

# MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL

**OPT – Optimized Production Technology**  
**Ensaio numa Indústria de Componentes**

Ana Ricardina Fernandes Martins Tavares

**Dissertação de Mestrado**

**O Orientador**

Professor Engenheiro Luís Manuel Gonçalves Paiva

**Viseu, Fevereiro de 2018**







## Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com apoios e incentivos fundamentais, sem os quais não se teria tornado possível, e pelos quais estou eternamente grata.

Ao meu orientador, Professor Eng.º Luís Manuel Gonçalves Paiva, pelas sugestões dadas, supervisão, conselhos, ensinamentos e paciência, que fizeram com que a elaboração desta dissertação se tornasse possível.

Ao responsável pelo acompanhamento do trabalho na Huf Portuguesa, Eng.º José Cunha, pelo seu apoio.

Aos meus pais, Acácio e Luísa, pelos valores que me transmitiram e pela forma como me inculcaram a alegria de viver e a capacidade de nunca desistir dos meus sonhos.

À minha irmã Raquel, por toda a força que me dá todos os dias e por acreditar sempre em mim, mesmo quando eu própria me esqueço de acreditar. Por ser a minha companheira mais sincera, nos bons e nos maus momentos.

Ao Paulo, por toda a sua paciência, apoio e encorajamento, pelo amor demonstrado no caminho que já percorremos juntos.

Às minhas amigas Joana e Lena, pelo apoio e conselhos dados.

À Huf Portuguesa, em especial ao Eng.º Pedro Pêga e ao Dr. Jon Velasco, pela oportunidade concedida na realização deste projeto nas suas instalações, pelos conselhos e sugestões.

Aos meus colegas da Huf Portuguesa, especialmente ao Ernesto Antunes, Eng.º Fernando Ramos, Eng.º David Pinheiro, Eng.º Idalécio Rodrigues, pelo apoio, acompanhamento e ensinamentos que me transmitiram ao longo deste trabalho e pelo incentivo dado.

A todos os colegas e professores com quem convivi durante o curso de Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial.



# Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vi
1. Introdução .....	1
1.1. Objetivos do Trabalho .....	1
1.2. Estrutura e Metodologia do Trabalho .....	2
1.2.1. Estrutura.....	2
1.2.2. Metodologia .....	3
2. A Indústria da Montagem de Componentes Automóveis.....	5
2.1. A Indústria dos Componentes em Portugal.....	5
2.2. A Huf Portuguesa.....	8
3. Estado da Arte .....	13
3.1. Conceito de Produção .....	13
3.2. A Metodologia Lean.....	13
3.3. A Tecnologia de Produção Otimizada.....	17
3.4. A Teoria das Restrições.....	33
3.5. MRP II - Manufacturing Resource Planning.....	35
4. Caso de Estudo .....	39
4.1. A Fábrica e a Caracterização das suas Linhas .....	39
4.2. Enunciado do Problema .....	41
4.3. Resultados Obtidos.....	54
5. Conclusões.....	61
5.1. Conclusões Gerais.....	61
5.2. Perspetivas de Desenvolvimento Futuro .....	62
Bibliografia.....	63
Anexos .....	64



## Resumo

A indústria de componentes do sector automóvel, perfeitamente globalizada, assume nos nossos dias um papel-chave na economia de vários países, apresentando uma expansão notável nos últimos 50 anos. Os mercados, cada vez mais exigentes no que diz respeito à qualidade e rapidez de serviço, impõem parâmetros e características operacionais indissociáveis dos elevados níveis de produtividade, patentes numa economia mundial cada vez mais competitiva.

As empresas que integram este sector industrial são fortemente pressionadas no sentido da obtenção de sucessivas reduções de custos, em paralelo com a manutenção de elevados padrões de qualidade.

O desenvolvimento de produtos inovadores, em paralelo com eficientes processos produtivos, constituem também uma condição primordial na obtenção de uma garantida notoriedade no mercado, sinónimo de sobrevivência para qualquer empresa do sector.

Este documento pretendeu aprofundar e ligar os conceitos teóricos às práticas operacionais na empresa Huf Portuguesa, projetando procedimentos dirigidos à obtenção de melhorias de produtividade pela aplicação do método *OPT – Optimized Production Technology*.

As melhorias alcançadas permitem concluir que o método OPT pode ter um impacto positivo no aumento da produtividade de uma empresa.

Palavras-chave: Componentes automóveis, optimização da produção, produtividade, gargalo, *Optimized Production Technology*



## Abstract

The perfectly globalized component industry in the automotive sector is now playing a key role in the economy of many countries, with a remarkable expansion in the last 50 years. Markets, which are increasingly demanding in terms of quality and speed of service, impose parameters and operational characteristics that are inseparable from the high levels of productivity that are evident in an increasingly competitive world economy.

Companies in this industrial sector are strongly pressured to achieve successive cost reductions, in parallel with the maintenance of high quality standards.

The development of innovative products, in parallel with efficient production processes, is also a primordial condition in obtaining a guaranteed reputation in the market, synonymous with survival for any company in the sector.

This document aimed to deepen and connect the theoretical concepts to the operational practices in the Huf Portuguesa company, designing procedures that aim to achieve productivity improvements by applying the OPT - Optimized Production Technology method.

The improvements achieved allow us to conclude that the OPT method can have a positive impact on increasing the productivity of a company.

Keywords: Automotive Components, Optimization of Production, Productivity, bottleneck, Optimized Production Technology.

## Índice de Figuras:

Figura 1: Evolução do número médio anual de emprego na Indústria Automóvel em Portugal (AFIA, 2017) .....	7
Figura 2: Distribuição do volume de negócios por atividade (AFIA, 2017) .....	7
Figura 3: Distribuição geográfica das empresas da Indústria do Sector Automóvel (AFIA, 2017) .....	8
Figura 4: Huf Portuguesa .....	9
Figura 5: Evolução do volume de vendas.....	9
Figura 6: Distribuição dos clientes da Huf Portuguesa.....	10
Figura 7: Distribuição das vendas por países .....	10
Figura 8: Os sete desperdícios mortais .....	16
Figura 9: Caso 1 (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015) .....	16
Figura 10: Caso 2, sem e com formação de <i>stock</i> (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015) .....	16
Figura 11: Caso 3, sem e com formação de <i>stock</i> (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015) .....	20
Figura 12: Caso 4, sem e com formação de <i>stock</i> (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015) .....	21
Figura 13: Recurso gargalo vs. recurso não-gargalo (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015).....	23
Figura 14: Tamanho dos lotes de transferência igual aos lotes de processamento (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015).....	24
Figura 15: Tamanho dos lotes de processamento diferente do dos lotes de transferência (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015).....	25
Figura 16: Método tambor-pulmão-corda (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015).....	29
Figura 17: Lógica do método tambor-pulmão-corda (Workshop de Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015).....	30
Figura 18: O processo de decisão da TOC .....	34
Figura 19: Sistema de ignição .....	39
Figura 20: Sistema de fechadura de porta .....	39
Figura 21: A atividade de referência (Estudo dos Tempos, IST) .....	44
Figura 22: Qualificação do desempenho (Estudo dos Tempos, IST) .....	44
Figura 23: Folha de registo de tempos (Huf Portuguesa) .....	46
Figura 24: <i>Layout</i> da linha de montagem .....	47
Figura 25: <i>Template</i> de análise de cumprimento de necessidades de cliente .....	53
Figura 26: Resultados do primeiro <i>Capacity Verification</i> .....	55
Figura 27: Resultados do segundo <i>Capacity Verification</i> .....	57
Figura 28: Resultados do terceiro <i>Capacity Verification</i> .....	59



## Índice de Tabelas

Tabela 1: Processo de Montagem.....	47
Tabela 2: Descrição do processo de montagem.....	48
Tabela 3: Resultados das cronometragens para obter tempos de ciclo.....	54
Tabela 4: Correspondência entre operação de Capacity Verification e número de posto .....	56
Tabela 5: Ações de melhoria identificadas após o primeiro <i>Capacity Verification</i> .....	57
Tabela 6: Ações de melhoria identificadas após o segundo <i>Capacity Verification</i> .....	58



## **Abreviaturas e Siglas**

5S – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

ACAP – Associação Automóvel de Portugal

AFIA – Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel

AIMA – Associação dos Industriais de Automóveis

AR – Atividade de Referência ou Atividade Normal

CRP – capacity requirements planning

DBR – Drum-Buffer-Rope

ESTGV – Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

FA – Fator de Atividade

IPV – Instituto Politécnico de Viseu

JIT – Just-In-Time

MPS – Master production schedule

MRP II – Manufacturing Resource Planning

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OPT – Optimized Production Technology

RCCP – Rough-Cut Capacity Planning

RRC – Recurso Restritivo Crítico

SFC – Shop Floor Control

TC – Tempo de Ciclo

TN – Tempo Normal

TO – Tempo Observado

TOC – Theory of Constraints

TP – Tempo Padrão

TT – Takt Time





# 1. Introdução

A Tecnologia de Produção Optimizada, do inglês *Optimized Production Technology* (*OPT*), é um sistema de planeamento de produção focado principalmente na eliminação de *bottlenecks*. É um sistema de programação da produção que leva em consideração três elementos básicos:

- o fluxo de matérias primas que passam por uma linha de produção (*throughput*)
- o *stock* existente;
- os gastos operacionais.

Segundo o sistema *OPT*, para a empresa ganhar mais dinheiro, é necessário que no nível da fábrica se aumente o fluxo de matérias primas, ao mesmo tempo que se reduzam os *stocks* e os gastos operacionais.

Sendo que o objetivo deste método é o aumento da eficiência do sistema produtivo, há todo o interesse em avaliar a sua aplicabilidade numa fábrica de componentes automóveis, tendo em vista a melhoria do seu desempenho.

## 1.1. Objetivos do Trabalho

A exemplo de todas as empresas, o principal objectivo da Huf Portuguesa passa pelo aumento sucessivo da sua rentabilidade, garantindo simultaneamente a satisfação dos seus clientes e acionistas.

A qualidade dos seus produtos e a fiabilidade do seu serviço, quando associadas a maiores índices de rentabilidade, são potenciadoras de uma maior competitividade nos mercados em que opera, razão porque se crê que a utilização do sistema *OPT* poderá constituir, indubitavelmente, uma mais-valia no cumprimento da missão e objectivos da empresa.

A presente dissertação teve como principal objetivo o enquadramento e o estudo da implementação de métodos de melhoria de produção, através da implementação da *OPT*, numa linha de montagem desta empresa de componentes para automóveis.

Especificamente, neste trabalho pretende-se:

- Apresentar o método *OPT*;



- Avaliar a sua implementação numa linha de montagem;
- Implementar a metodologia;
- Fazer apresentação de resultados e a sua comparação.

Neste sentido, existiu a preocupação de informar todos os departamentos da empresa envolvidos, procurando garantir uma motivação e enquadramento que possibilitasse uma verdadeira simbiose entre o desenvolvimento do próprio trabalho e o aumento de produtividade desejado na linha de produção a testar.

O projeto foi desenvolvido ao longo de um período de quatro meses, no ambiente empresarial da empresa Huf Portuguesa, sediada em Tondela, inserindo-se no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio, da 6.<sup>a</sup> edição do Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu – ESTGV.

## ***1.2. Estrutura e Metodologia do Trabalho***

### ***1.2.1. Estrutura***

Este trabalho encontra-se dividido e estruturado em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é feita a introdução e breve descrição do tema da presente dissertação. Neste capítulo está também presente a descrição dos objetivos deste trabalho, bem como a indicação do local do seu desenvolvimento, bem como a descrição da estrutura do trabalho e da metodologia adotada.

No segundo capítulo é feita uma breve caracterização do Sector dos Componentes Automóveis. Refere a importância global do setor automóvel, passando pelas especificidades e evolução do sector de componentes, até à apresentação da empresa Huf Portuguesa que acolheu este trabalho.

No terceiro capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica, iniciada com a apresentação dos conceitos de *Lean Manufacturing*, dado que o método *OPT* se lhe encontra intrinsecamente ligado. De seguida é então apresentada a metodologia da Tecnologia de Otimização da Produção propriamente dita. São também revistos os conceitos da Teoria das Restrições, seguidos da



descrição do sistema *MRP II (Manufacturing Resource Planning)*, dado que é o sistema de programação da produção usado atualmente na Huf Portuguesa.

O quarto capítulo expõe o Caso de Estudo, com a descrição geral das linhas de montagem da empresa, a identificação e descrição do problema e a apresentação da metodologia utilizada. Em concreto, é feita uma análise à linha de montagem alvo do processo de otimização, por forma a poder descrever as melhorias implementadas, de acordo com as restrições identificadas e sugestões propostas.

No quinto capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido, com indicação de sugestões ao nível de ações de melhoria a desenvolver no futuro.

De seguida é apresentada bibliografia consultada para elaboração deste documento, bem como os anexos.

### ***1.2.2. Metodologia***

Numa primeira fase deste trabalho foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre as metodologias inerentes ao desenvolvimento deste trabalho. Foi feito também um estudo sobre as principais características do sector automóvel, com especial ênfase no sector dos componentes em Portugal.

Na fase seguinte foram estabelecidos os protocolos necessários com a empresa e escolhida a linha de produção onde seria feito o estudo, iniciando-se o trabalho de campo.

O conhecimento profundo da realidade operacional da linha, bem como dos estrangimentos produtivos e dos requisitos do produto, foram o ponto de partida para a implementação da tecnologia de produção.

Por último, após a identificação das áreas e postos onde seria necessária e possível a otimização, foi realizada a comparação e avaliação das mesmas, para apresentação dos principais resultados e conclusões. Desta forma, todo o trabalho realizado está descrito no presente documento.



## 2. A Indústria da Montagem de Componentes Automóveis

A indústria automóvel constitui uma indústria completamente globalizada, com papel chave nas economias e uma expansão notável nos últimos 50 anos, sendo associada praticamente a todos os sectores da indústria transformadora, nomeadamente, nos setores da metalomecânica, borracha, eletrónica, têxtil, vidro e plásticos. Ao longo das últimas décadas, este sector foi alvo de mudanças significativas, tanto a nível tecnológico como de organização industrial, pelo que a capacidade de adaptação às exigências dos grandes construtores automóveis assumiu uma cada vez maior importância em toda a cadeia de abastecimento.

O sector do fabrico de componentes automóveis tem como clientes principais os fabricantes da indústria automóvel, atualmente em número reduzido, mas com uma elevada capacidade negocial. Normalmente, este grupo de clientes é composto por empresas de grandes dimensões, com meticulosa capacidade de gestão e com alto nível de exigência em termos de qualidade e tecnologia. Grande parte das empresas do sector de montagem de componentes trabalha no regime de produção *just in time*, o que implica uma estreita cooperação e comunicação com os seus clientes, através de ferramentas informáticas dedicadas.

O Grupo Volkswagen, Grupo PSA, GM Company, Ford Company, Fiat Chrysler Automobile, Toyota, Honda, Suzuki, Hyundai e Nissan figuram nos 10 maiores grupos de indústria automóvel.

### ***2.1. A Indústria dos Componentes em Portugal***

Segundo dados da AIMA (Associação dos Industriais de Automóveis)<sup>1</sup>, de 2002, Portugal, entre os anos 1960 e 1974 e ainda sob o regime do Estado Novo, podia ser considerado, economicamente, um mercado protegido. Em resultado de uma política de condicionamento industrial, assistiu-se a um ciclo económico onde predominavam profundas restrições às importações. A Lei da Montagem vigente nessa época impunha que os veículos montados em Portugal tivessem como destino o mercado interno. Para incentivar ao desenvolvimento da indústria, o Estado promoveu a isenção de direitos aduaneiros dos veículos

---

<sup>1</sup> AIMA – Associação dos Industriais de Automóveis que, em 2007, se juntou à ACAP – Associação do Comércio Automóvel de Portugal, originando a ACAP - Associação Automóvel de Portugal.



montados no país de acordo com o nível de incorporação nacional. Assistiu-se a uma proliferação de unidades de montagem a nível nacional, tanto através de operações de investimento direto estrangeiro, como por de contratos de licença dos principais grupos.

A partir de 1977 houve uma aproximação crescente entre Portugal e outros países europeus. No setor automóvel, o Estado Português seguiu uma política que promovia as exportações, mas que continuava a ser orientada pela restrição à importação de veículos *Completely Built Up* (veículos completamente montados no estrangeiro).

Foi efetuado por parte do Governo o lançamento de um concurso para a instalação de construtores europeus e internacionais em Portugal, estando a Renault e a Citroën na lista de concorrentes. Em 1980 foi fundada a unidade de motores e de caixas de velocidade de Cacia (Renault) e a linha de montagem de Setúbal (Renault).

No início da década de 90 assistiu-se à abertura intensa do mercado português à Europa, de forma cada vez mais significativa. O Projeto Autoeuropa foi um projeto estruturante de investimento estrangeiro no sector automóvel em Portugal, tendo-se estabelecido uma rede de fornecedores de empresas de componentes de capital nacional e estrangeiro. A indústria de componentes nacionais registou uma evolução muito positiva, com um aumento do volume de faturação de 900 milhões de euros em 1989 para 4100 milhões de euros em 2001. As exportações aumentaram no mesmo período de cerca de 600 milhões de euros para aproximadamente 2 650 milhões de euros. Desta forma, o sector de componentes passou a ser um dos sectores exportadores com maior importância a nível nacional, a par do sector têxtil e do vestuário (Lopes, B, *et al*, 2014).

Atualmente, de acordo com a AFIA (Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel), existem cerca de 240 grandes empresas do sector em Portugal, empregando diretamente 46500 trabalhadores, o que representa 7% da indústria transformadora. Na figura 1 é possível visualizar o aumento de emprego na indústria do sector, desde 2010, sendo que é apresentada uma estimativa para o ano de 2016.

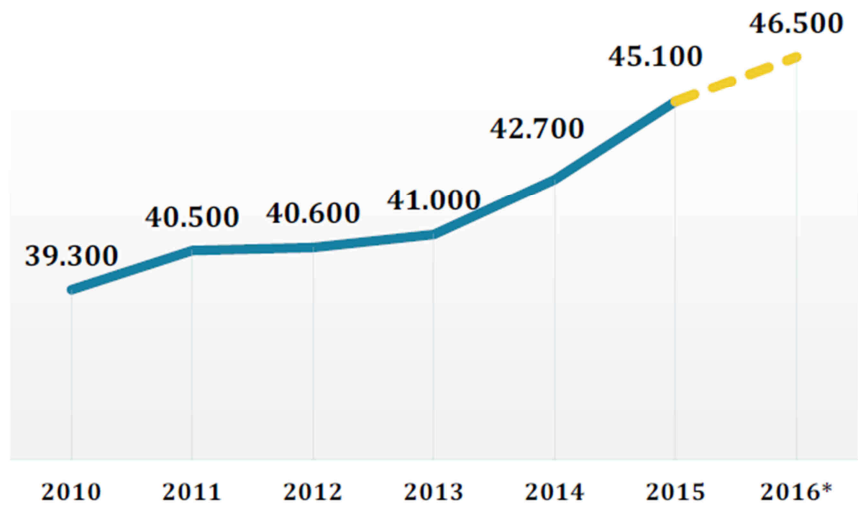


Figura 1: Evolução do número médio anual de emprego na Indústria Automóvel em Portugal (AFIA, 2017)

A indústria de componentes automóveis tem um peso de 5% no PIB, com 9 mil milhões de euros de volume de negócios, distribuídos da seguinte forma pelas diferentes actividades do sector:

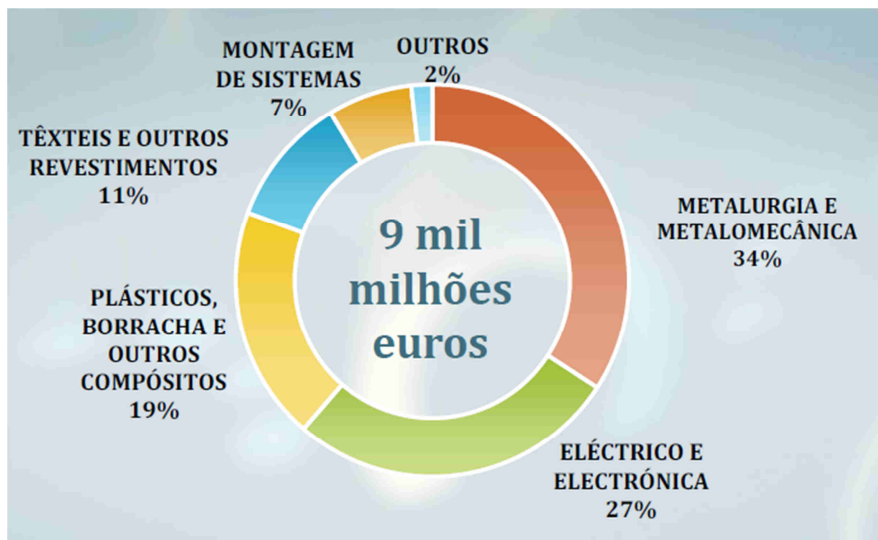


Figura 2: Distribuição do volume de negócios por actividade (AFIA, 2017)

As exportações desta indústria representam 14% das exportações nacionais de bens e serviços.

Na figura abaixo é possível ver a distribuição geográfica das empresas do sector.

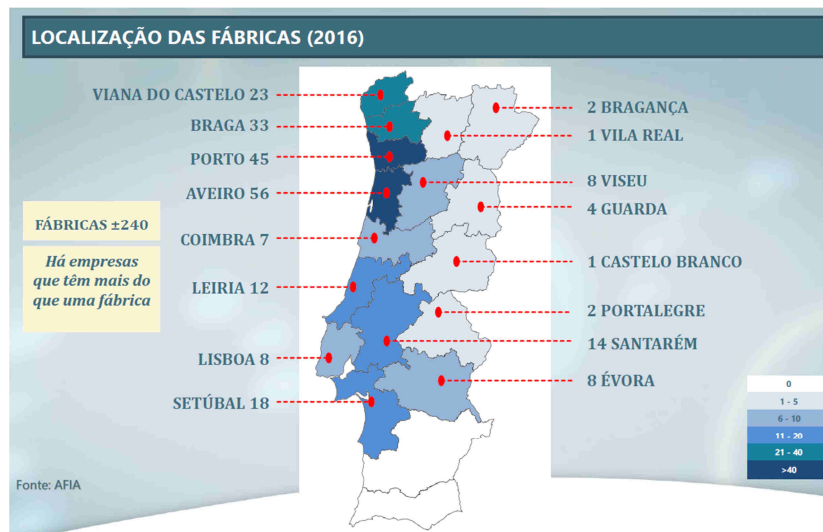


Figura 3: Distribuição geográfica das empresas da Indústria do Sector Automóvel (AFIA, 2017)

Importa, assim, tanto para as empresas do sector, como para a economia nacional, explorar as possibilidades de aumento de competitividade. Como já anteriormente referido, a implementação do sistema *OPT* é uma das formas de aumentar os lucros colocar as empresas numa melhor posição nos mercados.

## 2.2. A Huf Portuguesa

A empresa Huf Portuguesa pertence ao grupo Huf Hülsbeck & Fürst, com sede em Velbert (Alemanha), encontrando-se localizada na Zona Industrial Municipal da Adiça, em Tondela, desde 1991.

O início da sua laboração teve lugar, provisoriamente, em instalações com 850 m<sup>2</sup> e apenas 11 colaboradores. Os sistemas de fechaduras para a Ford e General Motors foram os primeiros componentes a ser produzidos, seguindo-se o fornecimento de componentes para os modelos da Autoeuropa.

Hoje, a Huf ocupa uma área de 20000 m<sup>2</sup>, com uma superfície coberta de 9500 m<sup>2</sup>, uma área produtiva de 5800 m<sup>2</sup> e emprega cerca de 500 colaboradores.



Figura 4: Huf Portuguesa

A Huf Portuguesa constituiu o 4º investimento estrangeiro da Huf Hülsbeck & Fürst e foi a primeira empresa do grupo a produzir sistemas de fechaduras para o mercado francês (PSA Peugeot Citroën). Em 2002, foi-lhe adjudicado um novo conceito de chaves, o que originou a uma natural evolução para implementação da 1ª linha preparada para componentes electrónicos.

No plano comercial, o gráfico seguinte permite observar o volume de vendas na última década, sendo possível identificar o período correspondente à crise económica do sector em 2009.

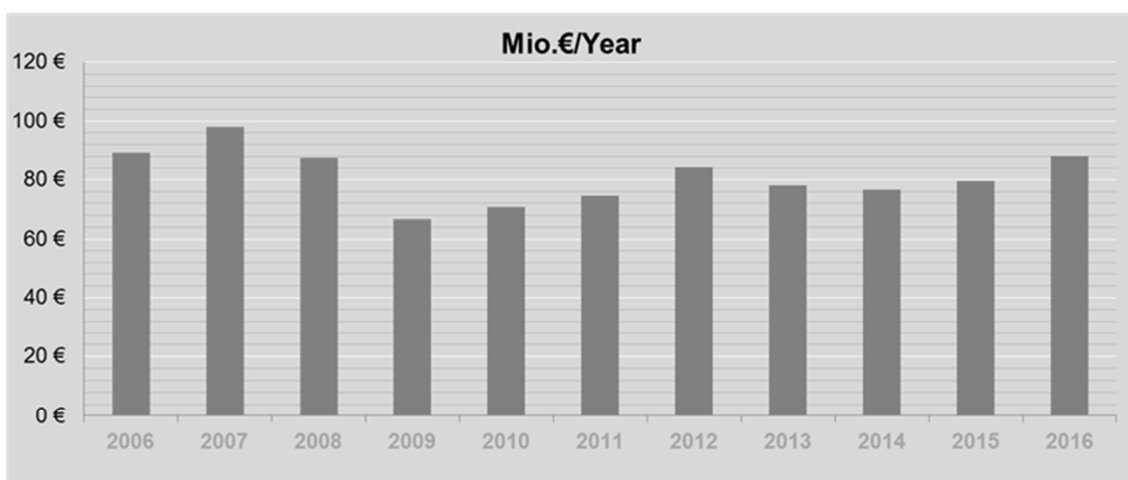


Figura 5: Evolução do volume de vendas

Hoje em dia, a Huf Portuguesa exporta 100% da sua produção, sendo que 85% dessa produção é para o mercado europeu. No gráfico seguinte é possível ver o *share* de clientes atual, com destaque para os grupos PSA Peugeot Citroën, VW AG e Ford Motor Company.

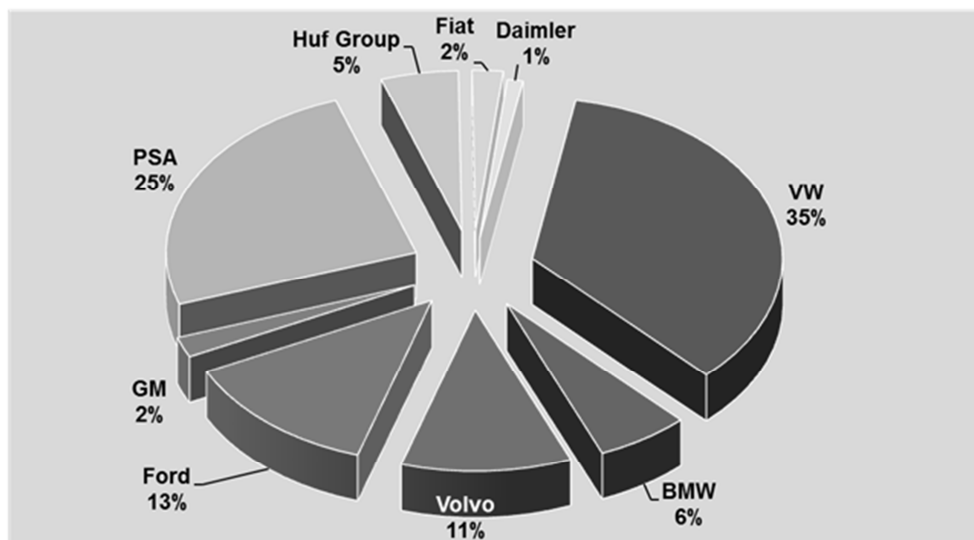


Figura 6: Distribuição dos clientes da Huf Portuguesa

A distribuição de vendas por países pode observar-se na representação gráfica seguinte, com destaque para a Alemanha e França.

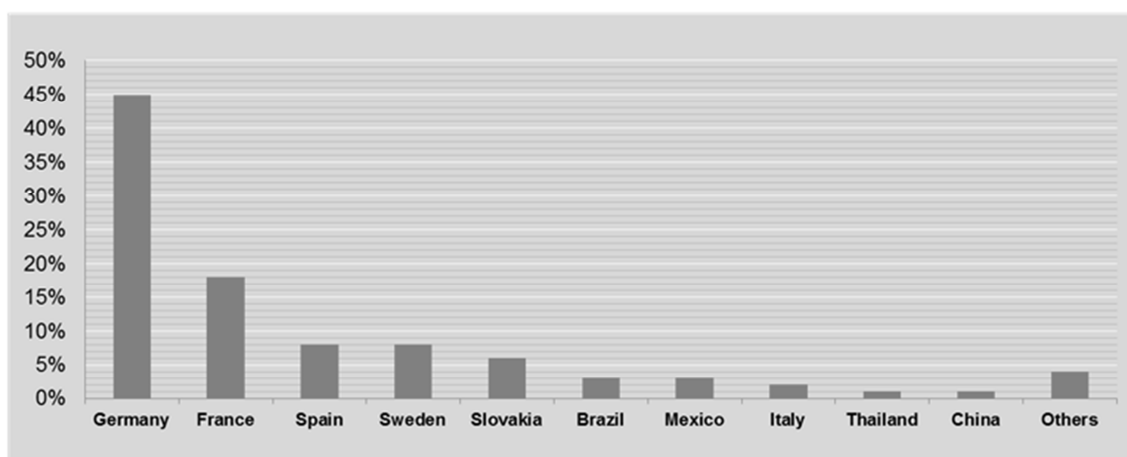


Figura 7: Distribuição das vendas por países



A Huf Portuguesa, tendo fornecido, ao longo dos seus 26 anos, componentes para mais de 55 milhões de veículos, conta com certificação BS OSHAS 18001:2007 (Sistema de Gestão da Prevenção), ISO 14001:2004 (Sistema de Gestão Ambiental), ISO 26262:2011 (Sistema de Gestão de Segurança Funcional de Produto), ISO 27001:2013 (Sistema de Gestão de Segurança da Informação), ISO TS 16949:2009 (Sistema da Qualidade).

No que diz respeito à sua gama de produtos, cumprirá referir os seguintes sistemas:

- *Driver Authorization Systems:*

Sistemas de acesso e funcionamento do automóvel.

- *Car Access Authorization Systems:*

Sistemas de chaves e dispositivos de rádio frequência.

- *Power Tailgate Systems:*

Puxadores de porta-bagagens com ou sem câmara de visão incorporada.

- *Mechanical and Electronic Locking Systems:*

Sistemas de fechaduras e sistemas de bloqueio da coluna da direcção.

- *Door Handles Systems:*

Puxadores externos de portas.



### **3. Estado da Arte**

No capítulo que se inicia é feita uma revisão dos conceitos e metodologias relacionados com este trabalho. Será apresentado o conceito de Produção, bem como a apresentação dos conceitos de *Lean Manufacturing*, seguidos da descrição do método de Tecnologia de Produção Otimizada. Também é abordada a Teoria das Restrições, o sistema *MRP II – Manufacturing Resource Planning*.

#### **3.1. Conceito de Produção**

A Produção pode ser descrita de uma forma muito simples: trata-se da transformação de entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*). As entradas são os recursos necessários para a realização da produção: as instalações, o capital, mão-de-obra, tecnologia, informações e matérias-primas. As saídas são os resultados da transformação que foi realizada no processo produtivo e geralmente são caracterizados por produtos (bens), serviços e informações.

Também pode definir-se como sendo uma atividade com combinação de fatores que tem como finalidade satisfazer as necessidades humanas, podendo ser vista como um processo de criação de valor.

#### **3.2. A Metodologia Lean**

O conceito de *Lean Manufacturing* (produção enxuta ou esbelta) surgiu durante o período de reconstrução do Japão após a Segunda Grande Guerra e foi desenvolvido por Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda. É o nome que se dá ao Sistema Toyota de Produção, baseado numa abordagem sistemática para identificar e eliminar os desperdícios. De acordo com Toledo (2002), o pensamento *lean* pode ser entendido como a forma de produzir cada vez mais com cada vez menos recursos e, ao mesmo tempo, aproximar-se dos clientes e oferecer aquilo que estes realmente querem, tornando o trabalho mais satisfatório e oferecendo retorno imediato



sobre os esforços da transformação dos desperdícios em valor. Esta metodologia está presente em todos os processos da Huf Portuguesa.

### 5.2.1. - Os Sete Desperdícios “Mortais”

O foco das empresas que usam esta metodologia é combater os sete desperdícios que podem surgir aquando a produção de um produto, listados de seguida (Ohno, 1997):

#### 1. Transporte

- Movimentos desnecessários de material;
- Movimentos desnecessários ferramentas ou equipamentos;

##### Porquê?

- Mau planeamento da rota do produto;
- Fornecedores distantes da produção;
- Fluxo de materiais complexo;
- Mau *layout* de equipamentos;
- Local de trabalho desorganizado.

#### 2. Movimentação nas operações

- Movimentos desnecessários dos trabalhadores.

##### Porquê?

- Mau *layout* de linhas e ambiente de trabalho desorganizado;
- *Stock* ou postos de trabalho desorganizados;
- Instruções de trabalho não padronizadas ou não compreendidas;
- Fluxo de materiais no processo não muito claro.

#### 3. Stocks

- *Stock* excessivo de produto final;
- *Stock* excessivo de matérias-primas e outros elementos.

##### Porquê?

- Produção excessiva;



- Desequilíbrios na linha;
- Grande tamanho dos lotes;
- Alto tempo entre o pedido e entrega do produto (*lead-time*);
- Alta taxa de retrabalho.

#### 4. Excesso de Produção ou Superprodução

- Produzir em maior quantidade que o necessário;
  - Produzir mais rápido que o necessário;
- Porquê?
- Incentivos e metas por volumes (de vendas, compras, pagamentos);
  - Aumento da capacidade do equipamento;
  - Desequilíbrio na linha de produção: Agendamento deficiente/mudanças;
  - Mau planeamento de produção;
  - Práticas contáveis de custos que incentivam o aumento de *stocks*.

#### 5. Espera

- Ociosidade humana ou tempo de espera;
- Ociosidade de equipamentos ou tempo de espera;

Porquê?

- Processos ou linhas desbalanceadas;
- Força de trabalho inflexível;
- Superdimensionamento da equipa;
- Não agendamento de máquinas para produção;
- Tempos de *setup* demasiado longos;
- Falta de material ou atraso.

#### 6. Processamento inadequado

- Processo que não agrega valor realizado pelo homem;
- Processo que não agrega valor realizado pela máquina;

Porquê?

- Falta de objetividade nas especificações do cliente;

- Mudanças frequentes na engenharia do produto;
- Qualidade excessiva (refinamento);
- Análise inadequada de valor;
- Instruções de trabalho mal elaboradas.

## 7. Defeitos

- Processamento na produção de produtos defeituosos;
- Processamento devido ao retrabalho de produtos defeituosos;
- Materiais utilizados na ocorrência de produtos defeituosos e retrabalhos;

### Porquê?

- Falta de objetividade na especificação do cliente em relação ao produto;
- Processos incapazes;
- Falta de controlo de processo;
- Incapacitação de pessoas ou pessoas não qualificadas;
- Sectorização ou departamentalização ao invés de qualidade total;
- Fornecedores desqualificados.



**Figura 8: Os sete desperdícios mortais**

É muito importante que não se perca tempo a identificar e classificar os diferentes desperdícios, se não se tiver a intenção de os eliminar. Isso seria também um desperdício de tempo e recursos.

Resumindo, *Lean* diz respeito à obtenção de materiais corretos, no local correto, na quantidade correta, minimizando o desperdício, sendo flexível e aberto a mudanças.

A aplicação desta metodologia nunca está concluída, pois há sempre algo possível de melhorar. A Huf Portuguesa conta com equipas de melhoria contínua que procuram, frequentemente e de forma sistemática, identificar oportunidades para a aplicação dos conceitos descritos. Todas as linhas de montagem contam com “patrocinadores”, responsáveis por garantir que as oportunidades de melhoria são identificadas e implementadas. Estas equipas são compostas por funcionários da linha de montagem, departamentos de Qualidade, Engenharia, Gestão de Projetos, entre outros.

### **3.3. A Tecnologia de Produção Otimizada**

#### **3.3.1. Origem e Definição**

A Tecnologia de Produção Otimizada, do inglês *Optimized Production Technology (OPT)*, é um sistema de planeamento e produção focado principalmente na eliminação de *bottlenecks* (Mahmoud, A., 2015)

Este método de gestão foi desenvolvido por pesquisadores israelitas em 1978, do qual fazia parte o físico Eliyahu Goldratt, que acabou por ser o principal divulgador dos seus princípios. Este método é utilizado nas empresas por forma a aumentarem a sua rentabilidade a partir da identificação, gestão e resolução dos seus constrangimentos. Apesar do nome pelo qual este método ficou conhecido, não é garantido que, pela sua aplicação, se atinja a solução ótima, uma vez que se baseia na aplicação de procedimentos heurísticos. A *OPT* tem como base o pressuposto de que o principal objetivo das empresas é ganhar dinheiro, e a produção deve contribuir para este objetivo atuando sobre três elementos básicos:

- o fluxo de matérias primas que passam por uma linha de produção (*throughput*)
- o *stock* existente;
- os gastos operacionais.

O fluxo de matérias primas refere-se à velocidade com a qual o sistema gera dinheiro através das vendas dos produtos. De salientar que fluxo se refere aos produtos vendidos, sendo que os produtos acabados, mas não vendidos, são classificados como *stock*; o *stock* comporta



todos os gastos realizados no processo de geração de dinheiro. Inclui matérias-primas, produtos em vias de fabrico e produtos acabados não vendidos, como referido anteriormente. Os gastos operacionais são todos os gastos no sistema produtivo para converter o *stock* em dinheiro, excluindo o custo da matéria-prima, isto é, gastos com mão-de-obra, energia elétrica, manutenção ou depreciação.

Segundo o sistema *OPT*, para a empresa ganhar mais dinheiro, é necessário que no nível da fábrica se aumente o fluxo de matérias-primas, ao mesmo tempo que se reduzam os *stocks* e os gastos operacionais.

O sistema *OPT* considera que devem ser repensadas quatro áreas fundamentais: os tipos de recursos, a preparação das máquinas, o tamanho dos lotes e os efeitos das incertezas.

### 3.3.2. O Conceito de Gargalo

Os *bottlenecks*, em português “gargalos”, são estrangimentos dentro de um sistema industrial, que limitam a capacidade final de produção, isto é, a quantidade de produtos disponibilizados, num determinado intervalo de tempo, previamente acordado e contratado pelo cliente. Por exemplo, no caso de uma linha de montagem com uma capacidade de produção de 500 unidades por hora, se o posto de embalagem dessa mesma linha tiver uma capacidade de 400 unidades por hora, isto significa que não será possível embalar todas as unidades produzidas no tempo necessário. Este tipo de situações pode implicar o armazenamento de unidades por embalar, o que levará ao aumento custos de armazenamento. Por outro lado, se o posto de embalagem fosse dimensionado para 600 unidades por hora, o gargalo seria o posto anterior, resultando na ociosidade do posto de embalagem: este posto ficaria parado “à espera” de unidades. Isto significa que o capital investido estaria a ser subaproveitado e um consequente aumento de custos fixos de produção. Assim sendo, a capacidade de produção de toda a linha tem apenas a capacidade do seu gargalo. É o elo mais fraco que marca a cadência de uma linha de montagem.

Um outro tipo de gargalo muito comum na indústria do sector é o atendimento ao cliente, havendo indicadores nos portais de clientes exclusivos para a avaliação deste serviço.

O gargalo que provoca um maior nível de ociosidade é o que se encontra no início do processo produtivo, pois é aquele que mais vai impactar as etapas seguintes. Já uma ociosidade próxima do final do processo é muito prejudicial, uma vez que é aquela que implica maiores custos: as unidades foram produzidas, houve gasto de matéria-prima e energia, a mão-de-obra

foi alocada mas, devido ao gargalo, as peças não foram vendidas, não houve geração de receitas e os envios ao cliente são postos em causa.

A ideia de que a venda do produto possa ser um *bottleneck* é um pouco controversa mas, havendo uma restrição no escoamento dos produtos haverá também uma restrição à entrada de receitas. Não adianta que o processo tenha uma grande capacidade produtiva, se não houver fluxo de saída de unidades da produção.

### 3.3.3. Os Princípios do Método *OPT*

Neste método é de extrema importância entender o relacionamento entre os recursos-gargalo e recursos não-gargalo. Os recursos podem ser entendidos como quaisquer elementos necessários à produção de um produto: pessoas, equipamentos, instrumentos de medição ou espaço físico em si. Conhecer a relação entre os recursos, gargalo e não-gargalo, é de extrema importância quando se programam as atividades por forma a atingir os objetivos da *OPT*. Para melhor ilustrar esta necessidade, são apresentados quatro casos, sendo que o recurso “A” representa um recurso gargalo, com uma disponibilidade de 200 horas por mês, sendo que a sua procura é também de 200 horas por mês (a procura total do mercado representa uma completa utilização deste recurso, que fica ocupado por todo o seu tempo de disponibilidade), e o recurso B, com uma disponibilidade de 200 horas por mês e uma procura de 150 horas por mês.

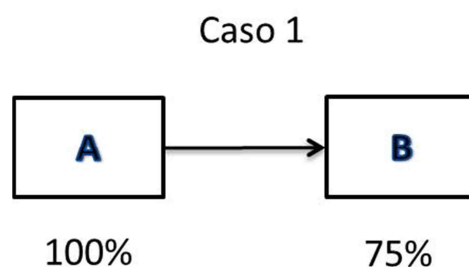


Figura 9: Caso 1 (Workshop *Optimização do Processo Produtivo*, Huf Portuguesa, 2015)

Neste primeiro caso, toda a produção passa pelo recurso “A” antes de chegar ao recurso “B”. O recurso “A”, por ser gargalo, não consegue produzir o suficiente para que o recurso “B” esteja constantemente a trabalhar, o que resulta na ociosidade deste recurso, ficando subaproveitado.

No segundo caso, na figura 10, toda a produção passa de “B” para “A”. O recurso “A” é utilizado a 100% e, havendo matéria-prima disponível, é possível aumentar a disponibilidade do recurso “B” também para 100%. No entanto, e sendo que um dos objetivos da *OPT* é aumentar o fluxo, ao mesmo tempo que se reduzem os custos de *stock* e operacionais, chega-se à conclusão de que “B” só deve estar ativado 75% do seu tempo pois, se estiver ativado acima disso, resultaria na formação de *stock* de processo entre o recurso “B” e o recurso “A”, sem aumentar o fluxo de produção, que está limitado pelo recurso “A”.

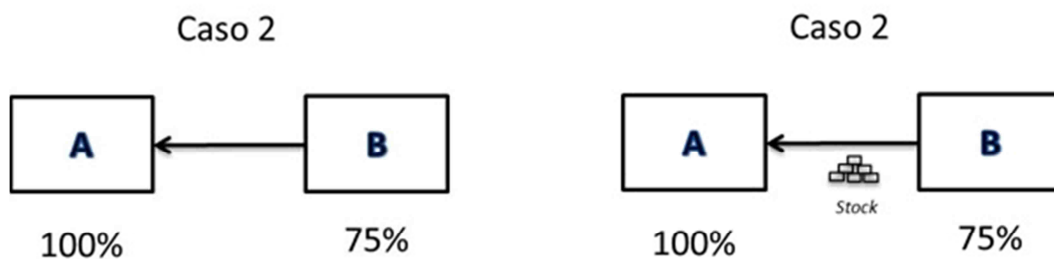


Figura 10: Caso 2, sem e com formação de *stock* (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

No caso 3 os recursos “A” e “B” não são dependentes um do outro mas, por sua vez, alimentam uma estação de montagem que depende de ambos. O recurso “A” é utilizado 100% do seu tempo e se o recurso “B” for utilizado mais que 75% do seu tempo, existe a criação de *stock* entre “B” e “Montagem”, pois este último posto está limitado pelo recurso “A”, que é o recurso gargalo deste processo.

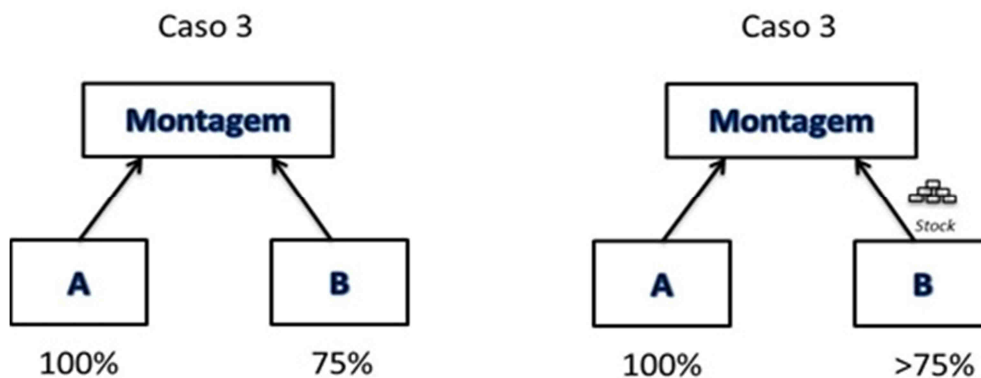


Figura 11: Caso 3, sem e com formação de *stock* (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

Segundo a *OPT*, o recurso “B” não deve ser ativado acima dos 75%, por forma a evitar custos de *stock*.

Na situação do caso 4, os recursos não dependem um do outro nem alimentam uma estação comum, mas sim alimentam procura independentes, sendo que convém lembrar que a procura do recurso “B” é de 150 horas por mês. Neste caso o recurso “A” pode ser utilizado a 100%, mas o recurso “B” só pode ser utilizado a 75% da sua disponibilidade, sob pena de criar *stock* de produto acabado. Este produto ficaria em armazém a aguardar o seu escoamento para o mercado. A procura “B” é limitada e, para a atender, utilizar o recurso “B” a 75% do seu tempo de disponibilidade é suficiente para satisfazer a procura de 150 horas por mês.

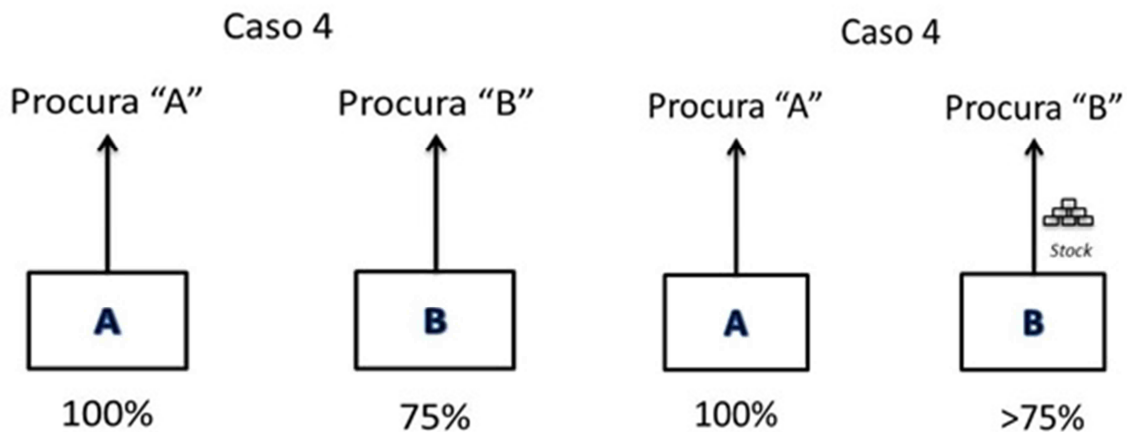


Figura 12: Caso 4, sem e com formação de *stock* (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

Como consequência dos casos descritos e, dado que numa linha de produção surgem sempre imprevistos, o importante é equilibrar o fluxo de matérias-primas e não a capacidade de produção. Assim sendo, desta premissa surge o primeiro princípio, do qual derivam os restantes:

- 1º Princípio: Balancear o fluxo e não a capacidade

Sendo que a capacidade está sujeita a imprevistos, o importante é conseguir fazer com que o fluxo esteja equilibrado, ou seja, encontrar um equilíbrio na forma como a empresa gera dinheiro e outros recursos. Isto é feito identificando os gargalos no sistema, pois são estes que limitam a cadência do sistema.



- 2º princípio: O nível de utilização de um não-gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial, mas por outras restrições do sistema

Um recurso não-gargalo pode ser restringido por recursos gargalo ou imposições do mercado.

Tal como ilustrado na Figura 12, a utilização dos recursos não-gargalo deve ser determinada pelas restrições do sistema. Nos casos 1, 2 e 3, a utilização é limitada pelo recurso gargalo. No caso 4, é pelas necessidades do mercado, o que leva ao seguinte princípio:

- 3º princípio: Utilização e ativação de um recurso não são sinónimos

À luz do método *OPT*, há que distinguir entre a “ativação” de um recurso e a “utilização” de um recurso.

Os recursos devem ser ativados apenas na medida em que incrementarem o fluxo produtivo, ficam parados sempre que atingirem a capacidade dos gargalos.

A ativação de um recurso não-gargalo (o seu uso além das limitações impostas pelos gargalos) só serve para criar *stock*, o que aumenta os gastos operacionais e de *stock*.

Segundo o *OPT*, os recursos não-gargalo devem ser programados com base nas restrições do sistema.

- 4º princípio: Um imprevisto/aperfeiçoamento de um recurso gargalo afeta todo o sistema

Já que são os recursos gargalo que limitam todo o sistema, qualquer alteração na sua capacidade será refletida no restante sistema.

Segundo o método *OPT*, não há qualquer benefício em reduzir os tempos de preparação (*set-up*) dos recursos produtivos sem fazer distinção entre recursos gargalo e recursos não-gargalo. A figura da página seguinte ajuda a perceber este princípio.

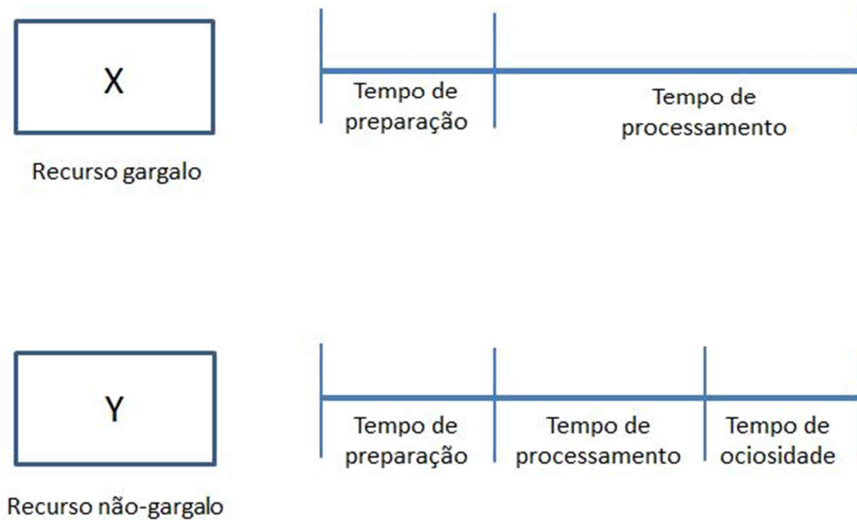


Figura 13: Recurso gargalo vs. recurso não-gargalo (Workshop *Optimização do Processo Produtivo*, Huf Portuguesa, 2015)

Como um recurso gargalo é, por definição, um recurso sem tempo de ociosidade, isto é, nunca fica parado, o tempo disponível nesse recurso divide-se em duas componentes: o tempo de *set-up*, ou tempo de preparação, e o tempo de processamento. Se se conseguir economizar no tempo de *set-up*, o recurso terá mais disponibilidade para o processamento de material. É importante frisar que tempo de processamento ganho num recurso gargalo significa tempo de processamento ganho em todo o sistema produtivo, pois é o recurso gargalo que limita a capacidade de fluxo do sistema global.

No caso de economizar o tempo de *set-up* de um recurso não-gargalo, isto leva a um aumento no seu tempo de ociosidade, já que, por definição, o tempo de processamento de um recurso não-gargalo é limitado não pela sua disponibilidade, mas por outra restrição dos sistema. Isto leva-nos ao princípio seguinte.

- 5º princípio: O aperfeiçoamento de um recurso não-gargalo é uma ilusão

O aperfeiçoamento de um recurso não-gargalo aumentará o *stock*, já que os recursos gargalo não vão conseguir absorver esse ganho.

- 6º princípio: O lote de transferência não pode ser maior que o lote de processamento

Lote de processamento é aquele a ser processado por um centro de trabalho entre duas preparações sucessivas.

Lote de transferência é a quantidade de itens transferidos de um centro de trabalho para outro.

No método *OPT*, o tamanho destes lotes não tem de ser igual, parte do lote de processamento já processado pode ser transferido para a estação seguinte, o que permite a divisão de lotes e a possível redução do tempo de passagem dos produtos pela fábrica.

Neste método, o tamanho dos lotes de processamento pode variar ao longo do processo, o que elimina a restrição de que o tamanho do lote deve ser o mesmo em todas as operações. Se assim fosse, existiriam dificuldades no cálculo do tamanho desse lote, uma vez que, para um processo que necessite de várias máquinas em sequência, o tamanho de lote para cada máquina poderia ser distinto. A figura seguinte ilustra esta otimização do tempo de passagem dos materiais pela fábrica.

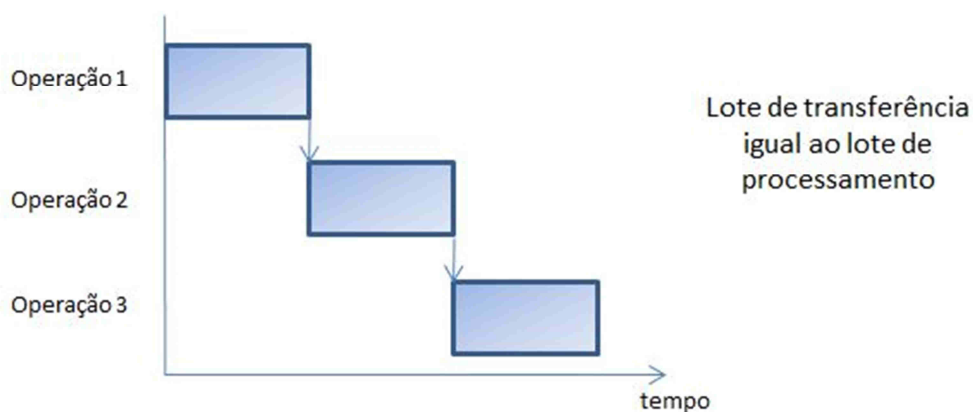


Figura 14: Tamanho dos lotes de transferência igual aos lotes de processamento (Workshop Otimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

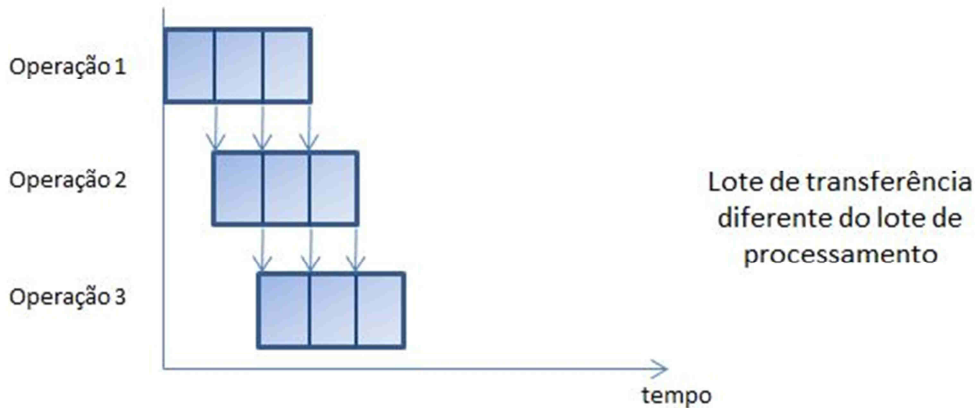


Figura 15: Tamanho dos lotes de processamento diferente do dos lotes de transferência (Workshop *Optimização do Processo Produtivo*, Huf Portuguesa, 2015)

É possível ver que, com lotes de transferência menores que o lote de processamento, o tempo de passagem de materiais se torna mais reduzido.

- 7º princípio: Os lotes de processamento devem ser variáveis e não fixos

Num **recurso gargalo**, os lotes devem ser suficientemente grandes para minimizar os tempos unitários de preparação.

Em **recursos não-gargalo**, os lotes devem ser pequenos para reduzir os custos de *stock* em processo e agilizar o fluxo de produção dos gargalos.

Em todos os processos produtivos existem eventos incertos, pois são sistemas complexos e onde é difícil antecipar onde esses eventos vão ocorrer. Assim sendo, é necessário identificar e proteger os pontos frágeis ou críticos do sistema. A maioria das operações necessárias à produção de um componente varia de acordo com uma distribuição estatística, isto é, para a mesma operação, o tempo que esta demora é diferente por cada vez que ela é executada. Esta variação nos tempos de processamento pode dever-se, por exemplo, a inconsistência de operadores, limites de capacidade dos equipamentos ou micro-paragens. Estas variações podem ser minimizadas recorrendo a manutenção preventiva dos equipamentos mais regular, formação dos operadores, uniformização dos métodos de trabalho, entre outras. No entanto, é impossível eliminar a componente aleatória dos tempos de execução das operações. As flutuações estatísticas são incontornáveis, em maior ou menor grau de dispersão, e afetam as

operações executadas. Se as operações produtivas fossem isoladas umas das outras, as flutuações tenderiam para zero, isto é, os atrasos de certos ciclos iriam ser compensados por avanços em outros. Na realidade, o processo produtivo é feito de operações que dependem entre si, o que faz com que os atrasos se propaguem pela linha de montagem. Como as operações são dependentes umas das outras, um atraso de 30 segundos no posto 1 faria com que o posto 2 só pudesse iniciar a sua tarefa 30 segundos mais tarde.

A possibilidade de ter tamanhos de lotes de processamento variáveis faz com que o impacto destas incertezas possa ser contornado.

- 8º princípio: Os recursos gargalo, além de definirem o fluxo do sistema, também definem os seus *stocks*

Para permitir a máxima utilização dos recursos gargalo (reduzindo seu impacto no sistema), deve-se programar a produção de acordo com as restrições, como também projetar *stocks* de segurança em pontos estratégicos, por forma a isolar os recursos críticos das flutuações estatísticas que foram propagadas pelos recursos que alimentam os recursos gargalo. Por exemplo, cria-se um *stock* de segurança antes do recurso gargalo, para que, eventualmente, este não fique parado por falta de material. A programação de chegada de material ao recurso gargalo é feita de forma a que esse material chegue determinado tempo – tempo de segurança – antes do instante em que o recurso gargalo está programado para iniciar o processamento. Assim, qualquer atraso que tenha sido originado nos postos anteriores, pode ser absorvido por este tempo de segurança.

- 9º princípio: A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente

Considerando as limitações de capacidade dos recursos gargalos, o sistema *OPT* decide por prioridades na ocupação destes recursos e, com base na sequência definida, calcula como resultado os *lead times* (tempos de produção) e, portanto, pode programar melhor a produção.

### 3.3.4. Como funciona a *OPT* - Método Tambor-Pulmão-Corda

Um dos grandes pontos fortes da tecnologia de produção otimizada é a forma como é feita a programação das atividades, baseada nos nove princípios apresentados anteriormente.

Num ambiente produtivo existem sempre restrições que devem ser consideradas, tais como: restrições de mercado, de fornecimento, por políticas da própria empresa ou por capacidade do processo. Mesmo não existindo gargalos reais, haverá sempre recursos restritivos críticos (RRC), que controlam o fluxo e deverão estar sincronizados com os outros recursos, tornando possível dessa forma controlar os *stocks* existentes. Esta sincronização com os restantes recursos é conhecida como “método tambor-pulmão-corda” (Schrageheim e Ronen, 1990).

Os intervenientes neste método e o seu funcionamento são descritos de seguida:

- Tambor

O tambor é o recurso gargalo, o RRC. Este nome deve-se ao facto de tambor estar associado com a ideia de ritmo, e o ritmo de um determinado processo produtivo é marcado pelo recurso gargalo. Sendo que este é o posto de menor capacidade e que, por isso, deve trabalhar durante todo o tempo disponível, o ritmo de todo o processo produtivo será determinado por este posto.

Para os postos de trabalho a montante do posto gargalo, trabalhar com um ritmo mais intenso só fará aumentar os *stocks* intermédios, desnecessários e com custos relacionados, dado que o posto gargalo não terá capacidade de processar os produtos a esse ritmo.

Por outro lado, para os postos de trabalho a jusante do posto gargalo, trabalhar a um ritmo menor que o gargalo significará reduzir a taxa de produção em relação ao posto gargalo e, conseqüentemente, reduzir a taxa de produção do sistema como um todo.

- Pulmão

Uma falta de material no posto gargalo irá gerar uma paragem no posto gargalo e, conseqüentemente, uma redução da produção. Por forma a evitar que tal aconteça, é admitido que o posto gargalo trabalhe com um nível de *stock* intermédio maior do que nos outros postos.

O custo consequente no *stock* de materiais é admitido, pois é compensado pelo máximo aproveitamento do posto gargalo. A este *stock* “extra” é dado o nome de pulmão, pois é um *stock* fundamental para que o posto gargalo não pare, caso surja um imprevisto nos postos a montante.

- Corda

A corda é a maneira pela qual o tambor, ou o posto gargalo, dita o ritmo da produção, ligando o pulmão, ou o *stock* de abastecimento do posto gargalo, às operações anteriores no fluxo das operações.

No caso de o pulmão estar desabastecido, as operações anteriores devem fabricar para reabastecer este *stock*. Quando o *stock* estiver novamente preenchido, as operações anteriores são interrompidas, de forma a evitar produção em excesso, acima do que o posto gargalo seria capaz de processar. A corda irá então “puxar” a produção para abastecer o pulmão, ao ritmo do tambor.

Considerando uma linha produtiva simples com, a título de exemplo, dez postos de produção, isto é, dez recursos e o quinto recurso é identificado como sendo o recurso restritivo crítico, a *OPT* começa pela programação desse RRC. Este é o recurso que estará a marcar o ritmo, é o recurso tambor. A programação é feita pelo carregamento do RRC, de acordo com a sua procura total, de maneira a atingir o fluxo máximo nesse recurso. Em simultâneo é estabelecida a melhor sequência dos trabalhos, em que tomadas de decisão são necessárias de acordo com as datas dos pedidos.

De seguida, há que proteger o RRC das possíveis incertezas que podem por em risco a chegada de material para o trabalho executado no RRC. Se se constatar que uma incerteza tem probabilidade elevada de afetar o abastecimento do RRC, como a paragem de uma máquina de grande sensibilidade, sendo que a sua reparação dura oito horas (duração normal de um turno), há que planear a chegada de material proveniente dessa máquina com um turno de antecedência. Desta forma é criado um *stock* de segurança temporário (*time buffer*) – o pulmão do recurso gargalo, em que os produtos que integram este *stock* estão sempre a mudar, mas a sua quantidade será sempre a quantidade processada em oito horas.

Na fase seguinte, há que usar o RRC para programar os restantes recursos. Os recursos a jusante são controlados diretamente pelo RRC, que lhes marca o ritmo, uma vez que é o RRC que os abastece e estes só podem processar o material que lhes chega e à cadência que lhes chega. Este tipo de recursos não têm uma utilização de 100%, já descrito no subcapítulo 5.3.3, pelo que não terão problemas em processar o material que chega do recurso gargalo.

Os *stocks* intermédios são também controlados pelos RRC, através da corda. O *stock* intermédio fica “ligado” por uma corda não elástica à primeira operação do processo produtivo. Assim, as matérias-primas só são “chamadas” para a primeira operação quando forem necessárias para serem processadas, de acordo com as necessidades futuras de chegada de material ao *stock* protetor do RRC. Desta forma, evita-se que o volume destes *stocks* ultrapasse as quantidades predeterminadas, quando se consideraram as possíveis incertezas que podem afetar os recursos a montante do RRC.

A figura seguinte ilustra este método:

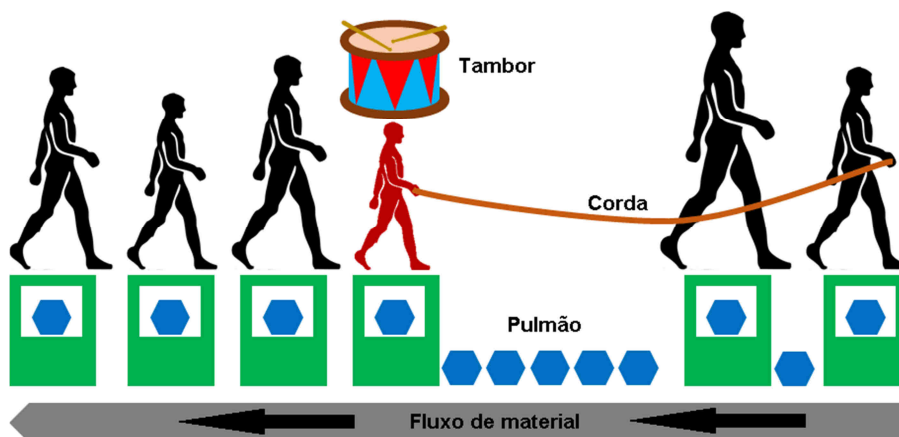


Figura 16: Método tambor-pulmão-corda (Workshop Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

Existem dois algoritmos distintos para implementar a *OPT*. Embora exista, por parte das empresas que utilizam este tipo de gestão de produção, uma certa reserva em divulgá-los, os seus principais pressupostos são já conhecidos.

No primeiro algoritmo, a sequência de programação obedece a um algoritmo que não é público, no entanto as empresas que detêm os direitos informam que leva em conta:

- As datas de entrega dos pedidos;
- A conveniência na redução da quantidade de preparações de máquinas (redução de tempo de *setup*);
- Situações em que um RRC alimenta outro RRC;
- Situações em que um RRC faz o processamento de mais de um componente do mesmo produto;
- O estado das ordens de fábrica.

No segundo algoritmo, os recursos não críticos são sincronizados ao ritmo da *OPT*, levando à minimização dos *stocks*.

No exemplo seguinte, o RRC encontra-se num ramo que alimenta diretamente a montagem final.

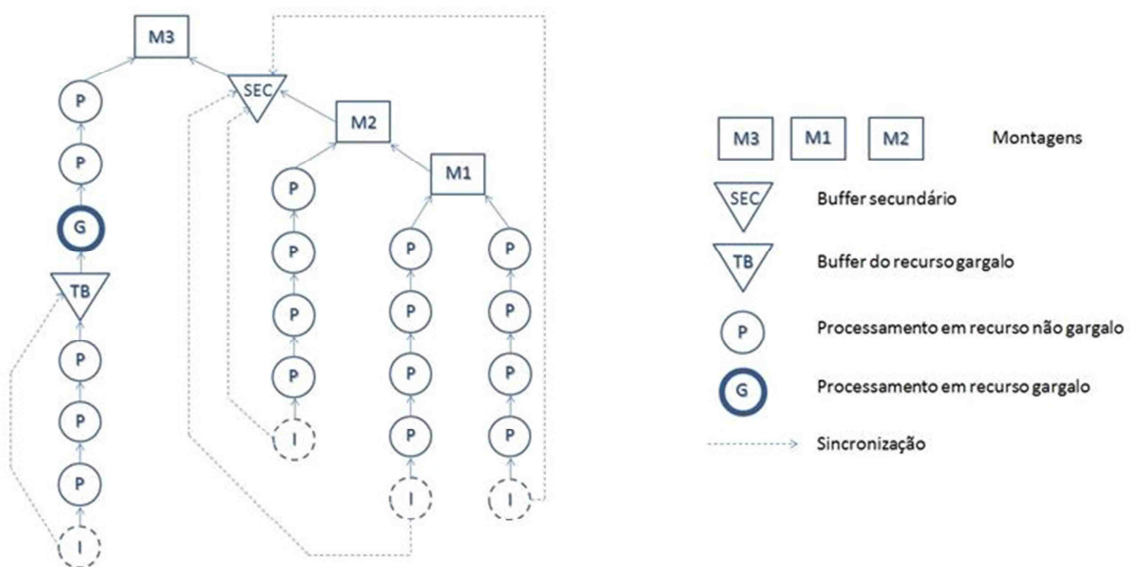


Figura 17: Lógica do método tambor-pulmão-corda (Workshop de Optimização do Processo Produtivo, Huf Portuguesa, 2015)

É também necessário acautelar os ramos que não têm o RRC, caso contrário, o material processado pelo RRC poderia ter de esperar para ser montado por M3, no caso de haver algum atraso nos ramos sem RRC.

Tal como já referido, um dos objetivos da *OPT* é o aumento de fluxo, definido como a passagem de material vendido pelo sistema produtivo. Assim sendo, a *OPT* tenta acelerar ao máximo a conclusão das ordens, processadas pelos RRC. Para tal, a *OPT* define alguns pulmões secundários (*time buffers* secundários) que protegem as datas de entrega prometidas ao cliente e o fluxo de todo o sistema. Estes *time buffers* secundários deverão ser compostos pelas pré-montagens que se irão juntar ao material montado pelo ramo do RRC. A finalidade desta estratégia é garantir que o material vindo do RRC é transformado em fluxo o mais rapidamente possível, isto é, transformar-se em fluxo vendido, não se sujeitando a eventuais incertezas que possam surgir nos ramos sem RRC, que prejudicariam a maximização de fluxo pretendida. O tamanho destes *time buffers* relaciona-se com a probabilidade da ocorrência de eventos aleatórios e pela natureza destes.

### 3.3.5. O Processo de Decisão

Para uma correta gestão do sistema produtivo, usando o método *OPT*, há que identificar as restrições do processo. De seguida, há que explorar essas restrições, isto é, retirar o máximo partido delas. Isto significa, por exemplo, eliminar as perdas de tempo nas máquinas-gargalo. Como referido anteriormente, os gargalos marcam o passo do processo – definem o fluxo da produção e dos *stocks*, pelo que todas as decisões devem ser em função dos gargalos, pois são estes que definem também a ocupação dos recursos não-gargalo. Na etapa seguinte deste processo procura-se relaxar o recurso gargalo, isto é, aumentar a sua capacidade, através de, por exemplo, realizar horas extra ou criar um turno adicional. É muito importante que este passo seja dado após a exploração destes recursos, pois podem existir aumentos de custos operacionais. À medida que a capacidade do posto gargalo aumenta, pode deixar de ser o posto restritivo e dar lugar a outro. Neste caso, é retomado o passo inicial, passando a ser identificado e explorado o novo recurso crítico do sistema.

### 3.3.6. Os Benefícios da *OPT*

De acordo com Kubasáková, I. e Ivánková, K.(2010), os benefícios básicos da implementação do sistema *OPT* podem ser vistos no aumento do desempenho e da eficiência do sistema de produção. Após a implementação do sistema *OPT*, está previsto verificar-se:

- Um aumento no volume de produção com os mesmos recursos de até 10%,
- Uma diminuição do nível do inventário em até 20%,
- Uma redução nos custos de até 7 - 10%,
- Redução dos prazos de produção em 20-30%.

Para além dos benefícios acima listados, o sistema *OPT* pode também influenciar no aumento do nível de desempenho da organização, pois permite-lhe o aumento da capacidade de se concentrar nos negócios e problemas-chave da empresa.

### 3.3.7 As desvantagens da *OPT*

Sendo que a *OPT* é um sistema computadorizado, a tomada de decisões está centralizada, o que faz com que os operadores tenham pouca margem de manobra. Desta forma, a força de trabalho poderá sentir-se menos comprometida com os objetivos de produção.

Uma outra desvantagem é o elevado preço do *software OPT*. Sendo um *software* “proprietário”, existe uma dependência da empresa utilizadora para com o seu fornecedor, pois terá de ser adaptado de acordo com as suas especificidades. Adicionalmente, o *software OPT* por norma não é *user friendly*, apesar de o fornecedor se estar a esforçar para resolver este problema, ele ainda está atrás da concorrência, como, por exemplo, o *MRP II*.

Uma dificuldade do método *OPT* é a identificação dos recursos gargalo, já que muitos fatores podem contribuir para mascarar gargalos verdadeiros, como lotes excessivos, práticas tradicionais na produção, entre outros. Se o gargalo for erradamente identificado, o desempenho do sistema fica comprometido.

*OPT* é um sistema que requer uma certa habilidade analítica do programador, o que exige treino extensivo e perfeita compreensão dos princípios envolvidos.

O *OPT* como sendo um novo método, que vai implicar sempre mudanças, pode levantar resistências à sua adoção por parte de pessoas mais resistentes à mudança.

Este método pode levar a que o nível de desempenho tradicional seja prejudicado (por exemplo, o índice de ocupação de equipamentos) ao melhorar o desempenho do sistema nas novas medidas.

### **3.4. A Teoria das Restrições**

A Teoria das Restrições, conhecida como *TOC (Theory of Constraints)*, foi concebida na década de 1980, pelo físico israelita Eliyahu Goldratt. Baseia-se em três pressupostos:

- Uma organização possui uma meta a ser atingida;
- Uma organização é mais que a soma de suas partes;
- O desempenho de uma organização é limitado por poucas variáveis, ditas restrições do sistema.

Existem cinco etapas decorrentes desses pressupostos: identificação as restrições do sistema; decisão de como explorá-las; subordinação de tudo à decisão anterior; elevar as restrições do sistema e voltar à primeira etapa sem permitir que a inércia cause uma restrição do sistema.

Nesta fase da dissertação, estas etapas e conceitos já não são novidade. De facto, foi a teoria das restrições que originou o *software OPT*.

Também na literatura sobre a *TOC* se encontram as definições de indicadores de desempenho semelhantes aos referidos anteriormente:

- Rentabilidade: O índice de rentabilidade relaciona-se com o tipo de retorno da empresa, podendo ser relativamente às suas vendas, aos seus ativos, património líquido, bem como o valor das suas ações. Mostra, portanto, a capacidade de geração de resultados da organização. Os principais indicadores de rentabilidade são: margem operacional, margem líquida, retorno sobre ativo, giro do ativo e retorno sobre o capital próprio.
- Despesas operacionais: todo o capital gasto na transformação dos *stocks* da empresa em produtos e/ou serviços para a geração de margem de contribuição. Envolve processos que agregam valor ao produto/serviço. Processos que não agregam valor devem ser eliminados.

- *Stocks*: todo o dinheiro imobilizado pela empresa em bens que podem ou poderiam ser comercializadas. Os *stocks* incluem não apenas os itens convencionais (matérias-primas, produtos em vias de fabrico e produtos acabados), mas também edifícios, terrenos, frota automóvel, equipamentos.

### 3.4.1. Implementação da *TOC*

A *TOC* pode ser aplicada em três níveis de tomada de decisões:

1. Produção, através da eliminação de gargalos físicos, programação e gestão de *stocks*;
2. Rentabilidade, através do aperfeiçoamento das decisões sobre processos que afetam o grau de rentabilidade;
3. Processos, através da eliminação de restrições não físicas.

A sua implementação é feita através dos cinco passos já referidos (capítulo 5.3.5 – O Processo de Decisão), pelo que neste capítulo não serão tão detalhados. A figura seguinte ilustra estes cinco passos:



Figura 18: O processo de decisão da TOC

### **3.4.2 OPT e TOC**

Após o estudo mais aprofundado destes dois conceitos, ficou claro que estão intrinsecamente ligados. A *OPT* é um *software* que ajuda a implementar parte do conceito da Teoria das Restrições na programação dos recursos. Muito resumidamente, a diferença entre *OPT* e Teoria das Restrições é que a Teoria das Restrições é bastante abrangente, com diversos conceitos, e o *OPT* é um *software* de programação da produção.

Neste trabalho, uma vez que não é possível adquirir o *software* em questão, serão identificadas os constrangimentos da linha de produção em estudo e a sua exploração sucessiva.

### **3.5. MRP II - Manufacturing Resource Planning**

O *MRP II* é um sistema de planeamento de recursos produtivos amplamente implementado nas empresas, já desde os anos 70.

Tem como principal objetivo o cumprimento dos prazos de entrega dos pedidos dos clientes, com a menor formação de *stock* possível. Isto é conseguido através do planeamento do aprovisionamento e produção dos pedidos, para que estes ocorram no momento exato e apenas nas quantidades necessárias. Isto é, nem mais, nem menos, nem antes, nem depois.

É feita uma breve descrição deste sistema de planeamento, uma vez que, atualmente, o planeamento da produção na Huf Portuguesa assenta sobre este sistema.

#### **3.5.1 Como Funciona o MRP II**

O *MRP II* é um sistema hierárquico de administração da produção, em que os planos de produção de longo prazo são sucessivamente detalhados por forma a chegar ao planeamento de componentes e máquinas. Os sistemas *MRP II* estão disponíveis no mercado sob forma de pacotes informáticos, geralmente divididos em módulos, com diferentes funções e relacionados entre si.

De acordo com Vollmann et al. (1988) e Corrêa e Gianesi (1996), o *MRP II* é composto por cinco módulos principais:

1. Planeamento da produção: tem como função auxiliar a decisão dos planeadores quanto aos níveis agregados de *stocks* e produção período a período, baseando-se

também em previsões de necessidades agregadas (níveis de procura do conjunto de produtos). É o nível mais agregado de planeamento de produção e, por isso, pela agregação e moderada quantidade de dados detalhados, presta-se ao planeamento de mais longo prazo.

2. Planeamento-mestre de produção (*Master Production Schedule - MPS*): é uma versão desagregada do plano de produção, ou seja, é o estabelecimento de um efetivo plano de produção de itens finais para o futuro. É um plano para a produção de produtos finais, período a período. O *MPS* tem em conta as limitações de capacidade, identificadas de forma também agregada, auxiliado por um mecanismo chamado *RCCP* (*rough-cut capacity planning*), que é parte do módulo de planeamento das necessidades de capacidade. O *MPS* é constituído por registos com escala de tempo que contêm, para cada produto final, as informações de procura e *stock* disponível atual.
3. Cálculo das necessidades de materiais (*Material Resource Planning - MRP*): de forma semelhante ao que ocorre com o *MPS*, o *MRP* também se baseia num registo básico que representa a posição e os planos com respeito à produção e *stock* de cada item, seja ele um item de matéria-prima, semi-acabado ou acabado, ao longo do tempo. Este registo é chamado registo básico do *MRP* período a período (*MRP time-phased record*). O *MRP* programa as suas ordens de produção sem verificar, durante o processo de programação, a disponibilidade ou não de recursos produtivos para executar as ordens programadas, ao considerar que a capacidade de produção do sistema em questão é “infinita”. As considerações de capacidade são feitas por um outro módulo, chamado *CRP*, ou módulo de planeamento das necessidades de capacidade.
4. Cálculo das necessidades de capacidade (*Capacity Requirements Planning - CRP*): o planeamento da capacidade de produção é tão importante como o planeamento dos próprios materiais. Sem a provisão da capacidade adequada, os benefícios de um sistema de administração não serão alcançados na sua totalidade. É feita uma avaliação prévia, a *rough-cut capacity planning*, cujo objetivo é localizar inviabilidades de determinado plano mestre de produção que

sejam identificáveis a partir de cálculos simples e agregados. Não encontrada uma inviabilidade evidente do plano mestre de produção, este é então explodido pelo módulo *MRP* em termos das necessidades de componentes, gerando-se ordens de compra e de produção para os itens particulares. Com base na explosão detalhada e utilizando informações a respeito dos roteiros de produção e do consumo de recursos produtivos por item, o módulo *CRP* calcula, período a período, as necessidades de capacidade produtiva, de forma detalhada, o que permite a identificação de ociosidades ou excesso de capacidade e possíveis insuficiências.

5. Controlo da fábrica (*Shop Floor Control - SFC*): o módulo de controlo de fábrica é responsável pela sequenciação das ordens, por centro de produção, dentro de um período de planeamento e pelo controlo da produção, ao nível do chão-de-fábrica. É um módulo que procura garantir que o que foi planeado será executado da forma mais fiel possível ao planeado. As principais entradas para o módulo de controlo de fábrica usam algoritmos de programação finita, com base em regras de sequenciamento, para proceder ao carregamento detalhado das ordens nos recursos dentro de um período de planeamento e definir sequências preferenciais para a execução das ordens nos centros produtivos.

### 3.5.2 As vantagens do MRP II

Wassweiler (1994) refere que o MRP II tem sido uma das grandes contribuições para a administração da produção nos últimos anos, por ser um método efetivo de planeamento de todos os recursos da produção. Uma das principais vantagens deste sistema é a sua natureza dinâmica, uma vez que reage muito bem às alterações. Tendo em conta a situação mundial, com cada vez mais competitividade e com um ambiente cada vez mais turbulento, a capacidade de adaptação à mudança é uma mais-valia. Pode parecer algo simples, mas a mudança de um item de um programa-mestre pode afetar centenas ou milhares de componentes. Sem um sistema como o *MRP II* seria muito difícil ver um impacto como este.

O *MRP II* é um sistema que disponibiliza uma grande quantidade de informação a um número alargado de utilizadores. Esta interligação de informações tem um potencial enorme e pode trazer grandes benefícios para as empresas que utilizem este sistema.



### 3.5.3 As limitações do MRP II

O *MRP II* baseia-se num programa informático grande, complexo e caro que, em geral, não permite ser facilmente adaptado às necessidades específicas da empresa. Mesmo que tal seja possível, exige muito esforço e despesas por parte do utilizador. Devido a estas dificuldades, o que geralmente acontece, é a adaptação da empresa ao sistema e não o contrário. Por várias vezes encontra-se informação que, se uma empresa quiser implementar no sistema, seria necessário um esforço de pré-organização tal que, no final, poderiam prescindir do sistema.

É um sistema que obriga os seus utilizadores a serem muito disciplinados no que toca a procedimentos de entrada de dados, já que depende profundamente destes, por ser altamente computadorizado. Neste sistema há uma quantidade enorme de dados que deve ser disponibilizada de forma sistemática e exata.

Santos da Silva (2012) refere que se trata também de um sistema passivo, no sentido de aceitar de forma cega os parâmetros (tempos de preparação de máquina, níveis de *stocks* de segurança, níveis de refugos – material inutilizado durante o processo produtivo, etc.), não questionando o seu utilizador sobre incongruências ou melhorias destes parâmetros.

## 4. Caso de Estudo

### 4.1. A Fábrica e a Caracterização das suas Linhas

A Huf Portuguesa conta com diversas linhas de montagem de diferentes tipos de componentes com diferentes *layouts* e, na sua maioria, elevado grau de automatização. O objeto deste estudo foi uma linha recente e, portanto, com muito potencial de melhoria. A linha em questão produz componentes de acesso mecânicos, nomeadamente um sistema de ignição e um sistema de fechadura de portas. As figuras seguintes mostram os componentes mencionados.



Figura 19: Sistema de ignição

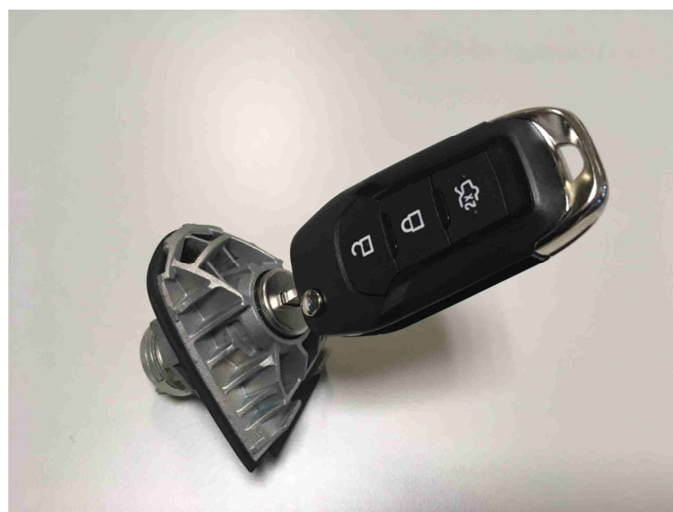


Figura 20: Sistema de fechadura de porta



As linhas da Huf Portuguesa seguem o pensamento *Lean*, focando-se na estandardização e organização de processos, e buscam constantemente a eliminação de desperdícios através das equipas de melhoria contínua. Todos os funcionários podem apresentar sugestões de melhoria que, ao serem provadas eficazes e implementadas, se traduzem em prémios de desempenho. Isto faz com que uma filosofia de otimização de recursos e processos seja transversal a toda a empresa e continuamente implementada.

O fluxo de materiais é feito de forma contínua, desde a sua receção até à transformação em produto acabado. O ritmo da transformação desses materiais é definido pelas necessidades dos clientes.

Como já referido, o grau de automatização nas linhas é elevado, sendo que a maior parte delas conta com postos completamente automáticos.

Actualmente, cada linha produz apenas para um cliente, não havendo linhas partilhadas por diferentes clientes, o que permite a confidencialidade de produtos e processos.

Dependendo dos pedidos do mercado, a fábrica funciona durante 24 horas por dia, distribuídas em 3 turnos de 8 horas, sendo que, devido às elevadas necessidades de produção por aumento de pedidos de cliente, também labora ocasionalmente aos fins-de-semana. Cada linha existente tem os seus chefes de linha, um em cada turno, que faz a ponte com o chefe de turno e estes, por sua vez, com o chefe de produção.

Em termos de *layout*, na Huf Portuguesa encontram-se três tipos: em “U”, retangulares ou em “O”, e em serpentina ou em “S”. O tipo de *layout* a adotar é definido na fase de projeto e depende de vários fatores: número de postos de trabalho a instalar, do espaço físico disponível, tipo de equipamentos a instalar, sendo que podem ser linhas mais ou menos automatizadas, com equipamentos de maiores ou menores dimensões, da distância a percorrer (tanto pelos operadores como movimentações de material), e considerando requisitos de segurança que garantam a proteção dos funcionários que a operam.

O número de operadores numa linha, tanto na fase de projeto como na de melhoria contínua, depende do grau de automatização da linha, isto é, está diretamente relacionado com o número de posto manuais existentes. Também a quantidade de postos automática é de extrema importância para a obtenção deste número, pois mesmo os postos completamente automáticos têm paragens repentinas e necessitam de pequenas afinações. Também peças que possam ser rejeitadas por determinada máquina automática podem necessitar de uma recuperação, feita por operadores, no momento. A perceção do número de operadores é resultado da experiência acumulada ao longo de mais de 25 anos de produção, que se iniciou com linhas

predominantemente manuais, até aos dias de hoje, onde os postos automáticos e semi-automáticos estão em maioria. O número de operadores numa linha é predefinido, retirando um posto ao número de postos manuais de toda a linha ( $n-1$ , onde  $n$  é o número de postos manuais previstos). Este sistema assegura a rotatividade a cada duas horas dos operadores pelos diferentes postos, com maiores necessidades de presença humana, o que quebra a monotonia das tarefas repetitivas que possam existir nesses postos, bem como por imposição de necessidades de ergonomia, de maneira a que o operador não esteja na mesma posição e a executar o mesmo tipo de movimentos por demasiadas horas. No entanto, e devido à experiência adquirida ao longo dos anos, sabe-se que deve ser adicionado mais um operador por cada oito equipamentos automáticos que existam na linha, de maneira a existirem recursos humanos disponíveis, para que a sua ausência de um posto manual, pelas afinações ou recuperações, não prejudique o fluxo produtivo da linha.

Cada posto de trabalho, seja ele automático, semi-automático ou manual, conta com uma folha de instruções, em que a operação está descrita e esquematizada. Os postos semi-automáticos e manuais contam também com informação sobre ergonomia, evidenciando as articulações mais afetadas durante o processo de montagem. A organização e limpeza dos postos de trabalho é também uma preocupação geral, sendo que todas as linhas são alvo de auditorias 5S, que verificam se esta metodologia está a ser praticada, com vista à organização e da disciplina no local de trabalho. Assim, pretende-se que nas linhas se consiga uma maior produtividade pela redução da perda de tempo gasto na procura por objetos. Segundo esta metodologia, só ficam no ambiente os objetos necessários e ao alcance da mão. Pretende-se também a redução de despesas e melhor aproveitamento de materiais, pois a acumulação excessiva de materiais estimula a desorganização. Pretende-se também uma melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de acidentes do trabalho e uma maior satisfação das pessoas com o trabalho.

## **4.2. Enunciado do Problema**

Este trabalho teve como objetivo principal a aplicação do método *OPT – Optimized Production Technology*, com vista à otimização de uma linha de montagem. Sendo que não é possível a implementação do *software*, o trabalho focou-se na implementação do método



descrito no capítulo 3.3.5 – O Processo de Decisão, focado na identificação dos recursos gargalo e na sua exploração.

O trabalho foi dividido em três fases:

1. Análise da linha de produção;
2. Apresentação e aplicação das possíveis soluções;
3. Estudo do impacto das soluções implementadas.

Numa fase inicial, após a instalação da linha, a identificação dos RRC foi feita recorrendo a cronometragens presenciais na linha de produção, com vista à obtenção dos tempos de ciclo de cada processo. Esta cronometragem inicial é de extrema importância, pois permite avaliar o estado de cada posto e afiná-lo, antes de iniciar a primeira produção em grande quantidade, por forma a evitar assim o desperdício de componentes. As afinações consideradas necessárias são implementadas e confirmadas e pode então seguir-se para a fase seguinte, dando início aos ensaios propriamente ditos. Após a obtenção dos resultados do primeiro ensaio, foram exploradas as possíveis melhorias a adotar, com uma equipa multidisciplinar (departamentos de Gestão de Projeto, Engenharia Industrial, Produção e Qualidade). Após essa análise, as melhorias possíveis foram implementadas, tendo sido feita uma comparação com o estado inicial, de maneira a comprovar a sua efetividade ou na adoção de novas abordagens.

As cronometragens foram efetuadas de acordo com o Método das Cronometragens, descrito de seguida.

Em suma, este trabalho pretende verificar o estado da linha de montagem, explorar as suas deficiências, aplicar ações de melhoria, confirmá-las e responder à pergunta “Poderá o método de exploração de gargalos contribuir efectivamente para melhorar a capacidade de uma linha de montagem?”

#### **4.2.1 Método das Cronometragens**

O método das cronometragens foi introduzido pela primeira vez há mais de cem anos por Frederick Winslow Taylor, com a finalidade de definição de horários para atividades de fabrico e construção.

Na indústria e, em particular, na Huf Portuguesa, o método das cronometragens é o método de medição do trabalho mais utilizado. São feitas medições do tempo através do uso de um cronómetro, junto aos postos de trabalho.

O método inicia com a identificação a operação a cronometrar. O analista deverá informar o operador das recolhas de tempos que vai efetuar, por forma a não causar desconforto, e não deverá interferir na rotina de trabalho do operador, pelo que deverá manter-se ligeiramente afastado, mas perto o suficiente para que consiga identificar as etapas da operação.

A operação é então dividida em elementos. A principal finalidade da divisão por etapas é a verificação do método de trabalho e deve ser compatível com a obtenção de uma medida precisa, havendo o cuidado de não dividir a operação em demasiados ou em poucos elementos. A cronometragem de cada posto pode ser parcial ou contínua, sendo que na parcial o cronómetro é reiniciado em cada etapa.

De acordo com Stevenson (2015), o número de ciclos que deve ser cronometrado é uma função de três variáveis: (1) a variabilidade dos tempos observados, (2) a precisão desejada, e (3) o nível desejado de confiança para o tempo de trabalho estimado. Muitas vezes, a precisão desejada é expressa como uma percentagem da média dos tempos observados.

O número de ciclos de cada operação a ser cronometrados é determinado utilizando a fórmula seguinte:

$$n = \left( \frac{Z \cdot S}{a \cdot \bar{x}} \right)^2$$

Em que:

n = Número de observações necessárias;

Z = Coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada;

S = Desvio padrão das observações;

a = Precisão pretendida, em percentagem;

$\bar{x}$  = Média da amostra.

De seguida, o analista regista os tempos de execução ou “Tempo Observado” (TO), que representa a média das observações feitas, e compara-o com o ritmo de um trabalhador “normal” (trabalhador representativo e qualificado), que será a “Atividade de Referência” (AR). Ao fazer

esta comparação, o analista está a fazer um “Julgamento de Atividade”, baseado na sua experiência, sensibilidade e conhecimento do processo produtivo, havendo sempre uma maior ou menor componente subjetiva.

A atribuição deste fator de AR ao operador pretende extrapolar os resultados obtidos (da observação e medição de um operador em particular) para a população dos operadores “normais”, obtendo assim um tempo padrão universal. Daqui resulta o “Fator de Atividade” (FA): o trabalhador “normal” tem um fator de atividade igual a 100%, sendo que um trabalhador lento tem um FA inferior a 100% e um operador rápido tem um FA superior a 100%.

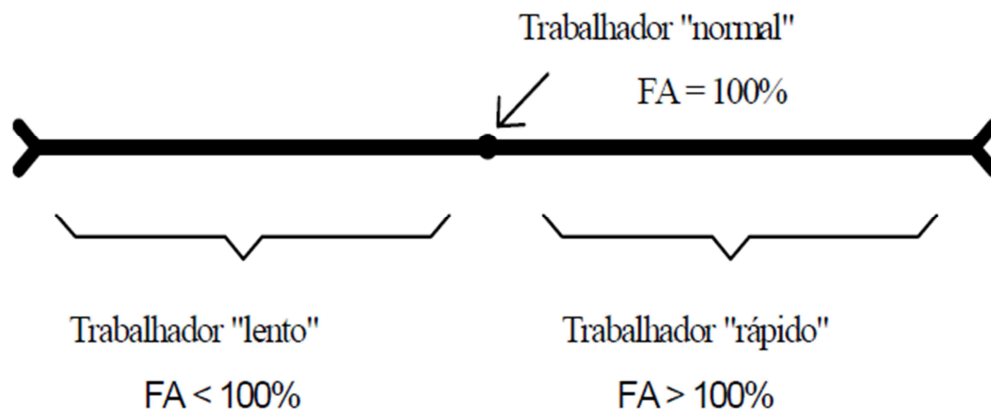


Figura 21: A atividade de referência (Estudo dos Tempos, IST)

Como a atribuição do FA é subjetiva e algo difícil de mensurar, algumas diretrizes são mostradas na figura seguinte.

Qualificação do desempenho do operador na execução da actividade	FA (%)
Actividade nula	0
Actividade muito lenta (movimentos inábeis e hesitantes, executante desinteressado e adormecido)	50
Actividade compassada (aparentemente lenta mas sem desperdício de tempo, ritmo sem pressa como o de um trabalhador não remunerado à peça)	75
Gestos vivos e precisos de um trabalhador remunerado à peça	100
Actividade muito rápida (segurança, destreza e coordenação de movimentos superior à de um trabalhador médio experiente)	125
Actividade excepcionalmente rápida (tarefa executada por perito, ritmo que não pode ser mantido por muito tempo)	150

Figura 22: Qualificação do desempenho (Estudo dos Tempos, IST)



Também os anos de experiência do operador têm influência no seu desempenho, bem como a destreza manual de cada pessoa ou a sua condição física, características que vão sendo melhoradas com o tempo. Já a disposição, entusiasmo e motivação, são fatores momentâneos que poderão alterar as cronometragens.

A atribuição do FA permite calcular o tempo normalizado (TN), através da seguinte fórmula:

$$TN = TO \times \frac{FA}{AR}$$

Onde:

TN = Tempo normalizado;

TO = Tempo observado;

FA = Fator de atividade;

AR = Atividade referência.

Na figura 23 encontra-se a folha de registo de tempos utilizada na Huf Portuguesa.




Huf Portuguesa															
															
Data:															
Área:															
Máquina:															
Operação:															
Referência:															
Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1													1,11	1	
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
<b>Coef. de Recuperação de Pessoas</b>		<b>Coef. de Incidência de Máquina</b>		<b>Tempo Total Observado</b>		0,00									
1. Supl. Constantes		9		1. Supl. Constantes		6		<b>Produção Possível (hora)</b>							
2. Supl. Variáveis		2		2. Supl. Variáveis		3									
Factor K %		11		Factor K %		9		Tempo s/ efeito							

Figura 23: Folha de registo de tempos (Huf Portuguesa)

Em que,

T – tempo observado ou medido;

A – fator de atividade ou cadência observada pelo operador;

TN – tempo normal, média dos tempos resultantes do fator de atividade aplicado;

K – fator de correção de 11% para pessoas e 9% para máquinas;

F – frequência (número de vezes) com que um dado elemento ocorre dentro de um ciclo;

TT – tempo total ou tempo padrão de um dado elemento.

#### 4.2.2 A Linha de Montagem

A linha de montagem onde este método foi ensaiado é uma linha em “O”, o que significa que o fluxo na linha é contínuo. A figura seguinte representa a linha de montagem, com ilustração dos seus postos automáticos e manuais. Inicialmente, a linha era composta por 18 postos de montagem, sendo que 9 eram de montagem manual e 9 de montagem automática. Estes últimos são postos que possuem um elevado grau de automatização, com vários testes de correcta montabilidade implementados – *Poka Yoke* – que garantem o processamento de material sem defeitos. Sendo que é uma linha de tamanho reduzido, a paragem de um destes

postos afeta rapidamente os postos seguintes, pois os *buffers* de segurança são de tamanho muito reduzido.

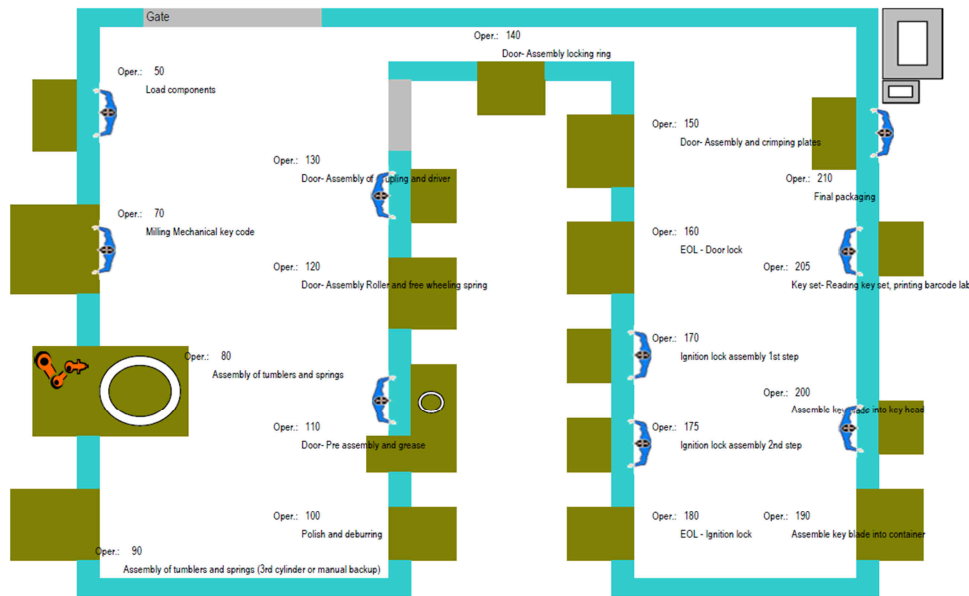


Figura 24: Layout da linha de montagem

### 4.2.3 O Processo de Montagem

O produto circula no sentido anti-horário, sendo que chegam à linha algumas pré-montagens feitas em centros de trabalhos exteriores. Na tabela seguinte é feita a descrição do processo de montagem em linha.

Tabela 1: Processo de Montagem

Operação	Descrição	Tipo de posto
40	Line server	
50	Abastecimento de componentes	Manual
70	Fresagem do código mecânico no espadim	Manual
80	Montagem de linguetas e molas	Automático
90	Montagem de linguetas e molas - Backup	Manual
100	Polimento e remoção de rebarbas	Automático
110	Pré-montagem da porta e lubrificação	Manual
120	Porta - Montagem do rolo e da mola de roda-livre	Automático
130	Porta - Montagem do coupling e driver	Manual
140	Porta - Montagem do locking ring	Automático
150	Porta - Montagem e cravação das plates	Automático
160	Porta - EOL	Automático



170	Anti roubo - 1º passo de montagem	Manual
175	Anti roubo - 2º passo de montagem	Manual
180	Anti roubo-EOL	Automático
190	Montagem do espadim na chave flip	Automático
200	Montagem do espadim na cabeça de chave de emergência	Manual
205	Conjunto - Leitura dos códigos mecânicos, impressão do código de barras	Manual
210	Embalagem	Manual

A linha iniciou com um turno de 8 horas, que incluem 2 pausas de 5 minutos, 20 minutos para almoço e 5 minutos para limpezas/organização (paragem programada).

#### 4.2.4 Estudo da Linha

Tal como referido no capítulo 5, subcapítulo 5.3.5. - O Processo de Decisão, é de extrema importância identificar as restrições do processo. Para tal, foram registados os tempos de ciclo de cada posto. De acordo com o volume contratado com o cliente, o tempo de ciclo máximo permitido no processo é de 21 segundos. Este valor é conhecido por *takt time*, que é o ritmo a que as peças têm de ser produzidas, isto é, é o tempo máximo de produção de cada peça permitido, por forma a cumprir com a demanda do cliente. Partindo deste resultado, todos os postos de montagem com tempos de ciclo superiores a 21 segundos são vistos como recursos-gargalo, que imperativamente terão de ser explorados e otimizados, sob pena que não cumprimento com as entregas ao cliente e incorrer em fortes penalizações por parte deste.

Para a obtenção da produtividade de cada posto foram feitos vários ensaios ao processo produtivo, denominados de *Capacity Verification*. Os tempos de ciclo foram obtidos através de cronometragens, descrito anteriormente. O tipo de cronometragem utilizado em cada posto foi a cronometragem contínua.

As etapas consideradas para cada posto estão listadas abaixo.

**Tabela 2: Descrição do processo de montagem**

OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO	EQUIPAMENTO
40	<b>Line server</b>	Automático
40,1	Setup da versão a produzir	
50	<b>Abastecimento de componentes</b>	Manual
50,1	Cilindro do anti roubo	
50,2	Carcaça de porta	



50,3	Cilindro de porta	
50,4	Espadins	
70	<b>Fresagem de código mecânico</b>	Manual
70,1	Pegar no espadim e posicioná-lo na fresadora	
70,2	Iniciar o ciclo de fresagem do primeiro espadim	
70,3	Retirar espadim e colocar no tray	
70,4	Iniciar o ciclo de fresagem do segundo espadim	
70,5	Retirar espadim, colocar no tray e libertar para estação seguinte	
80	<b>Montagem de linguetas e molas</b>	Automático
80,1	O robot agarra o cilindro de porta e de ignição, coloca-os no tabuleiro e introduz as molas e linguetas	
80,2	Teste ótico para verificar presença de todos os componentes, o robot coloca os cilindros novamente no tray e liberta para estação seguinte	
90	<b>Montagem de linguetas e molas - Backup</b>	Manual
90,1	Retira cilindros do tray e verifica presença de componentes. Repõe componentes em falta.	
90,2	Coloca os cilindros no tray	
90,3	Liberta para estação seguinte	
100	<b>Polimento e remoção de rebarbas</b>	Automático
100,1	O manipulador retira os espadins do tray, introdu-los no polidor, aguarda e retira-os.	
100,2	O manipulador introduz o espadim de porta no cilindro de porta e coloca o espadim de anti roubo na ranhura.	
100,3	Liberta para estação seguinte	
110	<b>Pré-montagem de porta e lubrificação</b>	Semi-automático
110,1	Aplicação automática de lubrificante na carcaça (no tray)	
110,2	O operador posiciona o cilindro no dispensador	
110,3	O dispensador lubrifica o cilindro com centoplex	
110,4	O operador pega e posiciona o casquilho no dispensador de lubrificação de casquilho	
110,5	O equipamento lubrifica o casquilho com berulub	
110,6	O operador pega no cilindro e no casquilho e introduz o primeiro no segundo	
110,7	O operador introduz esta pré-montagem na carcaça	
110,8	O operador liberta para a estação seguinte	
120	<b>Porta - Montagem do rolo e da mola de roda-livre</b>	Automático
120,1	O robot coloca na carcaça o rolo e a mola na posição correta. Verifica com sensor ótico	
120,2	Liberta para estação seguinte	
130	<b>Porta - Montagem do coupling e driver</b>	Manual
130,1	O operador pega e monta o coupling e o driver	
130,2	O operador coloca os componentes no tray	



130,3	O operador liberta para a estação seguinte	
140	<b>Porta - Montagem do locking ring</b>	Automático
140,1	O robot retira do tray para o equipamento de montagem	
140,2	Introduz e posiciona o locking ring	
140,3	Liberta para estação seguinte	
150	<b>Porta - Montagem e cravação das plates</b>	Automático
150,1	O robot retira do tray para o equipamento de montagem	
150,2	Introduz e posiciona as plates. Faz a cravação das plates	
150,3	Liberta para estação seguinte	
160	<b>Porta - EOL</b>	Automático
160,1	Verifica presença de componentes e faz controlos dimensionais	
160,2	Liberta para estação seguinte	
170	<b>Anti roubo - 1º passo de montagem</b>	Manual
170,1	Pega no cilindro e no casquilho e lubrifica-os	
170,2	Pega no cilindro e no casquilho e introduz o primeiro no segundo e comprime.	
170,3	Pega na mola e na cover, posiciona no cilindro e comprime.	
170,4	Pega na housing, lubrifica e coloca sobre a pré-montagem anterior.	
170,5	Liberta para estação seguinte	
175	<b>Anti roubo - 2º passo de montagem</b>	Manual
175,1	Pega na pré-montagem da estação anterior	
175,2	Pega e monta o lock slide e a leaf spring	
175,3	Posiciona no equipamento para montar a lock washer	
175,4	Liberta para estação seguinte	
180	<b>Anti roubo-EOL</b>	Automático
180,1	Testa ângulos de funcionamento e torques	
180,2	Gravação da data de produção	
180,3	Liberta para estação seguinte	
190	<b>Montagem do espadim na chave flip</b>	Automático
190,1	O robot pega no container e no espadim e move-os para o equipamento	
190,2	Inicia ciclo de introdução do pino de fixação	
190,3	Liberta para estação seguinte	
200	<b>Montagem do espadim na cabeça de chave de emergência</b>	Automático
200,1	O robot pega na cabeça de chave e no espadim e move-os para o equipamento	
200,2	Inicia ciclo de introdução do pino de fixação	
200,3	Liberta para estação seguinte	
205	<b>Conjunto - Leitura dos códigos mecânicos, impressão do código de barras</b>	Manual
205,1	O operador pega nas chaves e introduz no leitor, para confirmar a variante e o código mecânico	
205,2	O equipamento imprime a etiqueta. O operador retira da	



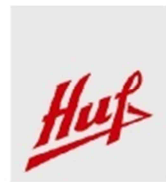
	impressora	
205,3	O operador prende a etiqueta nas chaves com um key strip	
205,4	Liberta para estação seguinte	
210	<b>Embalagem</b>	Manual
210,1	O operador confirma que a etiqueta com o código de barras está presa às chaves	
210,2	Retira os componentes do tray e coloca em saco de plástico	
210,3	Coloca em caixas de acordo com instrução de embalagem	

Para análise do cumprimento das necessidades de cliente foi usado o *template* das páginas seguintes, pertencente à empresa.



# Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



## Capacity Verification - Run & Rate

Product Information		Customer demands		Capacity revision records		
Customer	x - Qty / week	0	Volumes	Date	Comments	
Date R&R	y - Days/week					
Customer P	z - Daily needs					
Huf PN	Volume anual					

I. Planned Capacity												
Working place cod.												
A Shift/day												
B Hour/Shift												
C Progr. Stops (min./Shift)												
Progr. Maint. (min./Shift)												
D Days / week												
E Real used time (h/week)												
(A*B-C*D)/D												
Production losses / Shift												
F Set up; refill, etc (min.)												
G Change tool (min.)												
H Inspections (min)												
I Non prog. Stops (min.)												
J Lost hours/week												
(J*(A-B-C)/D)												
K Availability [(E-J)/E]												
Quality ratio (%)												
% scrap + rework												
L Quality (%) [100-RQ]												
Planned cycle time / Capacity												
CE Demanded cycle (seg.) [E*3600/(X*K*L)]												
M Safe cycle (seg.) [(CE-CE)*1/100]												

II. Capacity Verification - Run & Rate												
Duration of the observation (min.)												
N Time												
O1 Progr. Stops (interv., maint.)												
O2 Change tools												
P Not Progr. Stops (breakdowns)												
Motive for non programed stops												
Verified Quantities												
Q Parts produced (Total)												
R Scrap parts												
S Reworked parts (re-test, ret. in/out line)												
T TOTAL GOOD PARTS [Q-R-S]												
Motives for Rejections												
U Actual cycle (seg./part) [(N-O-P)/T*60]												

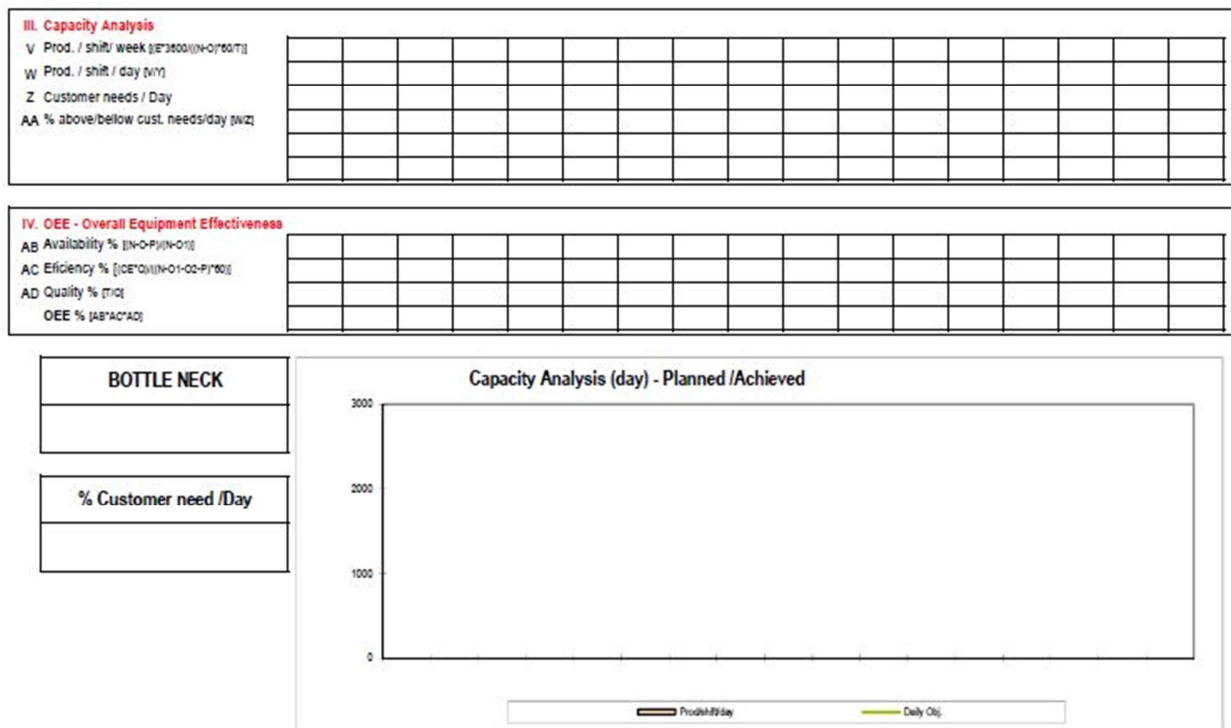


Figura 25: *Template* de análise de cumprimento de necessidades de cliente

Este *template* calcula a capacidade de produção necessária para fazer face às necessidades de cliente. Sendo que o volume contratado é de 800.000 conjuntos por ano, no decorrer de 48 semanas de cinco dias, é necessário produzir 3333 conjuntos por dia, sem defeitos e sem paragens de equipamentos, o que significaria um *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) de 100%. A empresa considera um OEE de 85% nos seus cálculos, o que se traduz na necessidade real de produzir 1278 conjuntos por turno.

Na secção I do *template* é feita a planificação da capacidade. São listados os postos de trabalho com o seu código correspondente, inserido o número de turnos previstos, o número de dias de trabalho por semana, número de horas por turno, pausas e tempos de manutenção programada. Apresenta também um campo para serem preenchidos os tempos de *setup*, manutenções não programadas, alterações de máquinas e inspeções. De acordo com a experiência em processos semelhantes, é assumida uma taxa de retrabalho em cada posto. São assim calculados o índice de Qualidade, o *takt time* e o *safe cycle*. Este último representa o tempo necessário de produção, considerando os picos de produção contratados com o cliente, normalmente 15% acima do valor médio de pedidos e assumindo ainda o OEE de 85%.

Na secção seguinte do *template* é preenchido o tempo de duração do ensaio produtivo, tempos e número de paragens programadas e não programadas reais, alterações de máquina,



quantidade de peças produzidas, peças rejeitadas, peças retrabalhadas e é calculado o tempo de ciclo real.

Na secção III é feita a análise da capacidade, que compara os valores obtidos com as necessidades, sendo visível em percentagem o quanto está acima ou abaixo dessas necessidades.

Na secção IV é calculado o OEE de cada posto.

No final está destacado o posto gargalo, assim como a sua capacidade face às necessidades do cliente, e é feita uma representação gráfica do desempenho de cada um dos postos.

### 4.3. Resultados Obtidos

Tal como referido anteriormente, na fase mais inicial da instalação da linha são feitas as cronometragens de cada posto. Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte:

**Tabela 3: Resultados das cronometragens para obter tempos de ciclo**

Huf Portuguesa



Data: outubro 17  
.....

Posto	Nº de Operação	Código	Tipo	Designação / Operação	Ciclo Real	Prod./ h	% D/Post	Pessoas
1	50	3136	M	Carga de componentes (housing e cilindro)	4,63	778	100	1,0
2	70	3052	M	Fresadora de chaves (avanço a 9mm/m)	22,90	157	100	1,0
3	80	3137	A	Mont de molas e linguetas (só cilindro porta)	5,22	690	10	0,1
4	100	3138	A	Polidor de espadins	15,73	229	10	0,1
5	110	3139	M	Lubrif e montagem de cilindro e casquilho	20,67	174	100	1,0
6	120	3140	A	Montagem de rolo e mola	14,71	245	10	0,1
7	130	3141	M	Pré montagem de acoplamento e alavanca	5,95	605	100	1,0
8	140	3142	A	Montagem da grupilha	8,42	428	10	0,1
9	150	3143	A	Mont e cravação das lâminas	15,51	232	10	0,1
10	160	3144	A	EOL	12,46	289	10	0,1
11	205	3150	M	Leitura chaves e impressão e anilhamento de etiqueta	16,20	222	100	1,0
12		3131	M	Inspecção final (manual)	9,62	374	100	1,0
13	210	3151	M	Embalagem	10,37	347	100	1,0

Esta tabela é obtida através do preenchimento das folhas de registo de tempos, da Figura 23, para cada posto em análise. A informação detalhada de cada posta está presente em anexo. Nesta fase apenas foram considerados os postos 100% configurados, os restantes postos ainda estavam em fase final de instalação.

Deteta-se já à partida a necessidade de otimizar o posto de fresagem, acima dos 21 segundos.

Os resultados do primeiro ensaio estão representados na figura 26.

De salientar que a análise conta com dezassete operações, pois os postos nº 40 – *Line Server – Setup* da versão a produzir e nº 90 – *Montagem de linguetas e molas – Backup* não foram considerados para análise. No momento do *Capacity Verification*, a linha estava completamente carregada, por forma a identificar de forma mais realista cada recurso gargalo. Em anexo encontra-se o *template* usado devidamente preenchido.

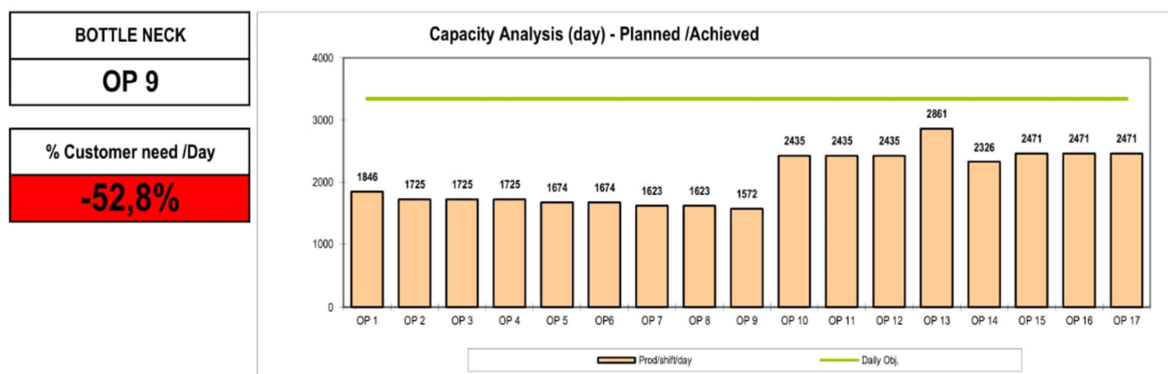


Figura 26: Resultados do primeiro *Capacity Verification*

É notória a necessidade de otimização de todos os postos, pois todos se encontram aquém das necessidades. Em particular, a operação nº 9, que corresponde à operação 150 da Tabela 2 - Descrição do Processo de Montagem, consegue apenas produzir apenas 47,2% da quantidade necessária para satisfazer as necessidades do cliente.

Por forma a facilitar a consulta, a tabela seguinte faz a correspondência entre número de operação de *Capacity Verification* e número de posto, com a sua descrição.

Tabela 4: Correspondência entre operação de Capacity Verification e número de posto

OP. CAPACITY VERIFICATION	Nº DE POSTO	DESCRIÇÃO DE POSTO
1	3136	Abastecimento de componentes
2	3052	Fresagem de código mecânico
3	3137	Montagem de linguetas e molas
4	3138	Polimento e remoção de rebarbas
5	3139	Pré-montagem de porta e lubrificação
6	3140	Porta - Montagem do rolo e da mola de roda-livre
7	3141	Porta - Montagem do coupling e driver
8	3142	Porta - Montagem do locking ring
9	3143	Porta - Montagem e cravação das plates
10	3145	Anti roubo - 1º passo de montagem
11	3146	Anti roubo - 2º passo de montagem
12	3147	Anti roubo - EOL
13	3148	Montagem de espadim na chave flip
14	3144	Porta - EOL
15	3150	Conjunto - Leitura dos códigos mecânicos, impressão do código de barras
16	3131	Inspeção final
17	3151	Embalagem

Inicialmente estava prevista a montagem de uma chave de emergência (operação 200) mas, devido a estratégias de redução de custos, foi eliminada pelo cliente. O posto de inspeção final não estava previsto inicialmente, tendo sido introduzido para o primeiro *Capacity Verification*.

No seguimento do *Capacity Verification*, em que são identificados os *bottlenecks* do processo, é feita uma listagem que identifica os postos e as melhorias a implementar, por forma a explorar os *bottlenecks* identificados. Na página seguinte é possível ver as ações de melhoria identificadas.



Tabela 5: Ações de melhoria identificadas após o primeiro *Capacity Verification*

Huf Hülbeck & Fürst



OPEN POINTS LIST (OP-List)									
Customer: Cliente		Project No.: xxx.xxxx		Drawn up by: Gestor de Projeto					
Vehicle type: Modelo				Complete for the first time: 27-10-2017					
Project descr.: Locksets				Updated:					
Problem No.	SD No.	Category	Description of the problem	Date problem 1st occurs	Responsible Team-member	Action / Solution	Responsible Team-member	Deadline for completion (DD.MM.YY)	Status
1			Fresadora com interface confuso	26-10-2017	Gestor de projeto	Fechar o acesso ao interface desnecessário.	Eng. Processo	30-10-2017	3
2			Falta de compactos para o capacity verification e para ajuste do processo	26-10-2017	Gestor de projeto	Comprar 200 compactos sem função elétrica para ajuste de processo e preparação. Comprar compactos completamente funcionais para capacity verification.	Compras	CW 45	3
3			Operários tinham que trabalhar em mais que um posto, resultando em atrasos.	26-10-2017	Gestor de projeto	Equipa definida e com formação tem de estar na linha durante o capacity verification.	Chefes de Turno Recursos Humanos	CW 45	3
4			Processo de rejeição não respeitado, o que originou perda de capacidade	26-10-2017	Gestor de projeto	Melhorar os procedimentos de rejeição e dar formação aos operadores	Resp. Qualidade Resp. Produção	CW 44	3
5			Peças manipuladas com ferramentas não permitidas	26-10-2017	Gestor de projeto	Melhorar os procedimentos de rejeição e dar formação aos operadores	Resp. Qualidade Resp. Produção	CW 44	3
6			Erros de abastecimento de molas na fresadora	26-10-2017	Gestor de projeto	Corrigir o processo de abastecimento de molas para evitar que peças NOK percorram toda a linha.	Eng. Processo	CW 44	3
7			EOL do anti roubo com muitas paragens	26-10-2017	Gestor de projeto	Ajustar/corrigir a remoção de peças depois de OK dado pela EOL	Eng. Processo	CW 45	3
8			Tempos de ciclo muito elevados nos postos	26-10-2017	Gestor de projeto	Melhorar equipamento de leitura no posto 3150; duplicação do posto de montagem de anti roubo; melhorar processo de lubrificação do cilindro (3139) - Target 20 secs	Eng. Processo Resp. Produção	CW 44	3
9			Capacity Verification não foi bem sucedido	26-10-2017	Gestor de projeto	Fazer novo capacity verification	Huf-PT	CW 45	3

Depois de implementados os pontos identificados, um novo *Capacity Verification* foi realizado, sendo os seus resultados apresentados de seguida.

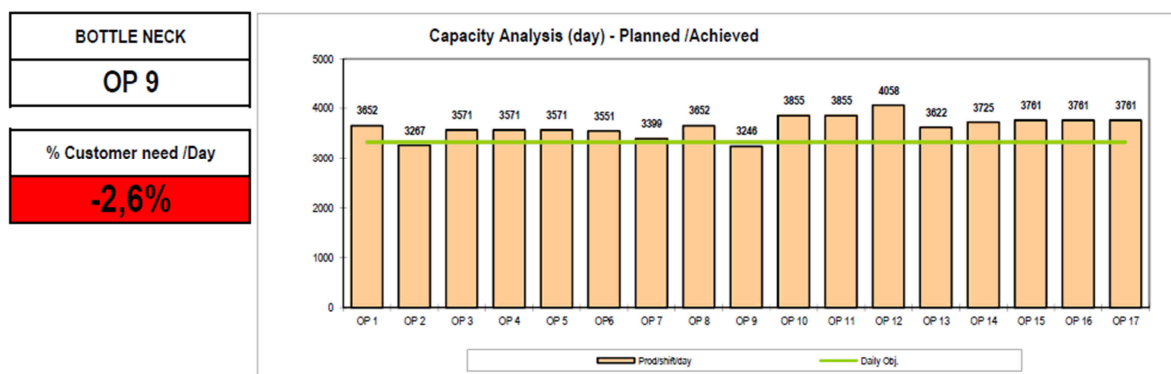


Figura 27: Resultados do segundo *Capacity Verification*

De salientar a melhoria significativa dos postos em geral, muito graças à experiência e à vontade adquirido pelos operadores de linha, bem como pela disponibilidade dedicada de cada

um deles aos postos de montagem manual. Também se verifica uma grande melhoria no desempenho dos postos de montagem do anti-roubo, uma vez que foram duplicados, sendo que anteriormente cada posto apenas fazia uma montagem parcial do componente.

Não obstante, neste segundo ensaio ainda é visível a necessidade imperativa de melhorias, nomeadamente no posto de fresagem e no posto de cravação das plates da porta, com uma capacidade abaixo das necessidades do cliente em 2% e 2,6%, respectivamente (na folha de resultados este valor é arredondado à unidade). No caso da fresadora, foi verificado que, ao diminuir o tempo de fresagem e, conseqüentemente, o tempo de ciclo, a qualidade do corte era comprometida pela existência de vibrações. Para solucionar este problema terão de ser adquiridas novas fresas, com maior robustez, por forma a garantir a qualidade do produto e as necessidades do cliente. No posto de cravação das plates foram verificadas várias paragens por erro de cravação, uma vez que a máquina não conseguia introduzir os componentes por forma a assegurar a função dos mesmos. Após análise pelo departamento de Qualidade de Processo, tal deveu-se a um lote com uma percentagem elevada de peças não conformes, que não foram detetadas aquando a receção do material. As peças em causa foram reclamadas.

À semelhança do caso anterior, foi elaborada uma lista com as ações correctivas a aplicar, presente na tabela seguinte.

Tabela 6: Ações de melhoria identificadas após o segundo *Capacity Verification*

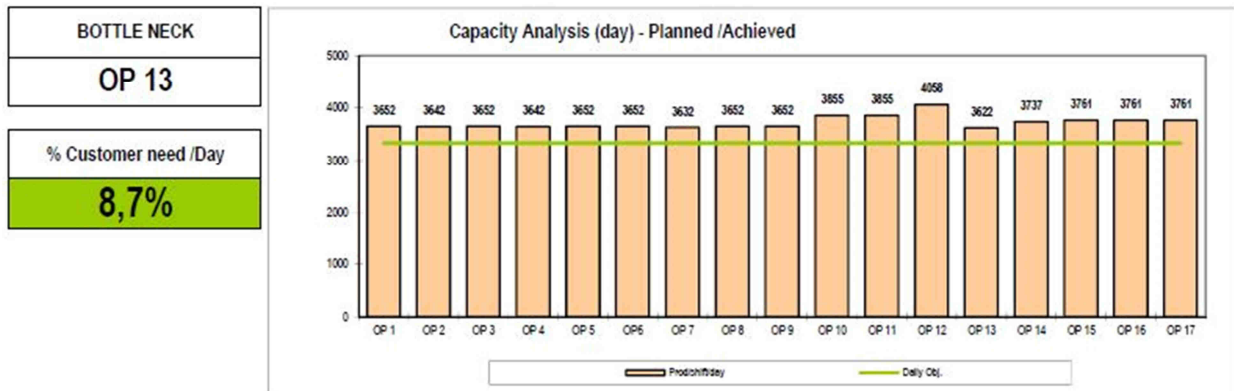
Huf Hülsbeck & Fürst



OPEN POINTS LIST (OP-List)

Customer: Cliente		Project No.: xxxx.xxx		Drawn up by: Gestor de Projeto					
Vehicle type: Modelo				Complete for the first time: 14-11-2017					
Project descr.: Locksets				Updated:					
Problem No.	8D No.	Category	Description of the problem	Date problem 1st occurs	Responsible Team-member	Action / Solution	Responsible Team-member	Deadline for completion (DD.MM.YY)	Status
1			Fresadora com tempo de ciclo demasiado elevado (3052)	13-11-2017	Gestor de projeto	Testar novas fresas que não comprometam a qualidade do corte com tempo de fresagem mais curto	Eng. Processo	30-11-2017	3
5			Plates fora de especificação, resultando em paragens do posto de cravação (3143)	14-11-2017	Gestor de projeto	Reclamar plates. Fornecedor tem de entregar plates OK para próximo capacity verification	Resp. Qualidade Resp. Compras	CW 49	3
9			Capacity Verification não foi bem sucedido	18-11-2017	Gestor de projeto	Fazer novo capacity verification	Huf- PT	CW 51	3

A implementação das ações identificadas levou à repetição do *Capacity Verification*, cujos resultados são apresentados na figura 28.



**Figura 28: Resultados do terceiro Capacity Verification**

No terceiro e último *Capacity Verification* efetuado, verifica-se que a linha está, finalmente, preparada para fazer face às necessidades do cliente.



## 5. Conclusões

### 5.1. Conclusões Gerais

O trabalho desenvolvido permitiu fazer a identificação dos recursos gargalo de uma linha de montagem do sector de componentes da Indústria Automóvel, fazer a exploração de cada um deles e obter assim uma maior cadência da linha, permitindo o fluxo contínuo de materiais no seu processo produtivo.

Sendo o principal objetivo desta dissertação a implementação da metodologia *OPT*, com o foco na identificação e exploração dos recursos gargalo, considera-se que o objetivo foi cumprido. Através deste trabalho foram identificados os problemas que punham em causa a *performance* da empresa face aos requisitos do cliente, sendo que, após a implementação das soluções identificadas, estas mostraram-se efectivas sendo que, após o terceiro ensaio, a capacidade da linha já se encontra acima das necessidades do cliente, não havendo a necessidade de introduzir um quarto turno de trabalho, o que resultaria em gastos muito elevados.

No terceiro ensaio, com a implementação das ações identificadas é possível verificar que a linha fica balanceada, não existindo recursos com tempos de ciclo superiores ao *takt time*, nem com tempos de ciclo demasiado diferentes entre si. Tal resultaria em ociosidade de postos, mesmo que acima da cadência necessária, o que significaria subaproveitamento dos recursos.

Tal como já referido, é de salientar o *à-vontade* dos operadores na linha durante o segundo e terceiro ensaios, resultante não só da familiarização com os equipamentos, mas também graças ao sentimento de espírito de equipa que se desenvolveu durante este processo, como do sentimento de pertença ao projeto, uma vez que os operadores da linha participaram na construção da listagem de ações de melhoria.

As listagens de ações de melhoria, originalmente em inglês, encontram-se disponíveis para consulta para todo o Grupo Huf, permitindo a partilha de conhecimentos e as que lições aprendidas com estes ensaios se possam considerar em linhas de montagem semelhantes nas fábricas Huf de todo o mundo.

Em particular, identificou-se que o posto de fresagem (3052) é um posto sensível, devido aos seus componentes com tempo de vida mais curto do que desejável. Como medida de otimização de maior investimento desta linha, e com vista a solucionar a longo prazo este

problema, foi adquirida uma nova fresadora, com outra tecnologia e que permite fazer face a incrementos de produção.

No caso do posto de cravação de *plates* da porta (posto 3143), para além da reclamação das *plates* ao fornecedor, foi iniciada uma alteração de engenharia na carcaça de porta, que permite absorver pequenos desvios dimensionais nas *plates* e obter uma cravação mais eficaz.

Assim sendo, com os resultados obtidos, é possível responder afirmativamente à pergunta colocada no subcapítulo 6.2., “Poderá o método de exploração de gargalos contribuir efectivamente para melhorar a capacidade de uma linha de montagem?”.

## ***5.2. Perspetivas de Desenvolvimento Futuro***

A Huf Portuguesa aposta continuamente no desenvolvimento de aplicações que permitem a avaliação do seu desempenho, sendo que o desenvolvimento de um *software* que permita a análise mais detalhada das causas que levam às paragens dos equipamentos, bem como as causas de rejeição de componentes, será uma mais-valia para compreender o processo produtivo e poder atuar de forma mais célere no caso de detecção de ineficiências. Os dados resultantes deste estudo, bem como a forma de os obter, poderão ser utilizados como forma de confirmar e testar esse tipo de aplicação, em ambiente controlado.



## Bibliografia

Apresentações Institucionais - 2016, Huf Portuguesa.

Associação Nacional do Ramo Automóvel - <http://www.site.aran.pt/index.php/estatisticas>

Barnes, R. M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Tradução da 6ª edição americana. São Paulo: Blucher, 1977

Communication on Progress – 2016, Huf Portuguesa

Costa, L. F., & Arezes, P. M. (2003). *Introdução ao Estudo do Trabalho*. Guimarães.

Kubasáková, I; Ivánková K., *Constraint Management System – Optimized Production Technology (OPT)*, 2010;

Lopes, B.; Barros, J.; Teixeira, M.; Santos, D.; Milner, W.; Moura, P – *A Indústria Automóvel em Portugal - Impacto na Economia Portuguesa*; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014

Mahmoud, A. *Optimized Production Technology (OPT)*; 2015, University of Technology Baghdad – Iraq

Miyake D. I., *Técnicas de Gerenciamento de Operações Industriais*, Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Produção

Ohno, Taiichi, 1997, *O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*, Editora Bookman;

Santos da Silva L., *Planejamento dos Recursos da Manufatura – MRP II*, 2012, Centro Universitário Leonardo da Vinci - UNIASSELVI

Schrageheim, E; Ronen, B. *Drum-Buffer-Rope Shopfloor Control*, *Production and Inventory Management Journal*, 1990.

Stevenson, W. *Operations Management*, 2015, 12<sup>th</sup> Edition, New York, McGraw Hill

Toledo L., 2002, *Proposta de roteiro de implementação dos conceitos de manufatura enxuta baseado num modelo corporativo*, Tese de M. Sc, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

University of Washington, <http://courses.washington.edu/ie337/OPT.pdf> , consultado a 31-10-2016

Wassweiler, William R., “MRP II in Perspective”. APICS - The Performance Advantage, Janeiro 1994

<http://www.blogdaqualidade.com.br/sistema-opt-optimized-production-tecnology/> – consultado a 03/03/2017

<http://www.administradores.com.br/artigos/tecnologia/opt-optimized-production-tecnology-gestao-a-partir-de-gargalos/45113/>

– consultado a 27/05/2017

<http://www.bwsconsultoria.com/2011/01/teoria-das-restricoes-toc.html> – consultado a 03/06/2017

<http://www.ilos.com.br/web/teoria-das-restricoes-principais-conceitos-e-aplicacao-pratica/> – consultado a 03/06/2017

<https://pontotga.wordpress.com/2014/04/02/os-7-tipos-de-desperdicios/> – consultado a 03/06/2017

<http://www.polimeroseprocessos.com/imagens/tempometodos.pdf> – consultado a 04/06/2017

<https://www.jn.pt/economia/interior/setor-automovel-vale-59-do-pib-9048347.html> – consultado a 16-01-2018

[http://www.afia.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=42&lang=pt\\_PT](http://www.afia.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=42&lang=pt_PT) – consultado a 16-01-2018



## **Anexos**



### Anexo 1 – Folha de registos e cálculo de tempos de ciclo

Huf Portuguesa



Data:

Área:

Operação:

Máquina:

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1													1,11	1	
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

**Coef. de Recuperação de Pessoas**

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

**Coef. de Incidência de Máquina**

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

**Tempo Total Observado**

**Produção Possível (hora)**

Tempo s/ efeito

Observações:



## Anexo 2 – Fatores de Correção

### Huf Portuguesa



#### Coeficientes de Recuperação de Pessoas

1. Suplementos Constantes	H	M
Necessidades pessoais	5	7
Base por cansaço	4	4

2. Suplementos Variáveis

A Por trabalhar de pé

	2	4
--	---	---

B Por postura anormal

Ligeiramente incômoda	0	1
Incômoda (inclinado)	2	3
Muito incômoda (esticado, fechado)	7	7

C Uso da força (levantar, tirar, puxar e empurrar)

2,5 Kg	0	1
5 Kg	1	2
7,5 Kg	2	3
10 Kg	3	4
12,5 Kg	4	6
15 Kg	5	8
17,5 Kg	7	10
20 Kg	9	16

D Iluminação (Din 5035-2)

Ligeiramente abaixo dos lux <10%	0	0
Bastante abaixo dos lux <25%	2	2
Absolutamente insuficiente <50%	5	5

E Condições Atmosféricas (calor e humidade)

12 ... Milicalorias / cm2 / segundo	0	0
10 Milicalorias / cm2 / segundo	3	3
8 Milicalorias / cm2 / segundo	10	10
6 Milicalorias / cm2 / segundo	21	21
5 ... Milicalorias / cm2 / segundo	31	31

F Concentração Intensa

Trabalho de certa precisão	0	2
Trabalho de precisão e cansativo	2	2
Trabalho de grande precisão e muito cansativo	5	5

G Ruído

Contínuo	0	0
Intermitente e forte	2	2
Intermitente e muito forte	5	5
Estridente e forte	5	5

H Tensão mental

Trabalho bastante complexo	1	1
Processo complexo (atenção dividida entre muitos objectos)	4	4
Muito complexo	8	8

I Monotonia

Trabalho algo monótono	0	0
Trabalho bastante monótono	1	1
Trabalho muito monótono	4	4

#### Coeficientes de Incidências de Máquina

1. Suplementos Constantes	
Avarias ou falhas	4
Operações em vazio e Pequenas Paragens	2

2. Suplementos Variáveis

A Ajustes e set-ups (Acertos parâmetros, mud. de ferram.)

Frequência baixa e rápida execução	0
Frequência baixa e lenta execução	2
Frequência elevada e rápida execução	3
Frequência elevada e lenta execução	4
Requer um especialista	5

B Defeitos de qualidade

Recuperação pouco frequente	0
Recuperação muito frequente	2
Recup. muito frequente ou reproprocessamento	3

C Manutibilidade

Pode ser realizada pelo operador	0
Acessos fáceis e de dedução perceptível	1
Acessos difíceis e de dedução imperceptível	2

D Sincronismo dos Movimentos

Muito complexo (> a 6 mov.)	1
Muito compl. Trab. com peças peq. (pinos, laminas, molas)	4

Legenda:

Constantes

Variáveis

### Anexo 3 – Cálculo dos tempos de ciclo

Huf Portuguesa



Data: 2-out-17  
 Área:  
 Operação: Carga de componentes (housing e cilindro)  
 Máquina: 3136  
 Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Carga de housing e cilindro	100	4,09	100	4,19	100	3,59	100	3,63	100	4,35	4,17	1,11	1	4,63
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado **4,63**

Produção Possível (hora) **778**

Tempo s/ efeito

Obs.:  
 Não pesei o tempo de movimentação de embalagem.



Huf Portuguesa



Data: 2-out-17

Área:

Máquina: 3052

Operação: Fresadora de chaves (avanço a 9mm/m)

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Fresagem de dois espadins	100	21,76	100	21,30	100	20,87	100	21,81	100	20,28	21,01	1,09	1	22,90
		100	21,08	100	20,83	100	20,85	100	20,37	100	20,92				
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	40	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 22,90

Produção Possível (hora) 157

Tempo s/ efeito

Obs.:



# Huf Portuguesa



Data: 2-out-17

Área:

Máquina: 3137

Operação: Mont de molas e linguetas (só cilindro porta)

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Montagem de molas e linguetas (ciclo completo)	100	4,65	100	4,74									4,70	1,11	1	5,22
2															1,11	1	
3															1,11	1	
4															1,11	1	
5															1,11	1	
6															1,11	1	
7															1,11	1	
8															1,11	1	
9															1,11	1	
10															1,11	1	
11															1,11	1	
12															1,11	1	

**Coef. de Recuperação de Pessoas**

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

**Coef. de Incidência de Máquina**

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado

Produção Possível (hora)

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3138

Operação: Polidor de espadins

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Polidor de espadins (2 espadins)	100	14,44	100	14,49							14,43	1,09	1	15,73
		100	14,35	100	14,43										
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 15,73

Produção Possível (hora) 229

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3139

Operação: Lubrif e montagem de cilindro e casquilho

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Lubrificação de cilindro e casquilho, colocação dentro do housing	100	16,85	100	20,91	100	20,32					18,62	1,11	1	20,67
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado

Produção Possível (hora)

Tempo s/ efeito

Obs.:



# Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3140

Operação: Montagem de rolo e mola

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Montagem de rolo e mola	100	13,32									13,25	1,11	1	14,71
		100	13,18												
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 14,71

Produção Possível (hora) 245

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3141

Operação: Pré montagem de acoplamento e alavanca

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Alicança e pré posiciona acoplamento e alavanca (não coloca chaves)	100	4,46	100	6,43							5,36	1,11	1	5,95
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado **5,95**

Produção Possível (hora) **605**

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3142

Operação: Montagem da grupilha

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Montagem da grupilha	100	7,72	100	7,84	100	7,54							7,72	1,09	1	8,42
2															1,11	1	
3															1,11	1	
4															1,11	1	
5															1,11	1	
6															1,11	1	
7															1,11	1	
8															1,11	1	
9															1,11	1	
10															1,11	1	
11															1,11	1	
12															1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 8,42

Produção Possível (hora) 428

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3143

Operação: Mont e cravação das lâminas

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Montagem e cravação de lâminas	100	14,21	100	14,00	100	15,25					14,23	1,09	1	15,51
		100	13,66	100	13,41	100	14,83								
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 15,51

Produção Possível (hora) 232

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3144

Operação: EOL

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	End of line teste	100	11,17	100	11,35	100	11,22	100	12,58					11,43	1,09	1	12,46
2															1,11	1	
3															1,11	1	
4															1,11	1	
5															1,11	1	
6															1,11	1	
7															1,11	1	
8															1,11	1	
9															1,11	1	
10															1,11	1	
11															1,11	1	
12															1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado Produção Possível (hora) 

Tempo s/ efeito

Obs.:



# Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3150

Operação: Leitura chaves e impressão e anilhamento de etiqueta Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Posiciona chaves nos leitores, imprime label e anilha	100	14,02	100	13,31							14,59	1,11	1	16,20
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado **16,20**

Produção Possível (hora) **222**

Tempo s/ efeito

Obs.:



# Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3131

Operação: Inspeção final (manual)

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1	Teste da porta com uma chave de ambos os lados	100	7,38	100	9,92							8,83	1,09	1	9,62
		100	9,19												
2													1,11	100	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

**Coef. de Recuperação de Pessoas**

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

**Coef. de Incidência de Máquina**

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado 9,62

Produção Possível (hora) 374

Tempo s/ efeito

Obs.:



Huf Portuguesa



Data: 02-10-2017

Área:

Máquina: 3151

Operação: Embalagem

Referência:

Nº	Elementos do Ciclo	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	TN	K	F	TT
1		100	8,52	100	10,12							9,34	1,11	1	10,37
		100	9,36												
2													1,11	1	
3													1,11	1	
4													1,11	1	
5													1,11	1	
6													1,11	1	
7													1,11	1	
8													1,11	1	
9													1,11	1	
10													1,11	1	
11													1,11	1	
12													1,11	1	

Coef. de Recuperação de Pessoas

1. Supl. Constantes	9
2. Supl. Variáveis	2
Factor K %	11

Coef. de Incidência de Máquina

1. Supl. Constantes	6
2. Supl. Variáveis	3
Factor K %	9

Tempo Total Observado

10,37

Produção Possível (hora)

347

Tempo s/ efeito

Obs.:



## Anexo 4 – Capacity Verifications

Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



### Capacity Verification - Run & Rate

Product Information		Customer demands			Capacity revision records		
	Customer	x - Qty / week	16.667	Volumes	Date	Comments	
26-10-2017	Date R&R	y - Days/week	5	800.000	26-out-17		
Several	Customer PN	z - Daily needs	3.333				
Several	Huf PN	Volume anual	800.000				

I. Planned Capacity		OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
Working place cod.		3136	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151
A Shift/day		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
B Hour/Shift		7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
C Progr. Stops (min./shift)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Progr. Maint.(min./shift)		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D Days / week		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E Real used time (h/week)		101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
F Production losts / Shift																		
G Change tool (min.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H Inspections (min)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I Non prog. Stops (min.)		0	0	5	0	0	5	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0
J Lost hours/week		0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
K Availability		100%	100%	99%	100%	100%	99%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
L Quality ratio (%)		0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
M Quality (%) [100-RQ]		100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
Planned cycle time / Capacity																		
CE Demanded cycle (seg.)		21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,6	21,9	21,4	21,6	21,9	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,9	21,9
M Safe cycle (seg.)		20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,1	20,4	19,9	20,1	20,4	20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,4	20,4

II. Capacity Verification - Run & Rate		Duration of the observation (min.)																
N Time		120	120	120	120	120	120	120	120	120	30	30	30	40	101	101	101	101
O1 Progr. Stops (interv., maint.)																		
O2 Change tools																		
p Not Progr. Stops (breakdowns)			3	6						12				19				
Motive for non programed stops			Eixos-restarted	Blue screen-restart						Sensor to position door on BP				Encrava passador				
Verified Quantities																		
Q Parts produced (Total)		182	170	170	170	165	165	160	160	155	60	60	60	95	196	205	205	205
R Scrap parts																		
S Reworked parts (re-test, ret. In/out line)														1	3			
T TOTAL GOOD PARTS (Q-R-S)		182	170	170	170	165	165	160	160	155	60	60	60	94	193	205	205	205
Motives for Rejections																		
U Actual cycle (seg./part)		39,6	41,3	40,2	42,4	43,6	43,6	45,0	45,0	41,8	30,0	30,0	30,0	13,3	30,9	29,6	29,6	29,6



### Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



#### Capacity Verification - Run & Rate

III. Capacity Analysis																	
V Prod. / shift / week [(E*3600)/(N*O)*60/T]	9232	8623	8623	8623	8370	8370	8116	8116	7862	12174	12174	12174	14304	11632	12355	12355	12355
W Prod. / shift / day [V*V]	1846	1725	1725	1725	1674	1674	1623	1623	1572	2435	2435	2435	2861	2326	2471	2471	2471
Z Customer needs / Day	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333
AA % above/below cust. needs/day [W/Z]	-45%	-48%	-48%	-48%	-50%	-50%	-51%	-51%	-53%	-27%	-27%	-27%	-14%	-30%	-26%	-26%	-26%
	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
	3136	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151

IV. OEE - Overall Equipment Effectiveness																	
AB Availability % [(N-O-P)/(N-O1)]	100%	98%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%	53%	100%	100%	100%	100%
AC Efficiency % [(C*O)/(N-O1-P)*60]	55%	53%	53%	52%	50%	50%	49%	48%	52%	73%	73%	73%	162%	71%	74%	74%	74%
AD Quality % [T/Q]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	100%	100%	100%
OEE % [AB*AC*AD]	55%	52%	51%	52%	50%	50%	49%	48%	47%	73%	73%	73%	84%	70%	74%	74%	74%

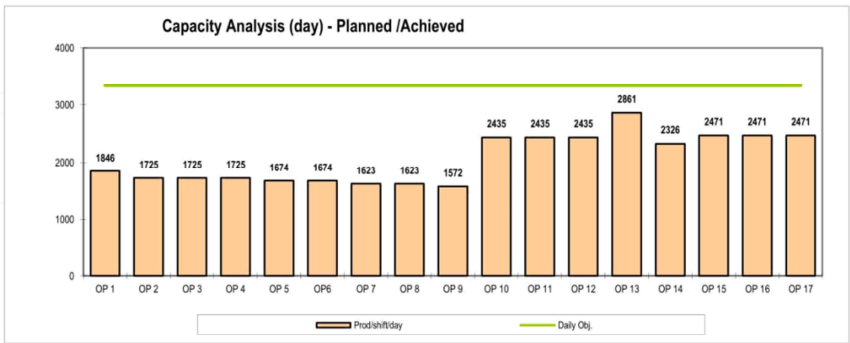
**BOTTLE NECK**

**OP 9**

---

**% Customer need /Day**

**-52,8%**





# Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



## Capacity Verification - Run & Rate

Product information		Customer demands			Capacity revision records		
Customer	x - Qty / week	Volumes	Date	Comments			
13-11-2017	16.667	800.000	13-nov-17				
Severini	5	3.333					
Severini	3.333						
Severini	Volume actual	800.000					

	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
<b>I. Planned Capacity</b>																	
Working piece cod.	3135	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151
A Shift/day	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
B Hour/Shift	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
C Prog. Steps (min./Shift)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Prog. Maint. (min./Shift)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D Days / week	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E Real used time (week)	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
<b>Production losses / Shift</b>																	
F Set up; refill, etc (min.)																	
G Change tool (min.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H Inspections (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I Non prog. Stops (min.)	0	0	5	0	0	5	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0
J Lost hours/week (J=(I*H)/(24*60))	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
K Availability (g-av)	100%	100%	99%	100%	100%	99%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
Quality ratio (%)																	
RO % scrap - rework	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
L Quality (%) [100-RQ]	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
<b>Planned cycle time / Capacity</b>																	
CE Demanded cycle (seg) [(1000000/x)]	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,6	21,9	21,4	21,6	21,9	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,9	21,9
M Self cycle (seg) [(CE-I)*H/60]	20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,1	20,4	19,9	20,1	20,4	20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,4	20,4

<b>E. Capacity Verification - Run &amp; Rate</b>																	
Duration of the observation (min.)																	
N Time	120	120	120	120	120	120	120	120	120	30	30	30	40	101	101	101	101
O1 Progr. Stops (incl. maint.)																	
O2 Change tools																	
P Not Progr. Stops (breakdown)		1							5				2				
Motive for non programed stops																	
<b>Verified Quantities</b>																	
Q Parts produced (Total)	360	322	352	352	352	350	335	360	320	95	95	100	120	312	312	312	312
R Scrap parts																	
S Reworked parts (w-act. net. Input line)													1	3			
T TOTAL GOOD PARTS (24H-2)	360	322	352	352	352	350	335	360	320	95	95	100	119	309	312	312	312
Motives for Rejections																	
U Actual cycle (seg. 24h) [(10-7)60/Q]	20,0	22,2	20,5	20,5	20,5	20,6	21,5	20,0	21,6	16,9	16,9	16,0	19,0	19,4	19,4	19,4	19,4



Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



Capacity Verification - Run & Rate

**III. Capacity Analysis**

V Prod. / shift / week [(E*3000)/(N*O)*T]	18261	16333	17855	17855	17855	17754	16993	18261	16232	19276	19276	20290	18109	18623	18803	18803	18803
W Prod. / shift / day [V/N]	3652	3267	3571	3571	3571	3551	3399	3652	3246	3855	3855	4058	3622	3725	3761	3761	3761
Z Customer needs / Day	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333
AA % above/below cust. needs/day [W/Z]	10%	-2%	7%	7%	7%	7%	2%	10%	-3%	16%	16%	22%	9%	12%	13%	13%	13%
	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
	3136	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151

**IV. OEE - Overall Equipment Effectiveness**

AB Availability % [(N-O-P)/(N*O)]	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	96%	100%	100%	100%	95%	100%	100%	100%	100%
AC Efficiency % [(O-C)/(N*O*P)*100]	109%	99%	105%	107%	107%	105%	102%	107%	100%	116%	116%	122%	113%	113%	113%	113%	113%
AD Quality % [C/A]	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%
OEE % [AB*AC*AD]	109%	98%	105%	107%	107%	105%	102%	107%	96%	116%	116%	122%	106%	112%	113%	113%	113%

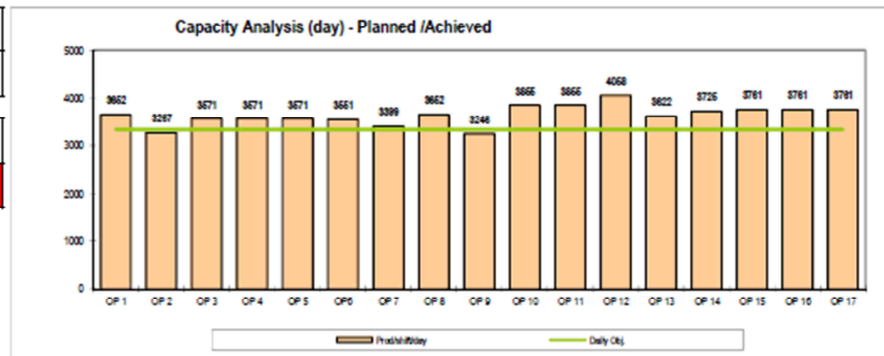
**BOTTLE NECK**

**OP 9**

---

**% Customer need /Day**

**-2,6%**





# Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



## Capacity Verification - Run & Rate

Product Information		Customer demands			Capacity revision records	
	Customer	x - Qty / week	16.667	Volumes	Date	Comments
20-12-2017	Date R&R	y - Days/week	5	800.000	20-dez-17	
Several	Customer P/N	z - Daily needs	3.333			
Several	Huf P/N	Volume anual	600.000			

I. Planned Capacity	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
Working place cod.	3136	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151
A Shift/day	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
B Hour/Shift	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
C Progr. Stops (min./shift)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Progr. Maint. (min./shift)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
D Days / week	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E Real used time (h/week) [(A*B+C*D)/D]	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
Production losses / Shift																	
F Set up, refill, etc (min.)																	
G Change tool (min.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H Inspections (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I Non prog. Stops (min.)	0	0	5	0	0	5	0	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0
J Lost hours/week [(F+G+H+I)*D/60]	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
K Availability [(E-J)/E]	100%	100%	99%	100%	100%	99%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
Quality ratio (%)																	
RQ % scrap - rework	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
L Quality (%) [(100-RQ)]	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
Planned cycle time / Capacity																	
CE Demanded cycle (seg) [(E*60)/X*Y*Z]	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,6	21,9	21,4	21,6	21,9	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	21,9	21,9
M Safe cycle (seg) [(CE+CET)/100]	20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,1	20,4	19,9	20,1	20,4	20,4	20,4	19,9	20,4	20,4	20,4	20,4

II. Capacity Verification - Run & Rate																	
Duration of the observation (min.)																	
N Time	120	120	120	120	120	120	120	120	120	30	30	30	40	101	101	101	101
O1 Progr. Stops (rework, maint.)																	
O2 Change tools																	
P Not Progr. Stops (breakdowns)		1		1									1				
Motive for non programed stops																	
Verified Quantities																	
Q Parts produced (Total)	360	359	360	359	360	360	358	360	360	95	95	100	120	312	312	312	312
R Scrap parts																	
S Reworked parts (re-test, ret. Invoic line)												1	2				
T TOTAL GOOD PARTS [(Q-R-S)]	360	359	360	359	360	360	358	360	360	95	95	100	119	310	312	312	312
Motives for Rejections																	
U Actual cycle (seg/part) [(N+O1+O2)/Q]	20,0	19,9	20,0	19,9	20,0	20,0	20,1	20,0	20,0	18,9	18,9	18,0	19,5	19,4	19,4	19,4	19,4



# Huf Portuguesa

O Seu Parceiro para o Car Access, Security and Immobilization - CASIM



## Capacity Verification - Run & Rate

III. Capacity Analysis																	
V Prod. / shift/ week (P*300)/(N*O/70T)	18261	18210	18261	18210	18261	18261	18160	18261	18261	19276	19276	20290	18109	18683	18803	18803	18803
W Prod. / shift / day (W)	3652	3642	3652	3642	3652	3652	3632	3652	3652	3855	3855	4058	3622	3737	3761	3761	3761
Z Customer needs / Day	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333	3333
AA % above/below cust. needs/day (WZ)	10%	9%	10%	9%	10%	10%	9%	10%	10%	16%	16%	22%	9%	12%	13%	13%	13%
	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12	OP 13	OP 14	OP 15	OP 16	OP 17
	3136	3052	3137	3138	3139	3140	3141	3142	3143	3145	3146	3147	3148	3144	3150	3131	3151

IV. OEE - Overall Equipment Effectiveness																	
AB Availability % [(N-O-F)/(N*O)]	100%	99%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	100%	100%	100%
AC Efficiency % [(O-E)/(N*O*F*100)]	109%	110%	107%	110%	109%	108%	109%	107%	108%	116%	116%	122%	110%	113%	113%	113%	113%
AD Quality % (M)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%
OEE % (AB*AC*AD)	109%	109%	107%	109%	109%	108%	109%	107%	108%	116%	116%	122%	106%	112%	113%	113%	113%

**BOTTLE NECK**

**OP 13**

% Customer need /Day

8,7%

