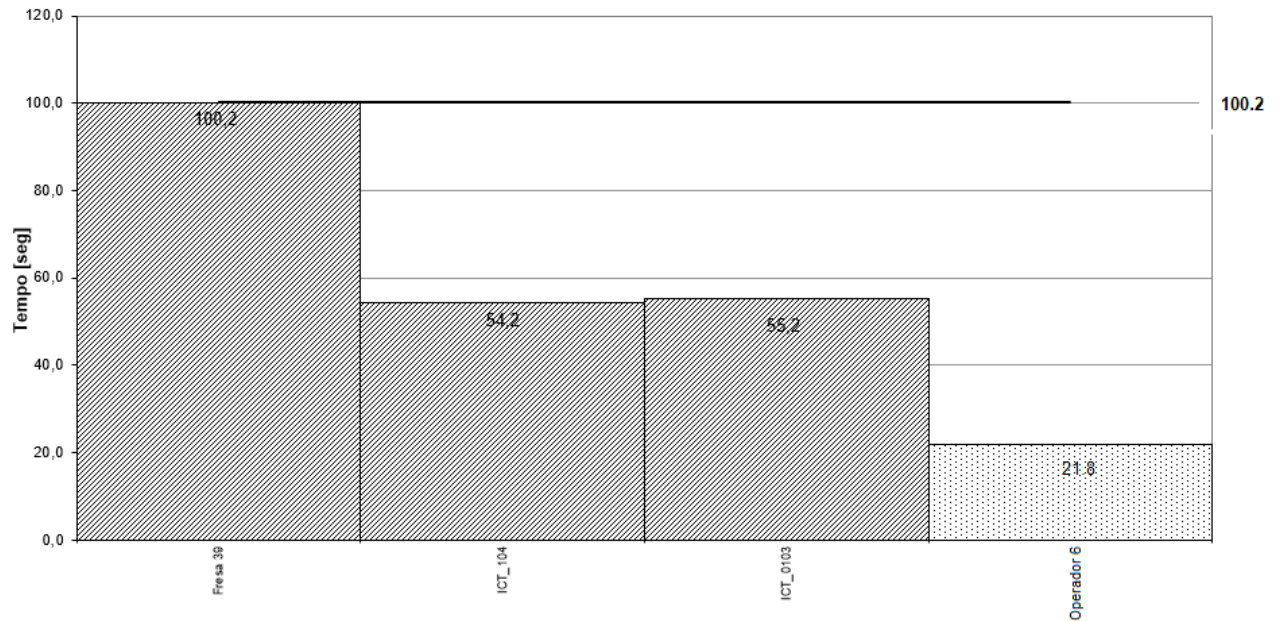


Operador 6

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção MOE11	Linha / Célula Célula 6	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 3497			
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 274,0			
Sequência total de tarefas 15	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para StAB	Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar

328

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0001	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 35				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 35 e fresar contornos	3,0	50,1		
4		Deslocamento ao ICT_0001				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0001	3,0			
6	11	Teste no ICT_0001		54,2		
7	12	Deslocamento ao ICT_0105				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0105	3,0			
9		Deslocamento à fresa 35				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 35 e fresar contornos	3,0	50,1		
11		Deslocamento ao ICT_0105				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0105	3,0			
13	39	Teste no ICT_0105		55,2		
14	48	Deslocamento ao ICT_0104 (Retorno)				0,9
			18,00	209,55	0,00	3,80
						21,8

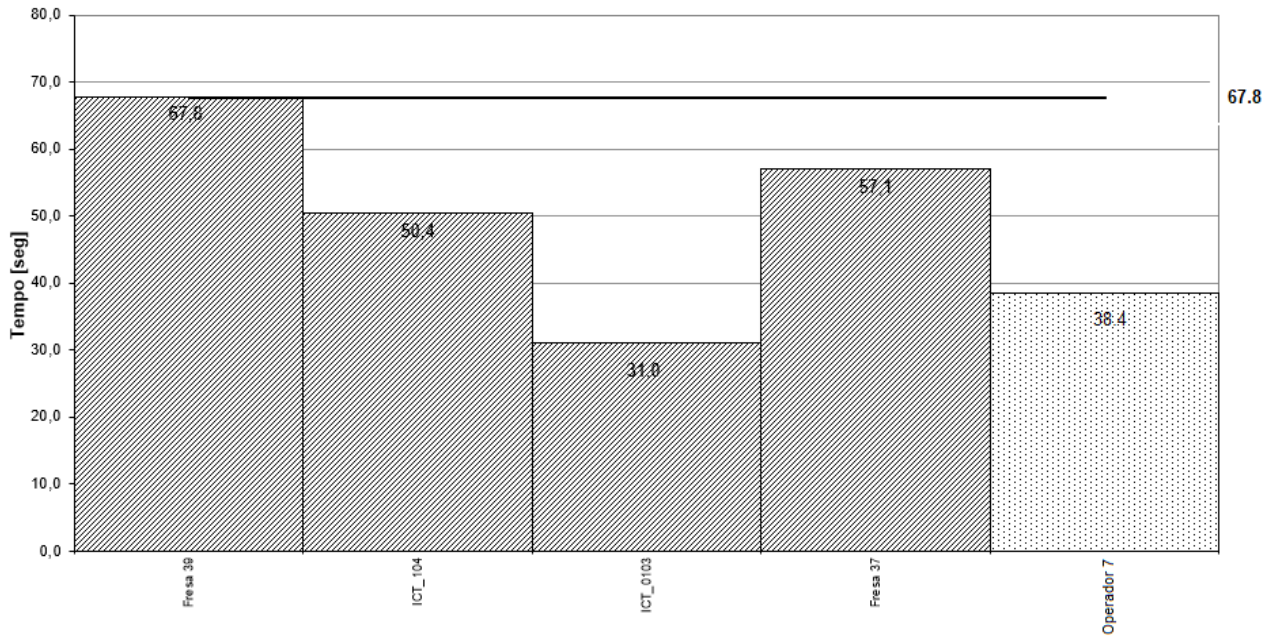


Operador 7

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Secção MOE11	Linha / Célula Célula 7	Produto / n° de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 5534
Seqüência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	N° ciclos planeados 405,0
Seqüência total de tarefas 21	▲ ▼	Eliminar linhas	Acrescentar linhas	Exportar seleção para	Exportar tudo para STAR
		Exportar tudo	Idioma Português	Funções Calcular Limpar	

328

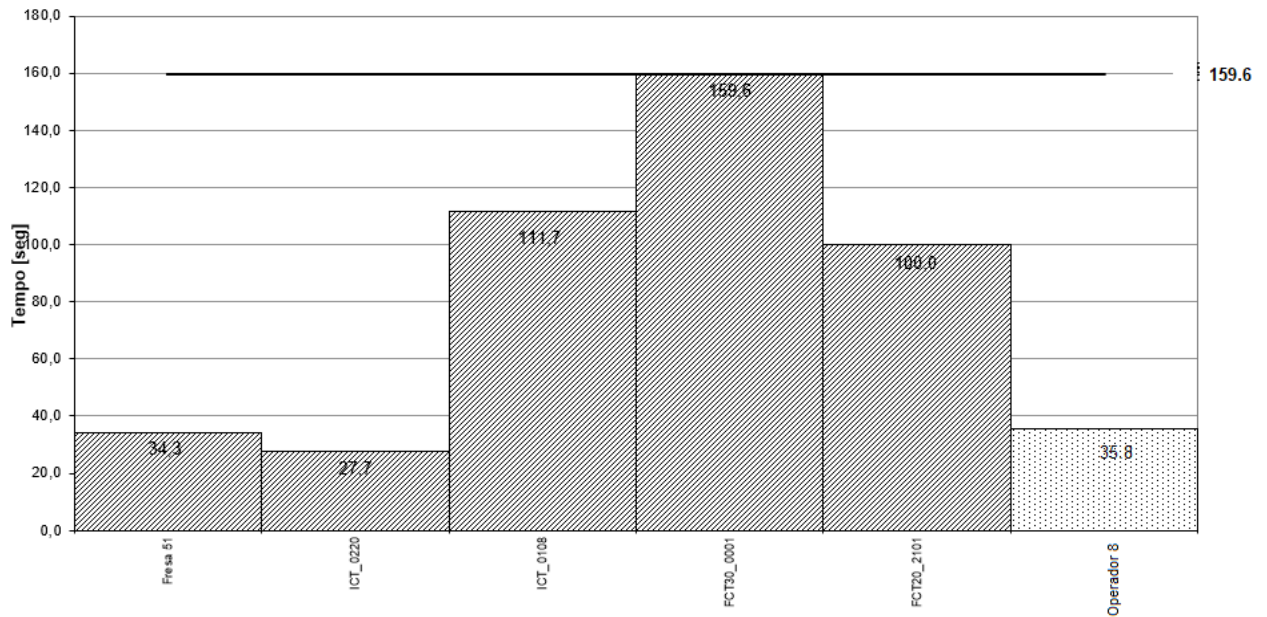
n°	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0114	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 48				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 48 e fresar contornos	3,0	33,9		
4		Deslocamento ao ICT_0114				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0114	3,0			
6	11	Teste no ICT_0114		50,4		
7	12	Deslocamento ao ICT_0026				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0026	3,0			
9		Deslocamento à fresa 48				0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 48 e fresar contornos	3,0	33,9		
11		Deslocamento ao ICT_0026				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0026	3,0			
13	39	Teste no ICT_0026		31,0		
14	44	Deslocamento ao conveyor de saída da fresa 51				1,3
15	46	Retirar PCB 1 fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
16	94	Retirar PCB 2 fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
17	47	Retirar PCB 3 fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
18		Retirar PCB 4 fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
19		Retirar PCB 5 fresado da fresa 51 e coloca na caixa	3,0	11,4		
20	48	Deslocamento ao ICT_0114 (Retorno)				1,2
			33,00	206,25	0,00	5,40
						38,4



Operador 8

 StAB - Entrada de Dados	Seção MOE11	Linha / Célula Célula 8	Produto / n° de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 2496	
	Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)	Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	N° ciclos planeados 172,0
Sequência total de tarefas 21	<input type="button" value="Eliminar linhas"/>	<input type="button" value="Acrescentar linhas"/>	<input type="button" value="Exportar seleção para"/>	<input type="button" value="Exportar tudo para StAB"/>	<input type="button" value="Exportar tudo"/>
				Idioma Português	Funções <input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpar"/>

n°	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICT_0220	3,0			
2	99	Deslocamento à fresa 51				0,5
3	9	Coloca PCB no perfil da fresa 51 e fresar contornos	3,0	34,3		
4		Deslocamento ao ICT_0220				0,5
5	10	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0220	3,0			
6	11	Teste no ICT_0220		27,7		
7	12	Deslocamento ao ICT_0108				0,9
8	35	Retirar PCB do ICT_0108	3,0			
9		Deslocamento à fresa 51		34,3		0,5
10		Coloca PCB no perfil da fresa 51 e fresar contornos	3,0			
11		Deslocamento ao ICT_0108				0,5
12	38	Puxar tampa do container para cima+Retirar pcb do container e colocar na base do ICT_0108	3,0			
13	39	Teste no ICT_0108		77,4		
14	44	Deslocamento ao FCT30_0001				0,9
15	46	Retirar PCB do FCT30_0001 e coloca no container de placas testadas	3,0			
16	94	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT30_0001	3,0	159,6		
17	47	Deslocamento ao FCT20_2101	3,0			1,2
18		Retirar PCB do FCT20_2101 e coloca no container de placas testadas	3,0	100,0		
19		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_2101				
20	48	Deslocamento ao ICT_0220 (Retorno)				0,8
			30,00	433,30	0,00	5,80
						35,8



Operador 9

BOSCH StAB - Entrada de Dados		Seção MOE11	Linha / Célula Célula 9	Produto / nº de tipo / Família Vários PCB's	Quantidade 6161
Sequência de operadores / Total 1 Operador(es)		Supervisor Fernando Felicidade	Planeador Hugo Castro	Data 20/09/2017	Nº ciclos planeados 220,0
Sequência total de tarefas 33		<input type="button" value="Eliminar linhas"/>	<input type="button" value="Acrescentar linhas"/>	<input type="button" value="Exportar seleção para"/>	<input type="button" value="Exportar tudo para StAB"/>
		<input type="button" value="Exportar tudo"/>	Idioma Português		<input type="button" value="Funções"/>
				<input type="button" value="Calcular"/>	<input type="button" value="Limpar"/>

nº	ID	Descrição	Manual	Autom.	Manual 2	Deslocamento
1	8	Retirar PCB testado do ICTT_0011 e coloca no container de placas testadas	3,0			
2	99	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICTT_0011	3,0	45,7		
3	9	Deslocamento à bancada de reparação				1,2
4		Retirar PCB do container e colocada na base da bancada	3,0			
5		Prensar chapa na placa	4,0			
6		Colocar placa com chapa no container	3,0			
7		Deslocamento ao FCT20_0226				1,2
8		Retirar PCB testado do FCT20_0226 e coloca no container de placas testadas	3,0			
9	10	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0226	3,0	100,0		
10	11	Deslocamento ao ICT_0113				1,2
11	12	Retirar PCB testado do ICT_0113 e coloca no container de placas testadas	3,0			
12	35	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0113	3,0	93,6		
13		Deslocamento ao ICT_0027				1,2
14		Retirar PCB testado do ICT_0027 e coloca no container de placas testadas	3,0			
15		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0027	3,0	59,2		
16	38	Deslocamento ao FCT20_0301				1,2
17	39	Retirar PCB testado do FCT20_0301 e coloca no container de placas testadas	3,0			
18	44	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0301	3,0	124,4		
19	46	Deslocamento ao FCT20_0302				1,2
20	94	Retirar PCB testado do FCT20_0302 e coloca no container de placas testadas	3,0			
21	47	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0302	3,0	124,4		
23		Deslocamento ao FCT20_0303				1,2
24		Retirar PCB testado do FCT20_0302 e coloca no container de placas testadas	3,0			
25		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0303	3,0	124,4		
26		Deslocamento ao ICT_0106				1,2
27		Retirar PCB testado do ICT_0106 e coloca no container de placas testadas	3,0			
28		Retira PCB do container de placas por testar e coloca no ICT_0106	3,0	17,9		
29		Deslocamento ao ICT_0106				1,2
30		Retirar PCB testado do FCT20_0011 e coloca no container de placas testadas	3,0			
31	48	Retira PCB do container de placas por testar e coloca no FCT20_0011	3,0	85,6		
32		Desloca-se para ICTT_0011 (Retorno).				1,2
			64,00	775,17	0,00	12,00
			76,0			

