



## **Optimização de uma Linha de Produção na Blaupunkt Auto Rádio Portugal, Lda.**

*António José Bessa Oliveira*

**Relatório do Projecto Curricular do MIEIG 2007/2008**

Orientador na FEUP: Prof. António Miguel Gomes

Orientador na Blaupunkt: Engenheira Maria Alice Pereira Ferreira



# **FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2008-09-10

## Resumo

Para dar resposta aos novos desafios de um mercado cada vez mais competitivo, exigente e onde os custos de fabrico têm que ser cada vez mais reduzidos, a procura da constante optimização dos processos de produção é um elemento sempre presente.

Neste sentido, e tendo em conta o funcionamento das linhas de produção da empresa Blaupunkt Auto Rádio Portugal, delineou-se como plano de acção o estudo da linha de produção 3 (PSA), com o objectivo de analisar as consequências da retirada do posto *Burn In*, tendo em conta a recolha de dados históricos/ajuste de distribuições estatísticas; desenvolveu-se uma folha de cálculo que simula o funcionamento da linha de produção e simula o comportamento da linha com e sem posto *Burn In* de forma a diminuir as perdas de produção.

Para a realização deste estudo foi então necessário efectuar a análise do processo produtivo e consequente simulação deste com e sem *Burn In* no sentido da sua optimização. Isto passou:

- Pela apresentação do produto desenvolvido na linha em estudo como na descrição dos diferentes postos e processos;
- Por investigar a necessidade do posto *Burn In* na linha de produção (compreendendo o seu funcionamento e necessidade, os efeitos e custos que produz);
- Pela simulação do processo produtivo tendo em conta a relação produção/qualidade com e sem o posto *Burn In* e respectiva análise de resultados;
- Pela realização de conclusões dos diversos elementos obtidos e analisados.

Da realização deste estudo conclui-se que tendo em conta os resultados obtidos da Linha de Produção com e sem o posto *Burn In*, que o *Burn In* é um sistema de controlo com baixos índices de defeitos detectados, muitos TNF's "*Trouble Not Found*" e implica um aumento dos custos de produção e manutenção, aumento do tempo de realização do produto, maior ocupação do parque industrial e mais despesas com recursos humanos. Neste sentido o posto *Burn In*, será um elemento importante a manter como controlo, para análise constante da qualidade dos processos numa linha modelo, mas será uma etapa a reduzir nas restantes linhas de produção.

## Abstract

To meet the new challenges of an increasingly competitive market, challenging and where the costs of production must be increasingly reduced, the demand of the constant optimization of production processes is one element always present.

In this sense, and taking into account the operation of production lines of the company Blaupunkt Auto Rádio Portugal, it was outlined a plan of action to study the production line 3 (PSA) with the objectives of analyzing the consequences of pulling out the post *Burn In* and taking into account the collection of historical data/adjustment of statistical distributions; it was developed a worksheet that simulates the operation of the production line and simulates the behavior of the line with and without post *Burn In* in order to reduce the losses of production.

To carry out this study it was necessary to put into effect the analysis of the production process and the consequent simulation with and without *Burn In* in order to its optimization. This happened:

- For the presentation of the product developed in line to study how to describe the different posts and processes that contain;
- For the investigation of the need to put *Burn In* in the line of production (understanding its operation and need, costs and the effects it produces);
- For the simulation of the production process taking into account production/quality with and without the post *Burn In* and their analysis of results;
- For the realization of conclusions of the various elements obtained and analyzed.

From this study was concluded that taking into account the results of the Production Line with and without the post *Burn In*, that it is a control system with a low rates of defects detected, many TNF's "*Trouble Not Found*" and implies an increase in production costs and maintenance, increasing the time for completion of the product, higher occupancy of industrial park, and more spending on human resources. In this sense the *Burn In* will be important to maintain as control and for analysis in the quality of the processes in a model line, but it will be a step to reduce in the remaining production lines.

## **Agradecimentos**

Quero aqui expressar os meus agradecimentos a um conjunto de pessoas que me ajudaram durante a realização deste estágio, tornando-o num projecto aliciante.

Ao Prof. António Miguel Gomes, supervisor do meu estágio da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela preocupação e disponibilidade demonstrados e acima de tudo, pelo apoio e experiência.

A Eng.<sup>a</sup> Alice Ferreira, orientadora do meu estágio na empresa Blaupunkt Auto Rádio, Lda, pelo apoio e disponibilidade demonstrados e acima de tudo, pela sensatez, competência e experiência.

Ao departamento de Produção (MOE2) e à Blaupunkt Auto Rádio Portugal, Lda pela oportunidade e pelas ótimas condições de trabalho proporcionadas.

## Índice de Conteúdos

<b>Resumo</b> .....	ii
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>Agradecimentos</b> .....	iv
<b>Índice de Conteúdos</b> .....	v
<b>Lista de Figuras</b> .....	vii
<b>Lista de Esquemas</b> .....	ix
<b>Lista de Diagramas</b> .....	x
<b>Lista de Gráficos</b> .....	xi
<b>Lista de Tabelas</b> .....	xii
<b>1 Introdução</b> .....	1
1.1 Apresentação da Empresa .....	1
1.1.1 GRUPO BOSCH.....	1
1.1.2 BLAUPUNKT .....	3
1.1.3 BLAUPUNKT AUTO RÁDIO PORTUGAL, LDA. ....	4
<b>2 O Processo Produtivo</b> .....	7
2.1 Apresentação do produto produzido.....	7
2.2 Descrição do Processo Produtivo.....	7
2.2.1 A inserção automática .....	8
2.2.2 A Linha de Produção .....	10
2.3 Tratamento dos defeitos na Linha de Produção.....	18
<b>3 Optimização da Linha de Produção</b> .....	20
3.1 Necessidade do posto <i>Burn In</i> .....	20
3.1.1 O posto <i>Burn In</i> .....	20
3.1.2 Defeitos detectados no posto <i>Burn In</i> .....	21
3.2 Vantagens e desvantagens do posto <i>Burn In</i> .....	22
3.2.1 Vantagens do posto <i>Burn In</i> .....	22
3.2.2 Custos por menor produtividade ( <i>Lead Time</i> e rejeição indevida).....	22
3.2.3 Custos energéticos do posto <i>Burn In</i> .....	22
3.2.4 Custos de Manutenção e de Espaço.....	23
<b>4 A Simulação da Linha de Produção</b> .....	25
4.1 A Simulação de <i>Monte Carlo</i> .....	25
4.2 Recolha e análise de dados .....	26
4.2.1 A recolha e análise dos tempos da Linha de Produção.....	26
4.2.2 A recolha e análise dos vários defeitos na Linha de Produção .....	28
4.3 A construção e a operacionalização da simulação.....	31
4.3.1 O modelo da Linha de Produção .....	31
4.3.2 O Código em Visual Basic.....	33
4.4 Alterações devido à eliminação do posto <i>Burn In</i> .....	33

5	Os resultados da Simulação .....	34
5.1	Resultados obtidos com o posto <i>Burn In</i> .....	34
5.2	Resultados sem o posto <i>Burn In</i> .....	37
5.3	Comentário aos resultados da Simulação .....	40
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro .....	42
7	Referências e Bibliografia .....	44
ANEXO A:	Layout do piso 1 da Blaupunkt .....	45
ANEXO B:	<i>Standardized work</i> dos vários postos de trabalho da linha PSA.....	46
ANEXO C:	Conjunto das durações das medições em cada posto da linha por auto rádio na Linha da PSA .....	52
ANEXO D:	Alguns dos testes realizados na Linha de Produção .....	53
ANEXO E:	Resultados da Simulação .....	56

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização das empresas do grupo Bosch em Portugal [1].....	2
Figura 2: Localização da empresa Blaupunkt no mundo .....	4
Figura 3: Blaupunkt Braga .....	5
Figura 4: Organigrama da empresa .....	6
Figura 5: PSA RD4 T5/ B5 LEVEL 1 KML.....	7
Figura 6: PCB - face A .....	8
Figura 7: PCB - face B .....	8
Figura 8: Montagem da face A .....	8
Figura 9: Parque de máquinas para a colocação de componentes electrónicos.....	8
Figura 10: Componentes de inserção radial .....	9
Figura 11: Máquina de Inserção Radial.....	10
Figura 12: Componentes da Face B.....	10
Figura 13: Linha de produção da PSA .....	10
Figura 14: Montagem Manual .....	11
Figura 15: Máquina de soldadura por onda.....	11
Figura 16: Equipamento de Inspeção da Face B.....	12
Figura 17: Flash Cell .....	13
Figura 18: Sistema de fresagem dos contornos das placas.....	13
Figura 19: Bancada de reparação.....	14
Figura 20: Adaptadores de controlo I.....	14
Figura 21: Postos de montagem final dos aparelhos .....	15
Figura 22: Dispositivos de teste de diagnóstico .....	15
Figura 23: Postos de controlo II .....	16
Figura 24: <i>Burn In</i> .....	16
Figura 25: Equipamento teste de visão à <i>Blenda</i> .....	17
Figura 26: Etiquetagem .....	17
Figura 27: Embalagem .....	18
Figura 28: Gráfico da taxa de defeitos.....	21
Figura 29: Gráficos dos vários postos da linha PSA .....	27
Figura 30: O Modelo da simulação .....	32
Figura 31: <i>Standardized work</i> da Manual 1 .....	46

Figura 32: <i>Standardized work</i> da Manual 2 .....	46
Figura 33: <i>Standardized work</i> da Manual 3 .....	46
Figura 34: <i>Standardized work</i> da Manual 4 .....	47
Figura 35: <i>Standardized work</i> da Manual 5 .....	47
Figura 36: <i>Standardized work</i> do AOI .....	47
Figura 37: <i>Standardized work</i> do ICT .....	48
Figura 38: <i>Standardized work</i> do Controlo 1 .....	48
Figura 39: <i>Standardized work</i> do Controlo de <i>Blendas</i> .....	48
Figura 40: <i>Standardized work</i> da Montagem de <i>Blendas</i> 1.....	49
Figura 41: <i>Standardized work</i> da Montagem de <i>Blendas</i> 2.....	49
Figura 42: <i>Standardized work</i> da Montagem Final 1 .....	49
Figura 43: <i>Standardized work</i> da Montagem Final 2 .....	50
Figura 44: <i>Standardized work</i> do Controlo 2A .....	50
Figura 45: <i>Standardized work</i> do Controlo 2B.....	50
Figura 46: <i>Standardized work</i> da Embalagem.....	51

## Lista de Esquemas

Esquema 1: Imagem caracterizadora da missão, visão e lema BeQIK (Be Quick = Sê rápido) e dos seus três valores. ....	6
Esquema 2: Esquema de reparação da linha.....	19

## Lista de Diagramas

Diagrama 1: Diagrama do Processo de soldadura <i>Reflow</i> - Face A .....	9
Diagrama 2: Diagrama do Processo de Soldadura por Onda .....	12

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Percentagem dos defeitos na linha de produção PSA por posto/tipo de defeito .....	30
Gráfico 2: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 1ª simulação com o posto <i>Burn In</i> ...	35
Gráfico 3: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 2ª simulação com o posto <i>Burn In</i> ...	35
Gráfico 4: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 3ª simulação com o posto <i>Burn In</i> ...	36
Gráfico 5: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 4ª simulação com o posto <i>Burn In</i> ...	36
Gráfico 6: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 5ª simulação com o posto <i>Burn In</i> ...	37
Gráfico 7: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 1ª simulação sem o posto <i>Burn In</i> ....	38
Gráfico 8: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 2ª simulação sem o posto <i>Burn In</i> ....	38
Gráfico 9: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 3ª simulação sem o posto <i>Burn In</i> ....	39
Gráfico 10: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 4ª simulação sem o posto <i>Burn In</i> ..	39
Gráfico 11: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 5ª simulação sem o posto <i>Burn In</i> ..	40

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Descrição das actividades realizadas pelas empresas do grupo Bosch em Portugal ..	3
Tabela 2: Consumo energético de um forno do <i>Burn In</i> .....	23
Tabela 3: Cálculo do custo energético do <i>Burn In</i> .....	23
Tabela 4: Tabela dos defeitos .....	30
Tabela 5: Número de defeitos resultante das 5 simulações com posto <i>Burn In</i> .....	40
Tabela 6: Número de defeitos resultante das 5 simulações sem posto <i>Burn In</i> .....	40

## 1 Introdução

No âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi proposto a realização de um estágio curricular de 6 meses que proporcionasse um contacto privilegiado com um contexto profissional.

Neste sentido realizou-se o estágio curricular na empresa Blaupunkt Auto Rádio Portugal no seu departamento de produção.

Na procura de um tema pertinente a desenvolver como tema de estágio, e depois de ponderada observação e estudo decidiu-se desenvolver uma análise que permitisse o estudo sobre a pertinência do posto *Burn In* numa linha de produção de auto rádios da empresa Blaupunkt Auto Rádio Portugal. Esta análise teria em conta a simulação multi-variada dos elementos tempo, número/tipo de defeitos e número de auto rádios produzidos. Neste sentido estipulou-se como resultado esperado a eliminação do posto do controlo *Burn In* e a diminuição dos custos de produção.

Considerando os custos e processos burocráticos associados à mudança de uma linha de produção desta dimensão tomou-se como opção estratégica a realização de uma simulação desenvolvido na linha 3 PSA (Peugeot/Citroën).

Na conjuntura actual e perante os novos desafios do mercado cada vez mais competitivo a optimização do processo produtivo é um elemento fulcral na evolução das empresas em torno da redução dos custos e aumento da produtividade e da qualidade. Uma empresa aprendente, que desenvolve prática de constante evolução deve possuir mecanismos e condutas de avaliação analisando periodicamente os dados obtidos do seu sistema de gestão de produção. Neste sentido, foi com expectativa e vontade que se desenvolveu a análise à linha de produção 3 (PSA), com intuito de simular a pertinência do posto *Burn In* no processo produtivo.

### 1.1 Apresentação da Empresa

#### 1.1.1 GRUPO BOSCH

A Bosch deve o seu nome ao seu fundador Robert Bosch (1861-1942), que com apenas 25 anos de idade funda uma pequena oficina de mecânica de precisão electrónica em Stuttgart – Alemanha.

A Bosch encontra-se entre as dez maiores empresas da Alemanha, com sede em Schillerhöhe, na periferia de Stuttgart. O Grupo Bosch possui 253 empresas subsidiárias, das quais 36 se

situam na Alemanha e empregam cerca de 100 000 colaboradores, as restantes 217 estão distribuídas por todo o mundo e empregam cerca de 125 000 colaboradores.

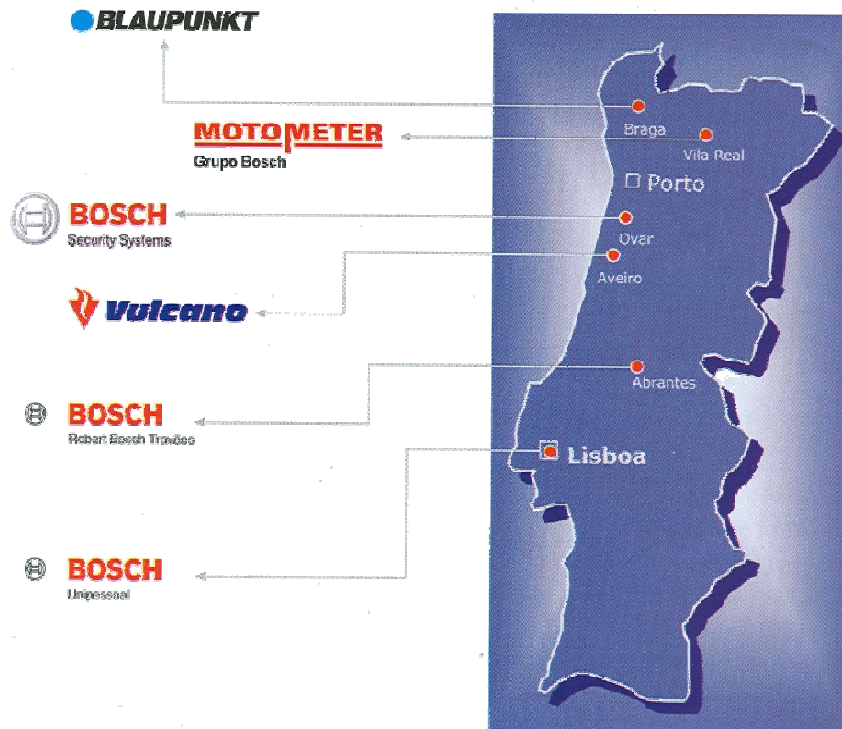


Figura 1: Localização das empresas do grupo Bosch em Portugal [1]

Apesar da Bosch ter ficado desde sempre associada à indústria automobilística, o seu campo de acção não se resume unicamente a este sector. A empresa fornece também outros produtos e serviços, estando para tal repartida em três divisões: tecnologia automóvel, tecnologia industrial, bens de consumo e tecnologias de construção. [2]

O grupo Bosch está, actualmente representado em Portugal, por seis empresas de vários sectores de actividades (Figura 1 e Tabela 1).

Uma das particularidades que se destaca na Bosch é a sua orientação de cariz social. Em 1921, Robert Bosch forma as bases da fundação “Robert Bosch” com o objectivo de desenvolvimento da formação, da arte e da cultura, das ciências sociais e das ciências em geral.

Tabela 1: Descrição das actividades realizadas pelas empresas do grupo Bosch em Portugal

Localização	Actividade	Colaboradores
Braga Auto Rádio Portugal, Lda.	Produção de Auto rádios	~2000
Vila Real MotoMeter Português, Lda.	Produção de Antenas Produção de Caixas de CD Produção de Altifalantes	210
Aveiro Vulcano Termodomésticos, S.A.	Centro mundial de competências de investigação, desenvolvimento e produção de esquentadores e caldeiras Vulcano o Junckers	965
Ovar SPVV – Bosch Security Systems	Produção de Sistemas de Segurança	270
Abrantes Robert Bosch Travões, Lda.	Produção de Sistemas de Travões	280
Lisboa Robert Bosch, Lda Vulcano Termodomésticos, S.A. BSHP – Electrodomésticos, Lda.	Comercialização de produtos Bosch e Blaupunkt. Comercialização de produtos Junckers e Vulcano. Comercialização de electrodomésticos Bosch, Siemens, Balay e Ufesa	96 48 88

### 1.1.2 BLAUPUNKT

Em 1923 foi constituída, em Berlim – Alemanha – uma empresa designada por “Ideal”, que produzia apenas auscultadores. Cada peça de equipamento era cuidadosamente testada por técnicos e, através do Ponto Azul, símbolo de qualidade, distinguiu-se como produto de qualidade.

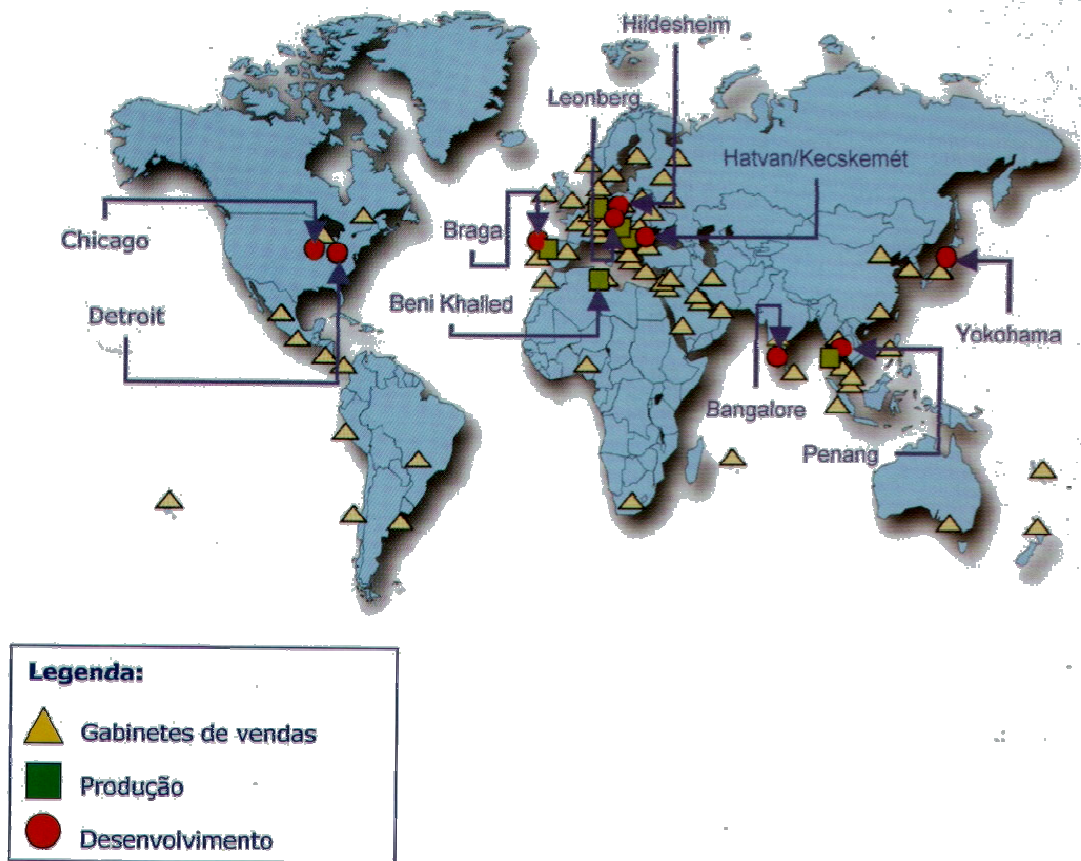


Figura 2: Localização da empresa Blaupunkt no mundo

Em 1932, a Ideal, em cooperação com a Bosch, desenvolve sistemas Car Áudio lançando o primeiro auto rádio europeu. Entretanto, em 1938, a empresa é anexa ao Grupo Bosch e abandona o seu nome de origem para a passar a designar-se Blaupunkt (Ponto Azul, em Alemão), e desde a 2ª Guerra Mundial que se encontra sediada em Hildesheim – Alemanha.

A Blaupunkt é a única empresa da Bosch enquadrada na Divisão Car Multimédia e é líder de mercado em auto rádios na Europa. Emprega no mundo inteiro cerca de 7500 trabalhadores e produz anualmente mais de 5 milhões de auto rádios e mais de 500 000 sistemas de navegação.

### 1.1.3 BLAUPUNKT AUTO RÁDIO PORTUGAL, LDA.

Em Abril de 1990, a Blaupunkt Auto Rádio Portugal iniciou as suas actividades no lugar de Ferreiros, no concelho de Braga com a montagem de um simples auto rádio com leitor de cassetes, evoluindo a sua tecnologia até aos auto rádios de alto valor, com leitor de CD's, DVD's, MP3, ou com possibilidade de serem ligados a caixas de CD's, sistemas de navegação ou outros sistemas usados nos automóveis.

<sup>1</sup> Retirado de documentos internos da Blaupunkt

A Blaupunkt, enquanto empresa do Grupo Bosch, contribui activamente para a economia do país, encontrando-se entre os 10 maiores exportadores nacionais. O valor das compras ascende a 33 Milhões de Euros.



Figura 3: Blaupunkt Braga

O impacto a nível regional é substancial, empregando actualmente cerca de 2000 colaboradores. Entre estes encontra-se um grupo de Engenheiros e Técnicos que desenvolvem novos produtos e sistemas, bem como métodos de produção inovadores. O seu trabalho é dirigido também ao melhoramento contínuo de produtos já existentes. O regime de funcionamento da Blaupunkt é de 4 turnos: 1º turno (6h00-14h30), 2º turno (14h30-23h00), 3º turno (23h00-6h00) e um 4º turno que assegura a laboração continua, parando só num período das 24h00 de sábado às 08h00 de Domingo.

Assegurar Segurança, Informação e Inovação ao condutor do presente e do futuro, são os principais objectivos da divisão Car Multimédia. Para alcançá-los e simultaneamente acompanhar a evolução e as exigências que dela advém, a empresa direcciona-se em dois sentidos: garantir a Satisfação do Cliente e, paralelamente, garantir a Qualidade dos produtos e serviços.

A Missão	A Visão	BQik
<p>A Missão da Blaupunkt é: Informação e divertimento com a multimédia para a Industria Automóvel.</p>	<p>A sua Visão é: Ser uma empresa de referência mundial no sector electrónico e actuar como modelo de Excelência na orientação para o cliente e na gestão por processos.</p>	<p>Nesse sentido, a Blaupunkt rege-se pelo Lema: BeQik</p> <p>Q Qualidade I Inovação K Orientação para o Cliente</p>

Esquema 1: Imagem caracterizadora da missão, visão e lema BeQIK (Be Quick = Sê rápido) e dos seus três valores.

Todas as amostras de auto rádios, desde o protótipo até ao produto final, são actualmente produzidas em Braga. Paralelamente, é dado apoio ao desenvolvimento dos sistemas de qualidade dos fornecedores locais, à gestão de projectos, ao fluxo logístico, etc.

Para fazer face às elevadas exigências dos clientes da indústria automobilística, a Blaupunkt aposta nos seus recursos humanos, designadamente na formação de jovens quadros, que ultrapassa o domínio dos estágios curriculares, estendendo-se à cooperação em projectos de investigação e partilha de know-how.

A preocupação com a Protecção do Meio Ambiente é um dos princípios básicos da empresa. O investimento nesta área obteve um retorno importante em 2003, com a confirmação de que a Blaupunkt está entre as 7 empresas portuguesas registadas no EMAS (Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria).

A organização da empresa de Braga é apresentada no organigrama seguinte.

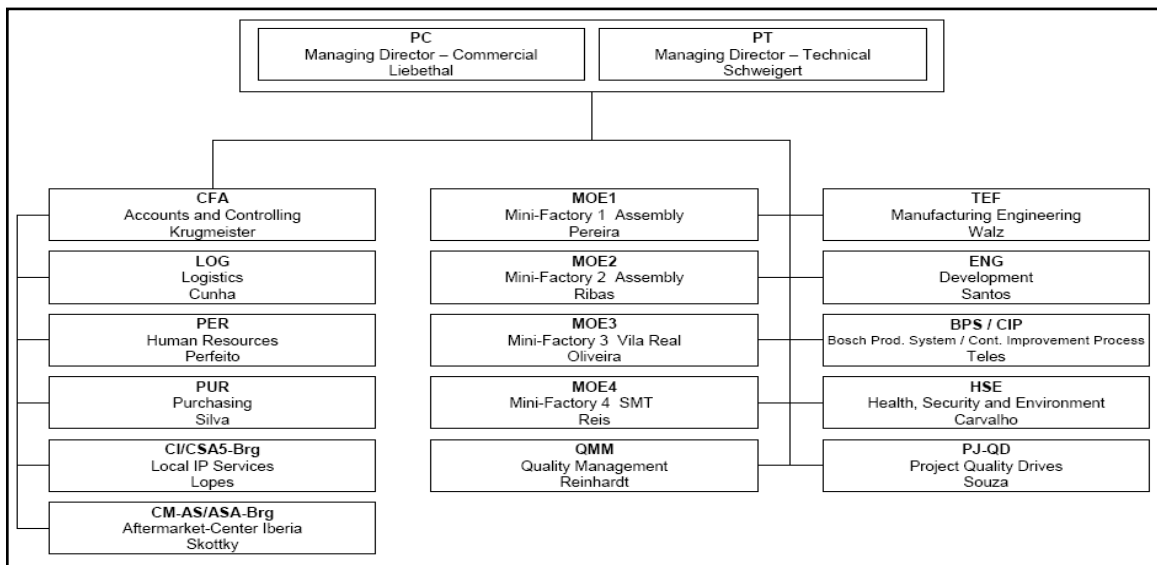


Figura 4: Organigrama da empresa

## 2 O Processo Produtivo

A actividade industrial consiste na fabricação de auto rádios. Deve entender-se fabricação apenas como sendo a montagem. A Blaupunkt adquire todos os materiais dos seus fornecedores e apenas procede à sua montagem, controlo e expedição.

### 2.1 Apresentação do produto produzido

Trata-se de um modelo cuja designação corresponde a um PSA RD4 T5/ B5 LEVEL 1 KML como mostra a Figura 5:



Figura 5: PSA RD4 T5/ B5 LEVEL 1 KML

### 2.2 Descrição do Processo Produtivo

O parque industrial da Blaupunkt Auto Rádios Portugal; é construído por dois pisos. O piso superior (piso 2) que é constituído pela inserção automática e fornece as placas (PCB's) para todas as linhas de auto rádios presentes no piso inferior. Para além disso, possuem algumas células de produtos novos para caldeiras, máquinas de lavar, etc. O piso inferior (piso 1) é constituído por 10 linhas de produção de auto rádios. A linha 1 encontra-se em remodelação; A linha 2 produz rádios de *Aftermarket* (rádios vendidos em caixas individuais com a marca Blaupunkt); A linha 3 (linha objecto de estudo neste relatório) é a linha PSA (das marcas Peugeot/Citroën); A linha 4 é a linha da marca Renault; A linha 5 das marcas Audi/VW; A linha 6 da marca VW; A linha 7 da marca Seat/VW; A linha 8 da marca Opel e a linha 9 e 10 das marcas Fiat/Alfa/Lancia e Nissan (ver anexo A).

### 2.2.1 A inserção automática

O processo inicia-se pela colocação de componentes electrónicos (Figura 9) na placa de circuito impresso (PCB - Printed Circuit Board) que possui duas faces: A e B (Figura 6 e Figura 7).

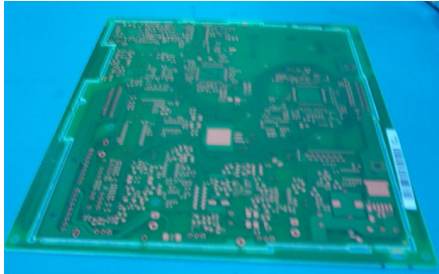


Figura 6: PCB - face A

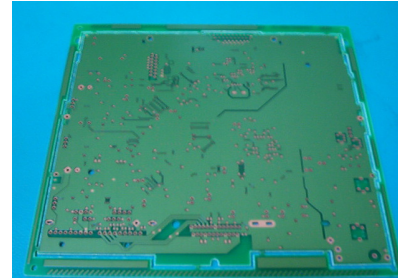


Figura 7: PCB - face B

#### 2.2.1.1 Montagem da Face A

Com o auxílio de uma máscara de impressão, aplica-se automaticamente a pasta de solda na placa. Em seguida é efectuada a colocação automática de componentes de pequenas dimensões chamados SMD's (Surface Mounting Devices).

O passo seguinte consiste em colocar os componentes denominados de IC's (Integrated Circuit).

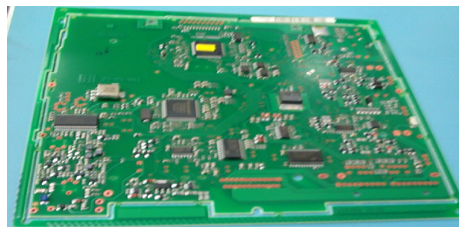


Figura 8: Montagem da face A

Esta técnica pode ser denominada montagem SMT (Surface Mounted Technology). E a tecnologia aplicada corresponde à apresentada na Figura 9.



Figura 9: Parque de máquinas para a colocação de componentes eletrônicos

Após a colocação de todos os componentes a placa entra numa estufa onde a uma temperatura de 250 °C a pasta de solda (previamente colocada entre os componentes e a placa) é liquefeita permitindo a soldadura dos componentes anteriormente colocados. Esta técnica é designada por soldadura *Reflow*.

Após a soldadura é feito um controlo visual da mesma. Se as placas tiverem alguma não conformidades são transportadas para a rectificação de soldas.

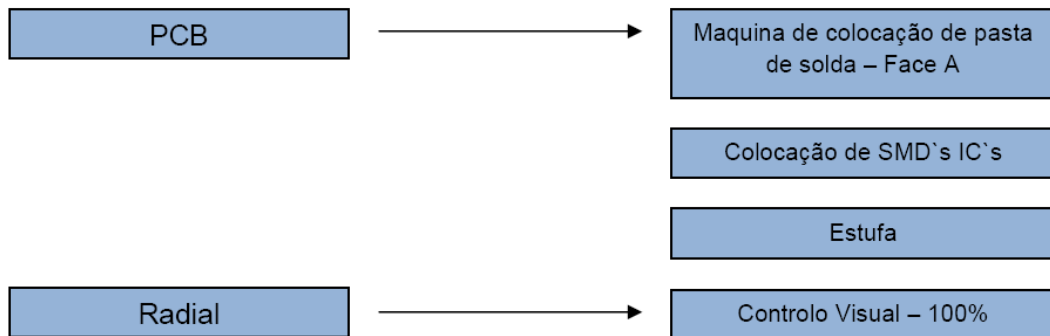


Diagrama 1: Diagrama do Processo de soldadura *Reflow* - Face A

### 2.2.1.2 Inserção Radial

É um processo que consiste na inserção automática de componentes de maiores dimensões que os anteriormente referidos e os quais não podem ser colocados pela tecnologia SMT (ex: condensadores, cristais, resistências).

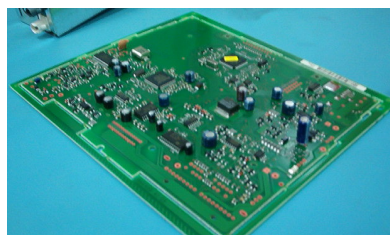


Figura 10: Componentes de inserção radial

A máquina faz a inserção dos componentes, (Figura 11) corta e dobra os seus pernos de acordo com o programa. Seguidamente, a placa é transportada para a etapa posterior que é a montagem Face B.



Figura 11: Máquina de Inserção Radial

### 2.2.1.3 Montagem Face B

Este processo apenas difere do anterior na primeira etapa, isto é, em vez de aplicar a pasta de solda, são aplicados pontos de cola nos locais onde serão colocados os componentes. Após a inclusão dos componentes a placa entra na estufa a uma temperatura máxima de 140°C onde é efectuada a colagem dos componentes à placa.

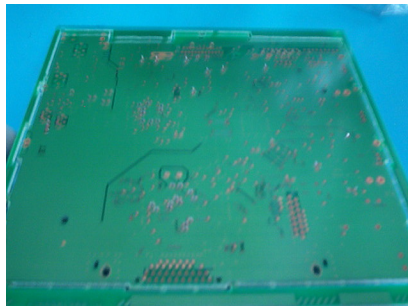


Figura 12: Componentes da Face B

### 2.2.2 A Linha de Produção

A linha de produção da PSA é constituída por 29 operários. Dentro desse número de pessoas está incluída uma versátil e um reparador. A versátil é a operadora que sabe realizar qualquer um dos postos da linha ajudando a cobrir assim alguma necessidade em caso de faltas, ou idas ao WC, situações imprevistas, etc.

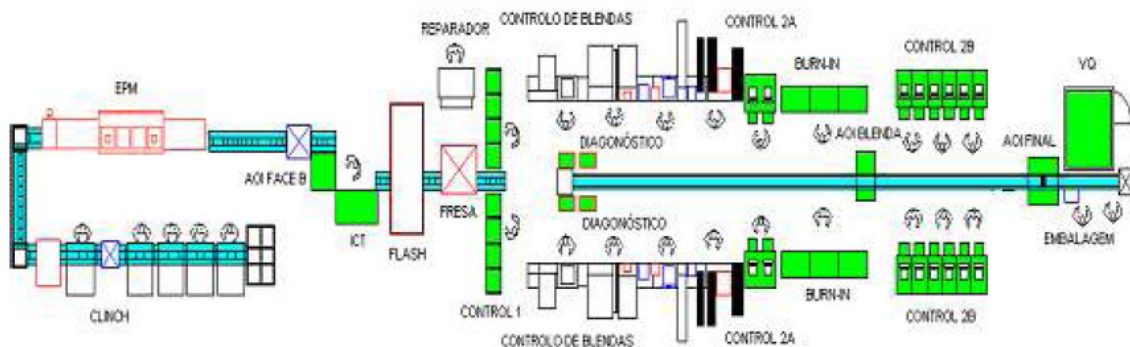


Figura 13: Linha de produção da PSA

### 2.2.2.1 Montagem Manual

Trata-se da inserção/montagem de componentes que pelas suas características físicas (formato) e as características das máquinas existentes, não é possível colocar automaticamente (Figura 14).



Figura 14: Montagem Manual

Nesta fase do processo efectua-se a montagem manual da placa principal complementar do auto rádio e alguns componentes tais como: IC's de potência, chapa de refrigeração, bobines, condensadores. Por fim coloca-se o caixilho e aparafusa-se todo o conjunto.

Na montagem manual trabalham cinco operadoras.

### 2.2.2.2 Soldadura da Face B (EPM)

A placa é transportada para a máquina de solda (Figura 15). A técnica de soldadura utilizada é a dupla onda, constituída por uma onda de jacto e outra simples.



Figura 15: Máquina de soldadura por onda

É aplicado um fluxo de solda à entrada da máquina para melhorar a soldadura. À onda normal associa-se uma onda de jacto, que dá origem a uma maior soldadura por esta ser mais turbulenta, permitindo “molhar” convenientemente toda a placa e chegar a zonas de sombras criadas pela alta densidade de SMD’s. As placas soldadas passam depois por um túnel de arrefecimento onde voltam gradualmente à temperatura ambiente.

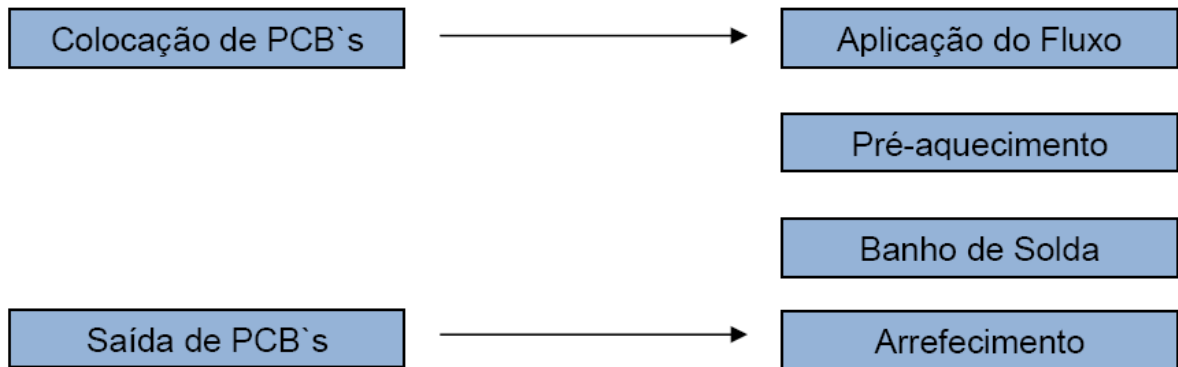


Diagrama 2: Diagrama do Processo de Soldadura por Onda

### 2.2.2.3 Inspeção Face B (AOI)

Esta inspeção é realizada a 100% e efectuada através de um sistema automático óptico (AOI) (Figura 16), em que este permite à operadora visualizar se existem defeitos e caso existam, identificá-los. Estes são posteriormente registados num Picasso<sup>2</sup> e reencaminhados para a reparação.



Figura 16: Equipamento de Inspeção da Face B

### 2.2.2.4 ICT

Consiste num conjunto de testes eléctricos aos circuitos internos do PCB.

No AOI/ICT trabalha uma operadora.

---

<sup>2</sup> Desenho em 2D do PCB

#### 2.2.2.5 Flash CELL

Consiste na programação da Flash externa e na programação da EPROM. A Flash Cell tem também a função de programação quando o microprocessador não apresenta máscara, isto é, não tem programação de fábrica. (Figura 17).

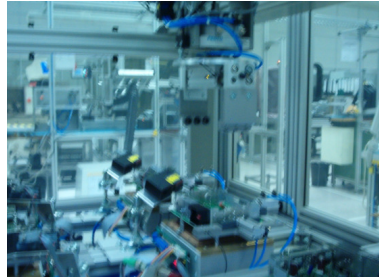


Figura 17: Flash Cell

#### 2.2.2.6 Fresagem

A fresagem é necessária para retirar o excesso de placa que foi necessária para leitura óptica do código de barras nela inscrita.

É o processo de corte do contorno da placa, feito automaticamente por uma fresa.

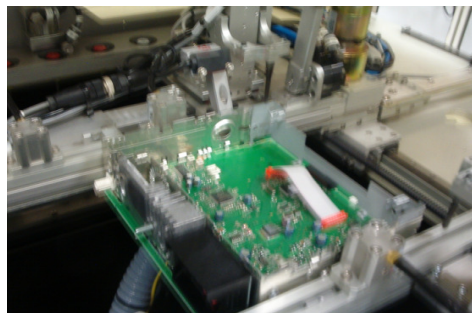


Figura 18: Sistema de fresagem dos contornos das placas

#### 2.2.2.7 Reparação

Todos os defeitos que aparecem em qualquer posto de trabalho da linha são reencaminhados automaticamente para o lugar da reparação (Figura 19). Devido ao facto de existir um rastreio do aparelho em todos os postos onde são efectuados testes de controlo e consequentemente a existência de uma base de dados. O reparador verifica o defeito indicado na base de dados da reparação, repara o aparelho e devolve-o no local apropriado ao fluxo da linha.



Figura 19: Bancada de reparação

Caso o aparelho não seja susceptível de reparação, este é inicialmente desmontado em partes plásticas, metálicas e electrónicas que posteriormente são encaminhadas para reciclagem (refugo).

#### 2.2.2.8 Controlo 1

Nesta fase o aparelho sofre a afinação (alta frequência HF) que corresponde ao conjunto de todas as operações de ajuste de parâmetros de radiofrequência de um aparelho, ou seja, consiste na afinação e programação “efectiva”. A Figura 20 ilustra o conjunto de adaptadores que constituem o Controlo 1.



Figura 20: Adaptadores de controlo I

#### 2.2.2.9 Montagem Final

É um processo sequencial. Caso seja detectado algum defeito este é encaminhado para a reparação. São montados elementos de suporte, a *Blenda*<sup>3</sup> e o mecanismo onde funciona o

---

<sup>3</sup> Parte visível do auto rádio quando montado no carro (responsável pelo interface humano com o aparelho)

CD, as tampas e por fim colocam-se as etiquetas<sup>4</sup>. Nos vários postos de trabalho existem dispositivos específicos que facilitam o manuseamento do auto rádio na execução das várias operações, resultando uma diminuição do tempo de processamento.

No processo de colocação de aparelhos no controlo 1 e no Controlo das *Blendas* trabalham duas operadoras. Na Montagem de *Blendas* e montagem final trabalham oito pessoas.



Figura 21: Postos de montagem final dos aparelhos

#### 2.2.2.10 Teste diagnóstico

O principal objectivo deste teste é simular o mesmo teste de diagnóstico que a PSA realiza nos carros produzidos.



Figura 22: Dispositivos de teste de diagnóstico

#### 2.2.2.11 Controlo 2 A

Este tipo de Controlo tem duas etapas: uma eléctrica e uma visual.

O Controlo eléctrico é um teste às características principais do auto rádio, tais como: consumos, sinais FM, AM e LW, a relação entre a qualidade de sinal/ ruído, paragens em FM, AM e LW, funcionamento do CD e também a iluminação. Faz-se automaticamente, através de

---

<sup>4</sup> Códigos de barras necessários para verificar a compatibilidade entre o chassis do auto rádio e a *Blenda*.

um programa de software, dividido por passos. Cada passo corresponde a um teste executado individualmente ou em conjunto. Este Controlo tem como objectivo verificar se são respeitados os parâmetros descritos nas normas e especificações do aparelho.



Figura 23: Postos de controlo II

As duas operadoras presentes neste Controlo (uma de cada lado da linha) apenas intervêm quando é necessário executar funções do aparelho, utilizando os comandos situados na *Blenda* (pressão das várias teclas). As frequências usadas nos testes são emitidas por um gerador de sinal controlado por software.

O controlo visual é um pouco subjectivo. Embora seguindo um conjunto de procedimentos típicos, depende essencialmente da pessoa que o realiza pois é um controlo visual.

#### 2.2.2.12 Burn In

Trata-se de teste de resistência à temperatura realizado ao rádio, sendo efectuado a uma temperatura de 60°C e cujo ciclo tem a duração entre 27 e 30 minutos. A Figura 24 apresenta três das seis unidades (fornos) que constituem o *Burn In*.



Figura 24: Burn In

### 2.2.2.13 AOI *Blenda*

Nesta fase o aparelho é submetido a um teste de visão que consiste em verificar a intensidade luminosa da *Blenda*, assim como a cor da *Blenda*. Este teste é efectuado num equipamento como o representado na Figura 25.



Figura 25: Equipamento teste de visão à *Blenda*

### 2.2.2.14 Controlo 2 B

Nesta fase o aparelho já se encontra afinado e completamente montado e está potencialmente pronto para ser embalado; é portanto o último controlo antes do cliente. Este tipo de controlo, tal como o Controlo 2A, tem duas etapas: uma eléctrica e uma visual.

Os testes efectuados neste controlo são semelhantes aos do Controlo 2A, realizando-se também outros testes suplementares (p.e. Consumo em *Standby* e Uniformidade de volume em CD), alguns exemplos de testes efectuados encontram-se no anexo D.

Neste Controlo 2B trabalham normalmente entre cinco a seis pessoas.

### 2.2.2.15 Embalagem

Após a leitura automática do código de barras, a operadora imprime uma etiqueta (Figura 26) que é colocada no aparelho que o acompanha até ao cliente. Esta etiqueta serve para identificar o auto rádio no cliente.



Figura 26: Etiquetagem

Por fim, os auto rádios são embalados (Figura 27) ficando prontos para serem expedidos para o cliente.

A embalar os rádios trabalha mais uma operária.



Figura 27: Embalagem

### **2.3 Tratamento dos defeitos na Linha de Produção**

A maior parte das máquinas da linha da PSA possuem computadores e estão ligadas em rede. No último lugar da montagem manual é colocada um código de barras (etiqueta) no auto rádio que identifica o modelo e o número de série do auto rádio. Esta etiqueta é lida pelos vários scanners existentes ao longo da linha e permite controlar o percurso do auto rádio por cada local que ele passe. Assim consegue-se fazer o seu rastreio e também obter o resultado dos testes ao rádio nos vários locais. É desta forma que todo tipo de defeitos que aparecem ao longo da linha inclusive no *Burn In* são registados nas bases de dados.

O procedimento de tratamento dos defeitos na linha de produção está representado no esquema 2 e processa-se do seguinte modo que se passará a explicar:

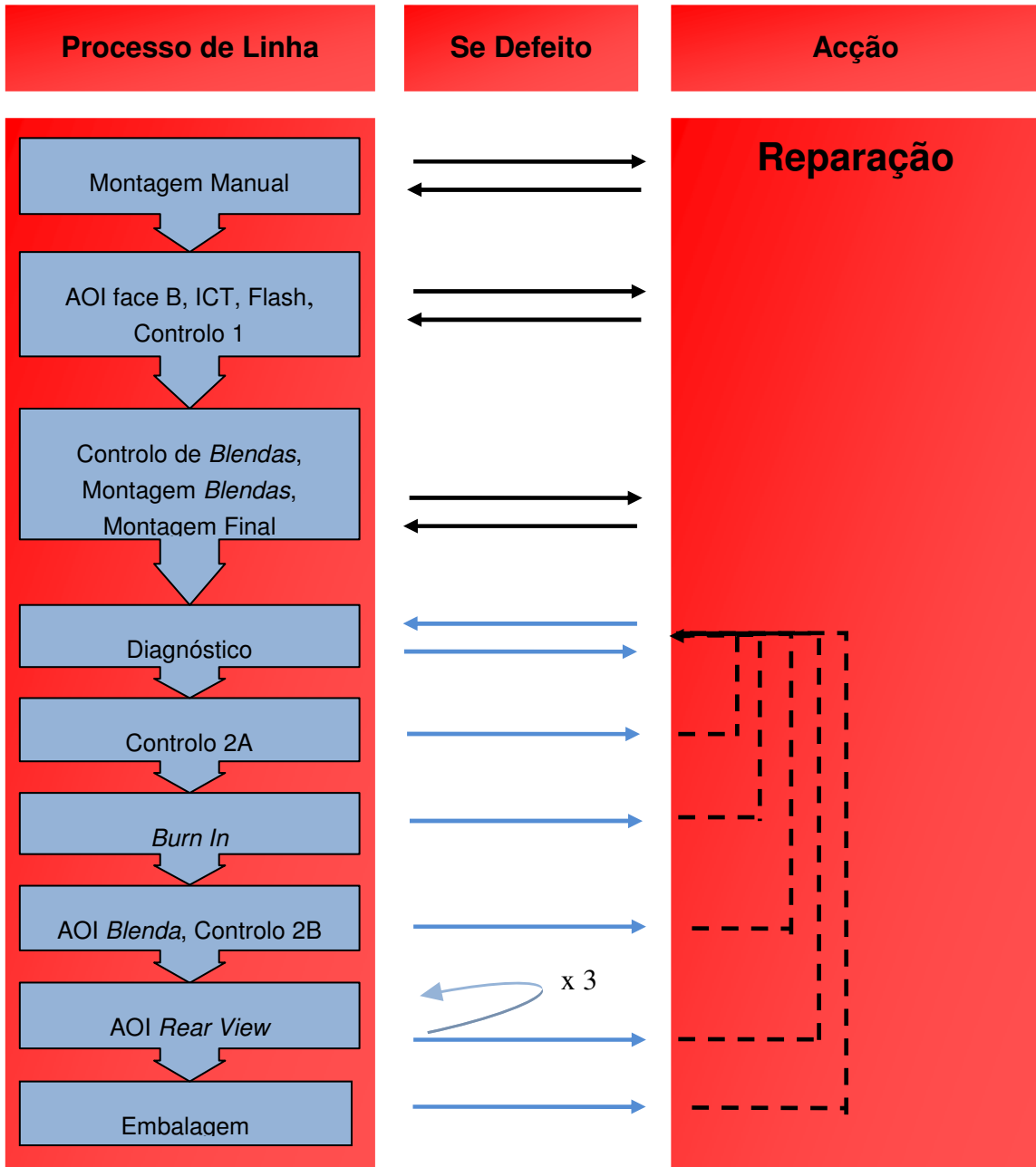
Quando ocorre um defeito na Montagem Manual esse auto rádio é levado à reparação pela operadora. Seguidamente o reparador repara o aparelho caso esta seja possível e volta a colocar o auto rádio no posto da Montagem Manual necessário para a correcta continuação da sua montagem.

Ocorrendo um defeito no AOI Face B, no ICT, na Flash, ou Controlo 1 o auto rádio é levado à reparação pela operadora e depois de reparado terá de voltar para o posto onde ocorreu o defeito, para repetição desse teste e confirmação que se encontra bom.

Quando ocorre um defeito no Controlo de *Blendas*, na Montagem de *Blendas* ou na Montagem Final o auto rádio tem de ser levado à reparação e posteriormente efectuar desde o Controlo de *Blendas* o processo de novo.

Por fim, sempre que ocorre na linha um defeito na linha no Diagnóstico ou a partir do Diagnóstico, ou seja, Controlo 2A, *Burn In*, Controlo 2B e Embalagem, o auto rádio terá de ser levado à reparação e realizar de novo este processo todo de novo a partir do Diagnóstico.

O único local da linha em que é permitido efectuar de novo o teste depois de ele dar mau, é o AOI *Rear View* que permite a repetição do teste até 3 vezes antes de o auto rádio ir à reparação.



Esquema 2: Esquema de reparação da linha

### 3 Optimização da Linha de Produção

Os responsáveis da Blaupunkt Portugal pretendem eliminar o posto do *Burn In* da linha de produção devido a suposição da sua suposta não mais-valia para a linha de produção.

Nos sistemas industriais modernos a busca constante pela obtenção de maior produtividade com o menor custo possível e máximo de qualidade é um elemento cada vez mais presente e pertinente para o desenvolvimento e crescimento de uma empresa. Neste sentido a análise do sistema produtivo, dos processos e fases que o compõem torna-se essencial.

A optimização da linha de produção surge então neste contexto e passará principalmente por simular o comportamento da linha de produção com e sem o posto do *Burn In*.

É no sentido da optimização desse processo que se proporcionou um estudo mais cuidado da linha PSA (Peugeot/Citroën). Neste estudo, e pelas diferentes inferências recolhidas, procedeu-se à análise do posto *Burn In*, com o objectivo de averiguar a sua pertinência e contributo na relação produção/custo/qualidade.

#### 3.1 Necessidade do posto *Burn In*

##### 3.1.1 O posto *Burn In*

Como se sabe a temperatura influencia o comportamento dos componentes eléctricos e um auto rádio é constituído por muitos componentes electrónicos. Deste modo o *Burn In* tem como finalidade provocar o aparecimento dos defeitos possíveis nos auto rádios pelo stress, ou seja, provocando o seu aquecimento e funcionamento contínuo a alta temperatura.

Pode-se então dizer que o *Burn In* se trata de um conjunto de “fornos” que tem como finalidade simular o comportamento de um rádio em situações extremas de elevadas temperaturas.

O *Burn In* foi inicialmente implementado na Blaupunkt na linha da Opel como teste por amostragem por exigência da General Motors no ano 2003. Posteriormente o teste do *Burn In* passou a ser realizado a 100% nos auto rádios. Um ano depois este controlo foi adoptado por todas as outras linhas da Blaupunkt, inclusive na linha 3 da PSA (Peugeot/Citroën).

Na linha da PSA existem seis fornos do *Burn In*, três de cada lado da linha. Cada forno tem nove compartimentos sendo que cada um deles tem capacidade para dois auto rádios. Então a capacidade do *Burn In* é de  $2 \times 3 \times 9 \times 2 = 108$  rádios.

Neste teste quando um auto rádio quando entra no *Burn In* encontra-se a uma temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C, enquanto o *Burn In* se encontra a 60°C. À medida que o tempo passa um conjunto de testes é efectuado ao auto rádio, repetindo-se várias vezes a uma temperatura cada vez maior durante os cerca de 30 minutos que o auto rádio se encontra no *Burn In*. Alguns desses testes são por exemplo a injeção de um sinal e a sua posterior medição nos diferentes canais do rádio (alguns exemplos de testes efectuados no *Burn In* encontram-se no anexo D).

### 3.1.2 Defeitos detectados no posto *Burn In*

Com o *Burn In* pretende-se eliminar aqueles defeitos que iriam ser detectados no rádio no seu início de vida. Aqueles defeitos que se iriam manifestar logo que o rádio é montado e testado no automóvel pela marca, designados por defeitos 0 km. Possuem este nome pois o automóvel ainda não saiu da linha de montagem da fábrica e ainda tem zero quilómetros. Pretende-se eliminar também aqueles defeitos detectados pelo comprador do automóvel no início de utilização do auto rádio, que são os chamados defeitos de campo.

A taxa de defeitos (figura 28) de um produto tem três fases, a fase prematura em que a probabilidade de ocorrerem defeitos é muito elevada. Depois vem o período de vida útil do produto em que a taxa de defeitos é constante e por fim a fase de envelhecimento em que a taxa de defeitos aumenta exponencialmente.

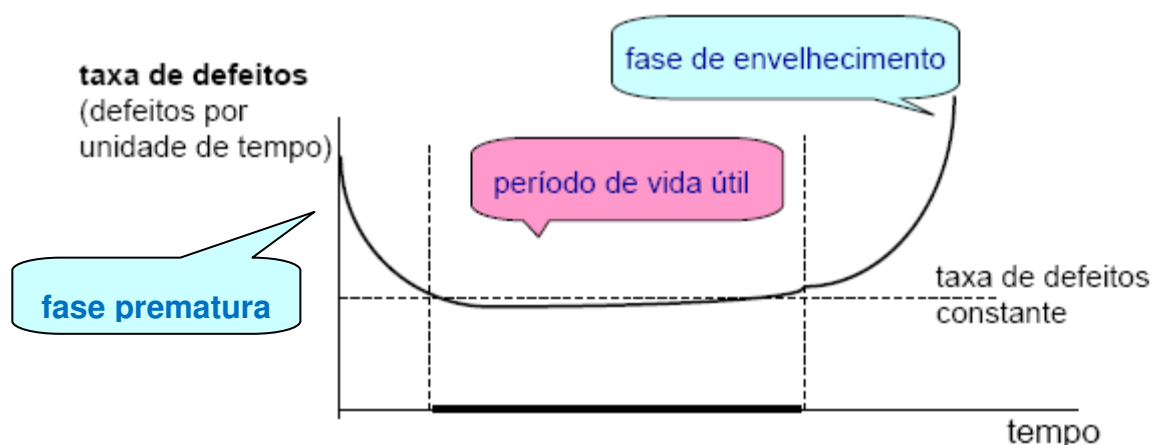


Figura 28: Gráfico da taxa de defeitos

## 3.2 Vantagens e desvantagens do posto *Burn In*

### 3.2.1 Vantagens do posto *Burn In*

As vantagens da existência do *Burn In* são a detecção de defeitos que possivelmente não irão ser detectados noutros postos da linha. Caso esses defeitos não fossem detectados na linha estes viriam a originar elevados custos de reclamações dos clientes, defeitos de campo e 0 km<sup>5</sup>).

Outra vantagem do *Burn In* é a eliminação da fase prematura do produto, ou seja, quando o auto rádio chega ao cliente já se encontra na fase de vida útil e por consequência a probabilidade de ocorrerem defeitos é menor.

Por fim, pelo facto da Blaupunkt ter *Burn In* fornece à empresa mais um elemento importante na sua promoção e consolidação como uma empresa de referência, cujos produtos são submetidos a rigorosos controlos de qualidade. Este facto fornece um factor acrescido de confiança ao consumidor, sendo ele próprio um componente de Marketing de empresa.

O facto de a Blaupunkt ter o *Burn In* também representa uma vantagem concorrencial sobre as outras empresas.

### 3.2.2 Custos por menor produtividade (*Lead Time* e *rejeição indevida*)

Sendo o *Burn In* um posto em que os auto rádios permanecem durante 27 minutos, o *Lead Time* do produto na linha vai ser maior com o *Burn In*.

Por outro lado o *Burn In* também provoca muita rejeição indevida, também chamado de TNF's (em inglês "*Trouble Not Found*"), que são aqueles auto rádios que reprovam no teste de *Burn In* e que depois vão à reparação e se verifica que não tem nenhum defeito. Após irem à reparação estes rádios têm de fazer o processo todo outra vez desde o diagnóstico, ou seja, diagnóstico, Controlo 2A e *Burn In* novamente. Isto vai fazer perder bastante tempo e consequentemente serão menos rádios produzidos. A percentagem de TNF's nos últimos meses foi a rondar os 99,5%.

### 3.2.3 Custos energéticos do posto *Burn In*

O *Burn In* sendo um equipamento que trabalha a uma temperatura elevada (60 °C) gasta bastante energia, a tabela 1 mostra o consumo de um forno do *Burn In*.

---

<sup>5</sup> Custo de um defeito 0 km é de 870 Euros (in K:\Qsg9\PSA\4\_Relatórios da Qualidade) [3]

**Tabela 2: Consumo energético de um forno do *Burn In*<sup>6</sup>**

Consumos energéticos (W)		Valor
Consumo individual do <i>Burn In</i>	Resistência de aquecimento	1200 W
	Motor de ventilação	38 W
Outros equipamentos	Transformador e sinalizador luminoso	500 W
	Controlador de temperatura	12 W
Total		1750 W

Sendo assim durante um ano nos dois turnos os gastos de energia são os apresentados na tabela 2.

**Tabela 3: Cálculo do custo energético do *Burn In***

Dados para cálculo Linha/ Ano			
Turnos	2 Horas		17
Consumo Forno (KW/h)	1,75	Qt. de Fornos	6
Custo (Euro)	0,072	Dias de trabalho	230
Custo Estimado			
			Euro 2956

### 3.2.4 Custos de Manutenção e de Espaço

Sendo o *Burn In* um equipamento industrial, este necessita de um plano de manutenção.

Esta manutenção não descarta um conjunto de elementos que tornam viável o funcionamento optimizado do *Burn In*. Dentro destes vários elementos podemos contar os elementos humanos (os mecânicos, técnicos de software, entre outros) e os elementos físicos (instrumentos necessários para a manutenção do *Burn In*).

A diminuição do desempenho do equipamento, pode ocasionar na redução da qualidade e da produtividade, as quais podem ser evitadas com políticas adequadas de gestão que garantam a eficiência da produtividade.

Para além dos custos apresentados em cima também existem os custos de espaço, pois nas empresas actuais existe uma necessidade de renovação constante e de acolhimento de novos

<sup>6</sup> Retirado de K.\TEF\TEF7\Burn In [3]

projectos como foi no caso da linha 4, com o projecto das *Blendas* de navegação. Sendo assim na linha 3 caso não houvesse os postos do *Burn In* poderia permitir uma reorganização da linha e consequentemente do espaço industrial de máquinas. Permitindo igualmente a criação de outros projectos de menores dimensões no espaço ocupado actualmente pela linha 3.

## 4 A Simulação da Linha de Produção

Tendo em conta a descrição e os dados presentes no capítulo anterior torna-se necessário averiguar até que ponto a conjugação dos elementos referenciados funcionam no processo produtivo.

Esta averiguação torna-se impossível de realizar através de teste na realidade já que se estaria a comprometer toda uma produção. Sendo a simulação uma recriação artificial de um qualquer tipo de processo sobre um conjunto de condições controladas, permitindo a substituição virtual das condições/factores pretendidos, optou-se por recorrer a simulação de Monte Carlo para avaliar o impacto da eliminação do posto do *Burn In*. Esta simulação traduziu-se no desenvolvimento de uma folha de cálculo que simule o funcionamento da linha de produção relativamente ao aspecto do comportamento da linha com e sem postos *Burn In*.

### 4.1 A Simulação de *Monte Carlo*

Em variados contextos de estudo a obtenção de resultados estatísticos com base nos dados e observações recolhidas torna-se quase ou mesmo impossível. “Tal ocorre, por exemplo, quando as populações são infinitas e não – Normais, as amostras são de pequena dimensão e as estatísticas são funções complexas (não lineares) das observações amostrais.” [4].

Recorre-se à técnica de Monte Carlo no momento em que a via teórica falha, nesta as amostras são geradas artificialmente e posteriormente procede-se ao estudo experimental das estatísticas em causa. A técnica de Monte Carlo tem inúmeras aplicações, sendo provavelmente a sua área principal de aplicação uma das técnicas de investigação operacional mais utilizadas – a simulação [4].

Reconhecidamente a Simulação de Monte Carlo é uma técnica de fácil implementação. A sua rapidez na obtenção de resultados demonstra ser uma clara vantagem, no entanto é necessário recorrer a diversas repetições de modo a obter uma aproximação mais ajustada à realidade.

Sendo a simulação de Monte Carlo uma simulação estatística que vai tentar aproximar uma realidade através de uma amostra de valores, ela não nos pode garantir certezas.

“Mesmo sabendo que nenhuma técnica poderá dar certezas, o método de Monte Carlo permite enumerar os resultados possíveis e as probabilidades de ocorrência, evitando decisões erradas baseadas em descrições simplistas dos resultados” [5].

## 4.2 Recolha e análise de dados

A recolha e análise dos dados históricos estão naturalmente divididas em duas partes:

- a) A recolha e análise dos tempos da linha de produção;
- b) A recolha e análise dos vários defeitos ocorridos na linha de produção.

### 4.2.1 A recolha e análise dos tempos da Linha de Produção

Para proceder à recolha dos dados históricos dos tempos de cada posto, foi necessário recorrer ao departamento de TEF1 (departamento técnico de engenharia da produção) da Blaupunkt. Este departamento actua sempre que o processo de produção necessita de alguma reformulação ou alteração. Quando isto acontece o departamento necessita de rever os tempos necessários para a produção em cada um dos postos da linha. Numa situação ideal de análise de tempos fazer-se-ia a recolha de um número muito elevado de medições de forma a obter um histograma mais estabilizado da realidade de cada posto, no entanto, apenas foi possível obter 10 medições (as medições disponíveis no departamento TEF1).

Com base nas medições efectuadas procedeu-se à análise do tempo esperado do trabalho realizado em cada um dos postos. Para isso, e dado o número reduzido das medições do histórico, organizou-se os tempos de trabalho por intervalos (3 intervalos entre o máximo e o mínimo) e obteve-se a frequência do número de medições das medições em cada um desses intervalos.

No anexo B encontram-se as descrições do trabalho standard realizado em cada posto, assim como o seu tempo esperado.

Destas medições, presentes no anexo C resultaram os seguintes histogramas (figura 29).

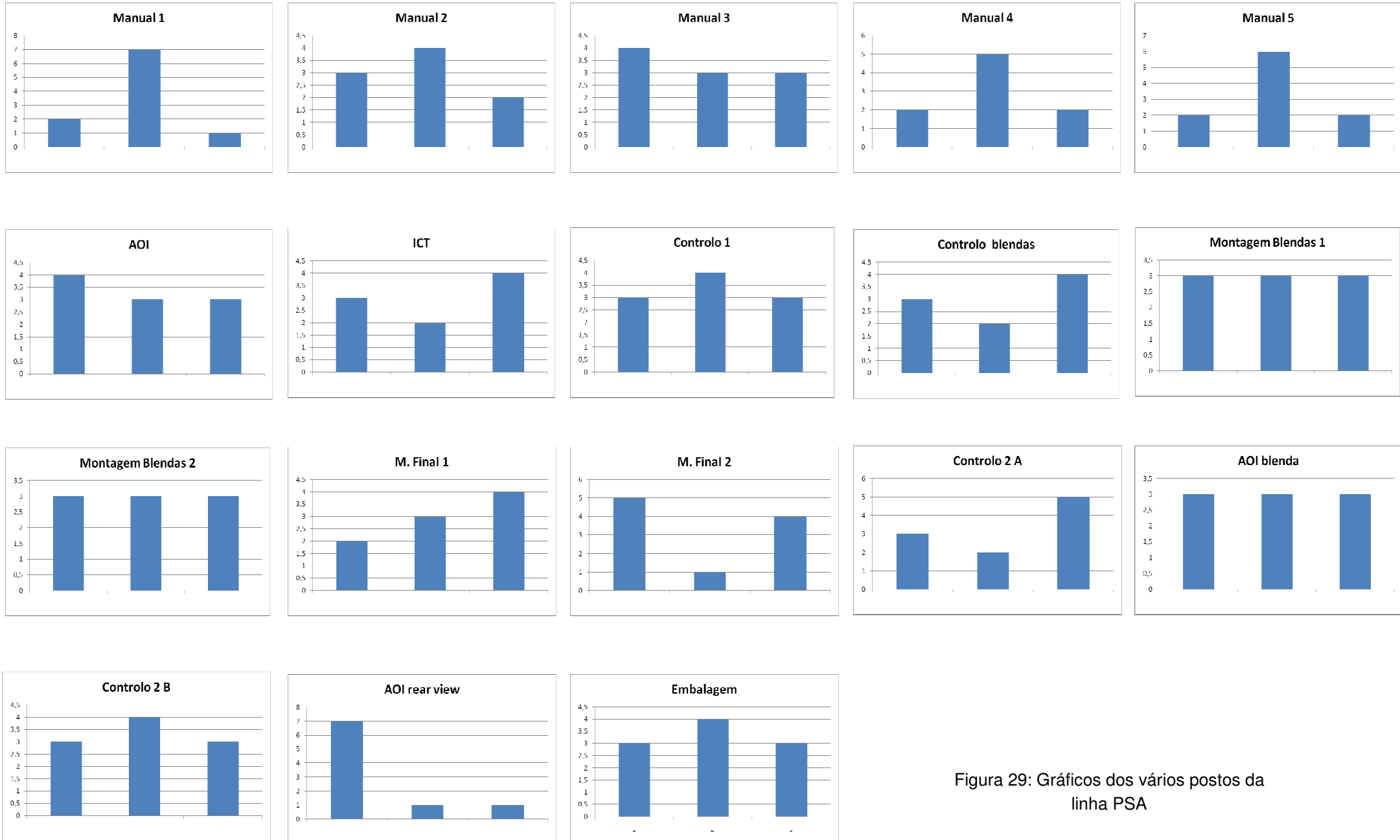


Figura 29: Gráficos dos vários postos da linha PSA

Da análise dos seguintes histogramas depreende-se, em consequência da sua forma e propriedades, que existem postos em que se verifica uma aproximação a uma distribuição normal dos tempos efectuados, o que indica que os valores convergem em torno de uma média (valor esperado) com uma evidente simetria. Dentro destas características encontram-se os postos Manual 1, Manual 2, Manual 4 e Manual 5.

Depreende-se igualmente que noutros postos está presente uma distribuição uniforme dos tempos efectuados, indicando que existe uma constância de tempos entre os valores dos vários intervalos (de tempo mínimo e máximo). Dentro destas características encontram-se os postos Manual 3, AOI, ICT, Controlo *Blendas*, Montagem de *Blendas* 1, Montagem de *Blendas* 2, Montagem Final 1, Montagem Final 2, Controlo 2A, AOI *Blenda*, Controlo 2B e Embalagem.

Nos casos em particular das frequências dos intervalos do número de medições nos postos Controlo de *Blendas*, Montagem Final 1 e Controlo 2A, os valores não apresentam uma constância tão vincada como nos outros intervalos indicados na distribuição uniforme, no entanto estes estão mais próximos desta tipologia. Esta constatação pode encontrar a sua justificação no facto de uma análise estatística baseada numa amostragem relativamente pequena, ter como consequência o enfatizar de valores desviantes, tornando-os mais vincados. Desta forma admite-se como hipótese terem ocorrido variações anormais no tempo de trabalho dos referidos postos que por razões não habituais (distracções o operador, erro de operação, etc.) levaram à alteração significativa dos dados recolhidos. Este caso está especialmente constatado na Montagem Final 2.

#### **4.2.2 A recolha e análise dos vários defeitos na Linha de Produção**

Tendo em conta que os defeitos vão afectar fortemente a cadência de produção, considerou-se importante efectuar a recolha e respectiva análise do número de defeitos encontrados na linha de produção. Para além disto o principal objecto de estudo do presente relatório (pertinência do *Burn In*), é responsável por um grande número de TNF's (defeitos não confirmados) presentes na linha.

Para análise dos defeitos identificados na linha 3 (PSA) foi considerado um período de 10 meses. Isto deveu-se a razões de ordem prática e à operacionalização dos dados fornecidos disponíveis para esta linha existentes apenas para este período de tempo.

De forma a tratar as categorias dos defeitos que são possíveis de encontrar na linha procedeu-se à sua uniformização por 5 categorias, sendo elas: a) TNF's; b) Pouco Graves; c) Graves; d) Muito Graves e e) Sem Defeito.

Os TNF's são os defeitos não confirmados, são aqueles erros que dão mau na máquina, depois a operadora leva-os à reparação e o reparador confirma que não tem defeito e o devolve ao fluxo da linha de novo. Os defeitos Pouco Graves são aqueles que pelas suas características de reparação não apresentam grande dificuldade para o reparador os arranjar rapidamente e devolver ao fluxo da linha. Os defeitos Graves são os defeitos que pelas suas características apresentam uma elevada dificuldade de reparação e por fim os defeitos Muito Graves são os defeitos impossíveis de reparar, ou seja são deitados para o refugio.

Dado o pouco número de defeitos encontrados em alguns postos, tal como as suas similaridades, levou a que a empresa adopta-se como prática a sua junção para melhor interpretação dos defeitos obtidos. E neste sentido fazer-se-á uso destas junções. Considera-se então:

- A Montagem Manual 1, 2, 3, 4, 5, *Clinch*, *Terolan* e EPM ficam a ser consideradas como Montagem Manual;
- A Flash e a Fresa como Flash/Fresa;
- A Montagem de *Blendas* 1, 2 e Montagem Final 1, 2 ficam a ser consideradas como Montagem Final.

Foi também considerado para a análise efectuada o número de rádio produzidos durante o período seleccionado (10 meses).

Como se verifica na tabela 4 e como era de esperar a percentagem de rádios sem defeito é muito elevada, tendo uma média de 99,6%.

Desta forma verifica-se que a percentagem de TNF's é muito mais significativa no Controlo 1, Controlo 2A, *Burn In* e Controlo 2B. Este elevado número de TNF's está sobretudo relacionado com a interface homem - máquina, em que devido a erros procedimentos humanos faz com que a máquina de teste considere aparelho defeituoso sem que na realidade o seja.

Exemplos disso são:

- No Controlo 2A e Controlo 2B a demora no teste de pressão das teclas por parte do operador; a não colocação do CD para teste de leitura e a troca de CD compatível com o leitor do tipo de auto rádio e falha de leitura do código de barras;
- No *Burn In* a não colocação do CD para teste de leitura e a troca de CD compatível com o leitor do tipo de auto rádio falha de leitura do código de barras e erros de programação do *Burn In*;
- No Controlo 1 são os erros de programação das bancadas.

Como consequência dos erros detectados pelas máquinas de teste, o aparelho será enviado para o reparador que ao verificar o código de barras do aparelho e consequente erro detectado irá proceder à reparação. O aparecimento dos TNF's irá concretizar-se com a constatação por parte do reparador da não presença de qualquer defeito.

Relativamente aos erros Pouco Graves estes ocorrem em grande número no AOI face B, estes erros que ocorrem no AOI face B são em grande parte resultantes da máquina de soldadura por onda (EPM) e são facilmente reparáveis pelo reparador, desde que detectáveis pelas operadoras, por exemplo a colocação de solda num ponto do PCB.

Quando os defeitos não são detectados no AOI Face B, são detectados no ICT, daí a maior percentagem presente no ICT.

Relativamente aos defeitos Graves, estes ocorrem em grande parte depois da Montagem Manual, e sobretudo no Controlo 1, Controlo *Blendas*, Controlo 2 A e Controlo 2B.

Exemplos disso são:

- No Controlo 1, os defeitos eléctricos e componentes danificados;
- No Controlo *Blendas*, as *Blendas* danificadas tais como riscos ou borboto;

- No Controlo 2A e 2B as etiquetas danificadas.

Quanto aos defeito Muito Graves, estes ocorrem, na sua grande maioria no Controlo 2B. Estes defeitos são impossíveis de reparar e vão obrigar os auto rádios a ir para a sucata (refugo).

Exemplos disso são:

- Componentes danificados no PCB e defeitos no mecanismo do CD.

**Tabela 4: Tabela dos defeitos**

	TNF's	Pouco Grave	Grave	Muito Grave	Sem Defeito
<b>Montagem Manual</b>	0,0000%	0,0060%	0,0008%	0,0000%	99,9932%
<b>AOI Face B</b>	0,0008%	0,4646%	0,0334%	0,0014%	99,4998%
<b>Flash Cell</b>	0,0241%	0,0008%	0,0025%	0,0003%	99,9724%
<b>ICT</b>	0,2046%	0,1094%	0,0572%	0,0046%	99,6243%
<b>Controlo 1</b>	1,0036%	0,0027%	0,0736%	0,0000%	98,9201%
<b>Controlo Blendas</b>	0,0000%	0,0183%	0,0695%	0,0000%	99,9122%
<b>Montagem Final</b>	0,0000%	0,0000%	0,0153%	0,0139%	99,9707%
<b>Diagnóstico</b>	0,1187%	0,0057%	0,0063%	0,0030%	99,8663%
<b>Controlo 2A</b>	0,6640%	0,0000%	0,0738%	0,0213%	99,2409%
<b>Burn In</b>	0,8062%	0,0000%	0,0033%	0,0025%	99,1881%
<b>AOI Blendas</b>	0,1854%	0,0000%	0,0131%	0,0000%	99,8015%
<b>Controlo 2B</b>	1,2169%	0,0000%	0,0643%	0,0645%	98,6543%
<b>AOI Rear View</b>	0,0112%	0,0000%	0,0131%	0,0000%	99,9757%
<b>Embalagem</b>	0,0325%	0,0000%	0,0046%	0,0016%	99,9612%

Estes elementos poderão ser melhor visualizados no gráfico<sup>7</sup> a seguir disposto (gráfico nº1)

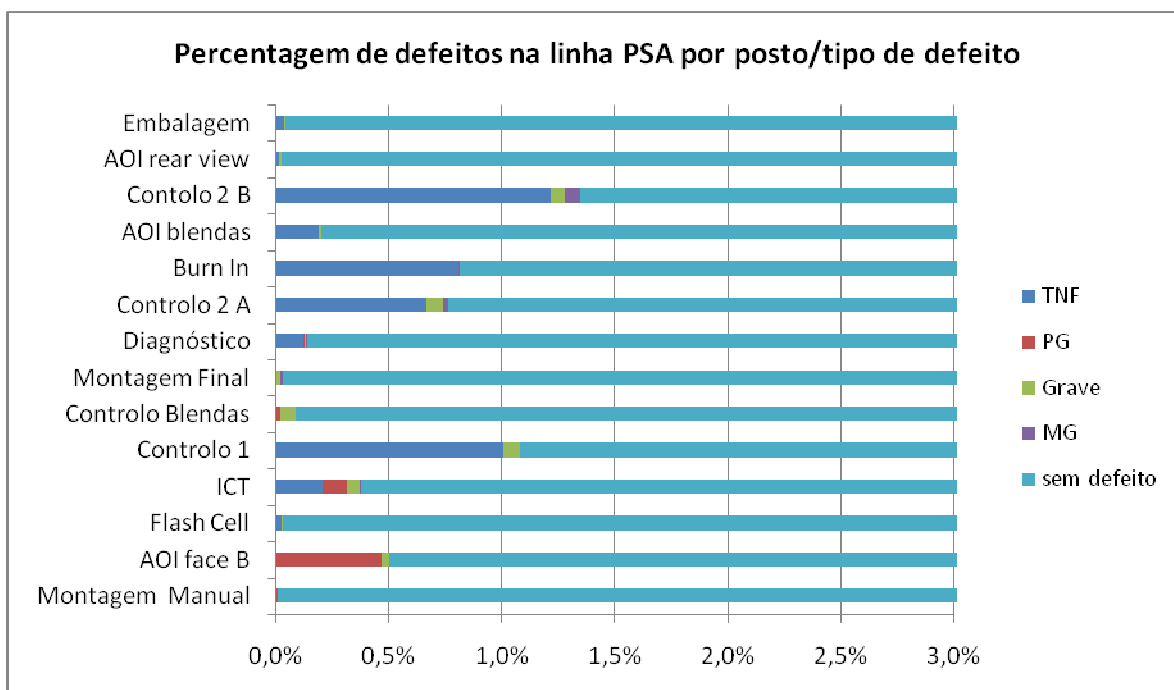


Gráfico 1: Percentagem dos defeitos na linha de produção PSA por posto/tipo de defeito

<sup>7</sup> Tendo em conta que a percentagem de defeitos verificada é bastante pequena, adoptou-se uma escala apenas até 3,0% para facilitar a visualização do gráfico.

### 4.3 A construção e a operacionalização da simulação

A folha de cálculo do Excel está organizada em duas partes, a parte do modelo que contempla os vários cálculos e a parte em Visual Basic que é usado no Excel para a colocação dos resultados na folha com o mesmo nome.

Como base para esta simulação foi utilizado o livro *VBA For Modelers* de S. Christian Albright (2007) [6].

#### 4.3.1 O modelo da Linha de Produção

##### 4.3.1.1 Os tempos

A primeira coluna da simulação é constituída pela função *rand()* do Excel, esta função cria um número real aleatório maior ou igual a 0 e menor que 1, segundo uma distribuição uniforme. Esta função vai permitir dotar à simulação criada a sua aleatoriedade, imprescindível para simular o comportamento real da linha e de cada posto em particular.

A segunda coluna da folha de cálculo é constituída pelos tempos que cada posto a desempenhar a sua função. Para estabelecer a simulação destes tempos, foi tido em conta o comportamento de cada posto na análise histórica recolhida em 10 medições (mencionado no capítulo 4.2). Desta forma e tendo em conta o seu comportamento os tempos verificados nos postos poderão ter uma distribuição normal ou uniforme. Para gerar a simulação pretendida a *rand()* vai interagir com a fórmula criada para o tipo de distribuição apresentado naquele posto e resultar em tempos simulados.

##### 4.3.1.2 Os defeitos

A primeira coluna da folha de cálculo é igualmente constituída pela função *rand()* do Excel que tem a função explicada acima.

A segunda coluna da folha de cálculo é constituída pelo tipo de defeito classificado de acordo com a seguinte designação:

A = TNF's; B = Pouco Grave; C = Grave; D = Muito Grave; E = Sem Defeito.

Através da tabela 4 podemos obter uma tabela com as frequências acumuladas de cada posto e por comparação com a função *rand()* atribuir uma probabilidade de o defeito ser do tipo A, B, C, D ou E.

Para os casos em que foi necessário aglutinar os defeitos como explicado em 4.2 (p.e. o caso da montagem manual) foi necessário criar uma outra coluna, pois nestes casos basta em um

posto pertencente a este grupo o defeito ser A, B, C ou D para considerar esse mesmo tipo de defeito para todos os postos do grupo.

Conforme o tipo de defeito que vai dar em cada um dos postos criou-se uma outra coluna, chamada de “factor” que vai multiplicar directamente no tempo de trabalho de cada um dos postos, para obrigar o tempo do posto a variar conforme o defeito obtido. Sendo assim:

- Se o defeito for E o factor vai ser 1, ou seja, vai demorar o tempo normal pois não tem defeito;
- Se o defeito for A, B, C o factor vai ser 2, ou seja, vai demorar o dobro do tempo, pois vai à reparação, logo demora sempre pelo menos o dobro do tempo) (nota: não foi tido em conta o tempo de reparação, pois a reparação não obriga à paragem da linha de produção);
- Se o defeito for do tipo D (Muito Grave), o rádio terá de ser deitado fora, influenciando directamente na fórmula do cálculo do número de auto rádios, sendo zero o número de auto rádios produzido nesse turno.

O tempo disponível num turno que é 26400 segundos = 8 horas \* 60 minutos \* 60 segundos - 40 minutos \* 60 segundos. Os 40 minutos a retirar são referentes ao tempo para almoço e para lanche. Para o cálculo do número de auto rádios produzidos num turno teve-se ter em conta esse tempo disponível a dividir pelo máximo tempo presente dos vários postos da linha. Sendo assim no exemplo da figura 30, o nº de auto rádios é 26400/24,90=1059 auto rádios.

Postos	Tempo			factor	temp	defeito		A, B, C, D, E	Contar "A, B, C, D, E"
	rand	Esperado	t (seg)			rand	tipo defeito		
Manual 1	0,118052	14,94	12,5303766	0	12,53038	0,129898	E	E	A 0
Manual 2	0,307415	15,51	14,9313915	0	14,93139	0,7276195	E	E	B 0
Manual 3	0,74933	18,48	19,9455803	0	19,94558	0,313208	E	E	C 0
Manual 4	0,866247	19,2	20,7991687	0	20,79917	0,9690081	E	E	D 0
Clínch		10,4	10,4	0	10,4	0,2334798	E	E	E 25
Manual 5	0,228257	20,16	19,1068726	0	19,10687	0,4252345	E	E	
Terolan		13,5	13,5	0	13,5	0,2057494	E	E	
EPM		22	22	0	22	0,717876	E	E	
AOI face B	0,341162	20,64	20,2599516	0	20,25995	0,4597264	E	E	
ICT	0,10477	7,09	6,51524754	0	6,515248	0,2312247	E	E	
Flash		16	16	0	16	0,5326327	E	E	
Fresa		15,5	15,5	0	15,5	0,4588698	E	E	
Controlo 1	0,167156	16,1	15,3346045	0	15,3346	0,2401893	E	E	
Controlo blendas	0,211475	11,775	10,6315558	0	10,63156	0,6167232	E	E	
Montagem Blendas 1	0,217576	13,06	12,2029398	0	12,20294	0,441143	E	E	
Montagem Blendas 2	0,647411	23,025	23,5431317	0	23,54313	0,5137043	E	E	
M. Final 1	0,842517	23,66	24,906682	0	24,90668	0,3004544	E	E	
M. Final 2	0,178368	13,4175	12,6137569	0	12,61376	0,7529536	E	E	
Diagnóstico	0,008077	13,43	13,43	0	13,43	0,4712447	E	E	
Controlo 2 A	0,170359	14,85	13,7025592	0	13,70256	0,872998	E	E	
Burn In		16,67	16,67	0	16,67	0,8227353	E	E	
AOI blenda	0,736866	13,2	13,6105983	0	13,6106	0,1011105	E	E	
Controlo 2 B	0,879621	15,9833333	17,1967311	0	17,19673	0,2863797	E	E	
AOI rear view		13,6	13,68	0	13,68	0,6604643	E	E	
Embalagem	0,713918	17,71	18,1650003	0	18,165	0,4412254	E	E	

Tempo útil/ turno	26400 segundos		
Nº de rádios/turno	1059,957 :	Nº de rádios	1059,956522
Tempo 1 rádio/turno	397,1761 segundos		

Figura 30: O Modelo da simulação

#### 4.3.2 O Código em Visual Basic

Para termos uma noção mais real do que se passa na linha de produção é preciso fazer correr a simulação um número bastante elevado de vezes. Usando o Visual Basic existe a possibilidade facilmente fazer correr a simulação quantas vezes quanto o necessário. Por outro lado o VBA permite também a colocação dos resultados finais do modelo desejados numa outra folha de cálculo, para cada uma das repetições efectuadas. Para além disso com os resultados obtidos todos aglomerados na mesma coluna permite calcular outras estatísticas interessantes como p.e. a média, o mínimo e o máximo de todos os valores, o desvio padrão, a mediana, o 5th percentual, etc.

#### 4.4 Alterações devido à eliminação do posto *Burn In*

A folha de cálculo da simulação da linha de produção sem o posto *Burn In* necessita de pequenas alterações devido à eliminação do posto *Burn In* relativamente à folha de cálculo com a presença deste. Essas alterações são:

- Em relação aos tempos deixa de haver uma linha referente ao posto *Burn In* no modelo;
- Em relação aos defeitos, estes terão de ser contabilizados de uma forma diferente. Como os TNF's são erros exclusivos dos *Burn In* estes deixam de existir. Quanto aos defeitos Pouco Graves, Graves e Muito Graves (que tem uma percentagem pequena) na folha de cálculo eles vão ser considerados no Controlo 2 B.

Esta opção deve-se ao facto de o Controlo 2B ser o posto a seguir ao *Burn In* e do tipo de testes efectuado no Controlo 2B englobar os testes efectuados no *Burn In*. Embora estes testes sejam repetidos no Controlo 2B, neste posto eles não são efectuados a altas temperaturas pelo que será “praticamente impossível “ de ter a certeza que eles serão apanhados no Controlo 2B, pois é impossível na realidade retirar o posto *Burn In* da linha de produção para realizar esse teste.

## 5 Os resultados da Simulação

### 5.1 Resultados obtidos com o posto *Burn In*

Para a obtenção de resultados mais acertados como já foi falado nos capítulos anteriores, a simulação teve de ser corrida várias vezes. Após correr algumas vezes a simulação com um número crescente de repetições, chegou-se à conclusão que a partir das 1000 repetições começavam-se a obter resultados semelhantes e estabilizados. Para ter uma noção mais correcta da tendência que se iria observar nos resultados foi decidido correr então a simulação 5 vezes com um número de 1000 repetições.

Destas simulações resultaram os vários histogramas presentes nos gráficos 2,3,4,5 e 6.

Como o número de repetições é de 1000, o número de classes escolhidas para o eixo horizontal foi de 30, ou seja, por exemplo a última barra do histograma da figura 2 representa a quantidade de valores observados entre 1160 e os 1200 auto rádios. Como podemos observar nos vários histogramas verifica-se uma tendência para o valor de número de rádios produzidos por turno ser à volta de 1080, o que coincide com a realidade da linha da PSA. A grande parte das medições ocorre mesmo dentro do intervalo entre os 1100 e os 1200 auto rádios, sendo que o número de auto rádios vai decrescendo gradualmente até aos 1200.

Para valores a rondar os 800 também acontece uma frequência significativa de medições, valor este justificado pelo facto de a ocorrência de algum defeito (TNF's, Pouco Grave, Grave) aumentar para o dobro o tempo da operação do posto e influenciar quase para metade o resultado de número de auto rádios produzido nesse turno. Estes valores obtidos são inerentes à simulação de Monte Carlo, pois com esta simulação ou vai correr “tudo bem” ou “tudo mal”. Daí a necessidade de um número de repetições muito elevado para esta nos fornecer os resultados mais fiáveis. Perto do número zero também acontecem algumas medições. Estas são os valores que ocorrem quando nesse turno acontece algum defeito Muito Grave, pois o modelo obriga à sua ida para o refugio.

A intenção da simulação não é ter em conta todos os factores presentes na linha de produção, pois isso levaria a uma complexidade muito elevada de simular (nem esta era a melhor ferramenta para o fazer), mas sim através dos factores mais importantes presentes na linha para obter um resultado muito interessante de uma forma simples de realizar.

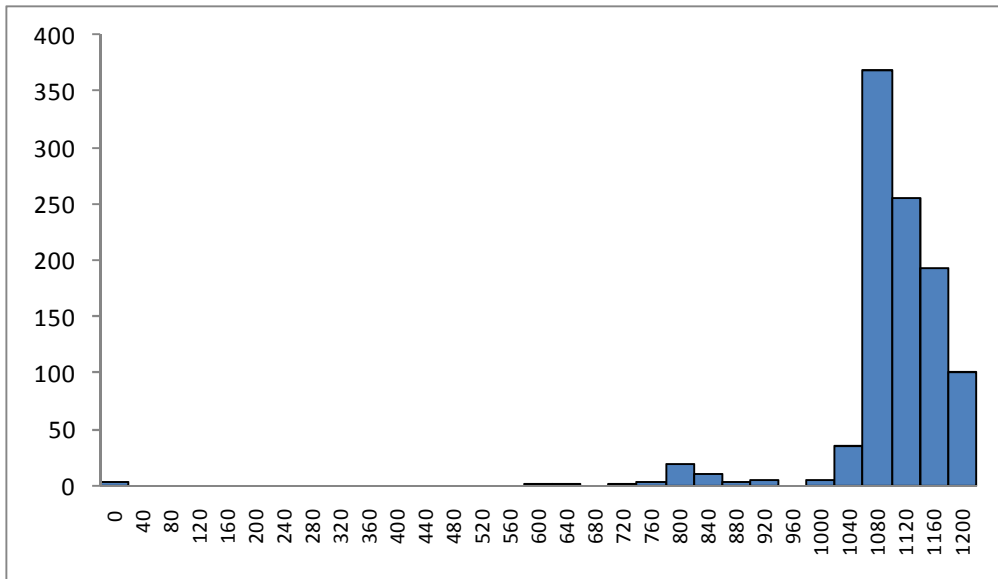


Gráfico 2: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 1ª simulação com o posto *Burn In*

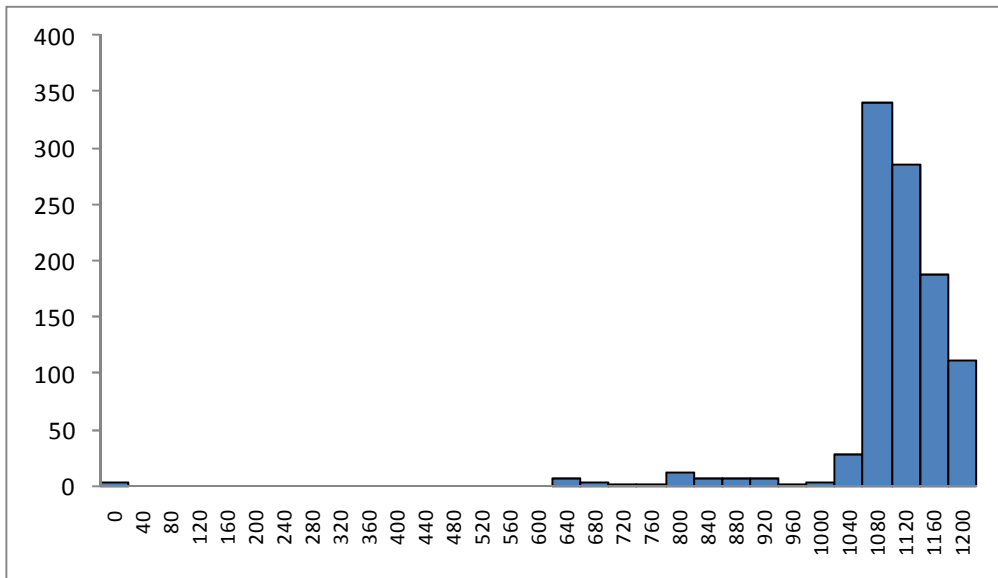


Gráfico 3: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 2ª simulação com o posto *Burn In*

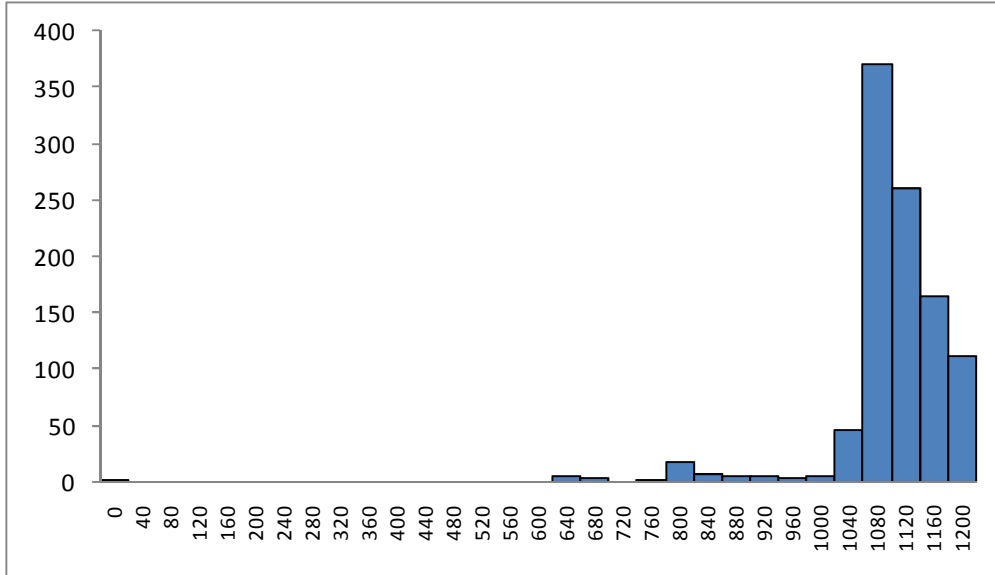


Gráfico 4: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 3ª simulação com o posto *Burn In*

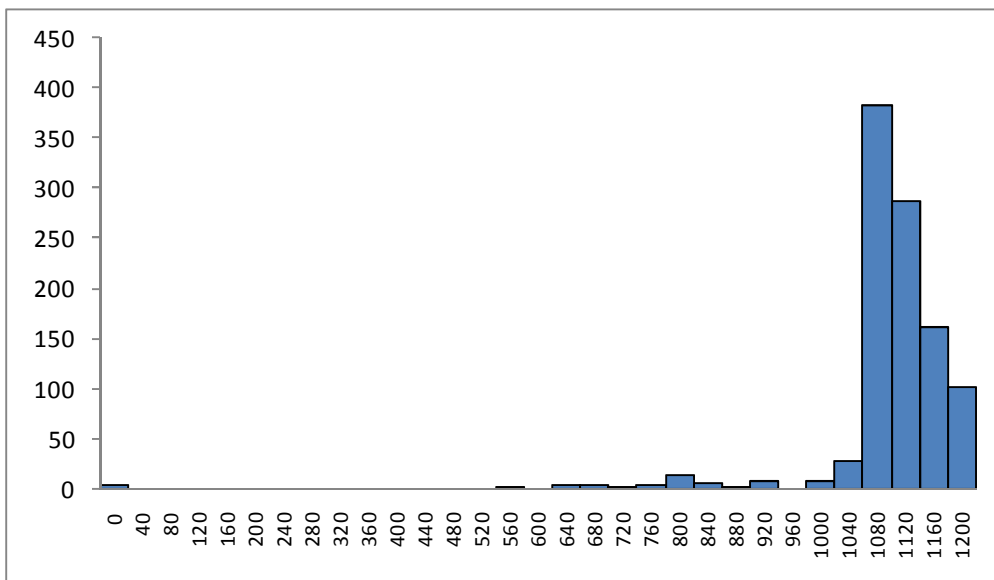


Gráfico 5: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 4ª simulação com o posto *Burn In*

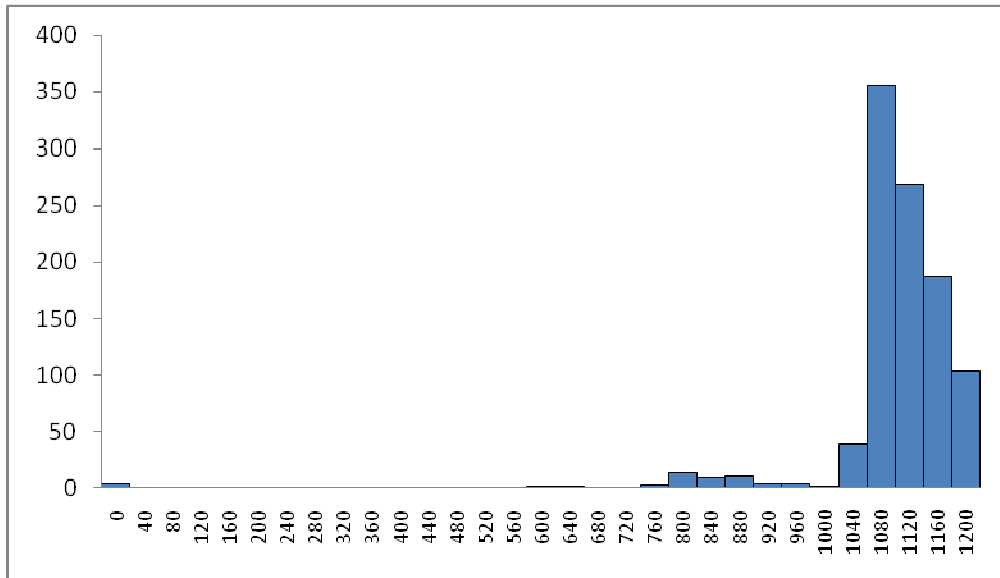


Gráfico 4: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 5ª simulação com o posto *Burn In*

## 5.2 Resultados sem o posto *Burn In*

Sem a presença do *Burn In* na folha de cálculo da simulação os resultados obtidos para o valor de número de rádios não foram muito diferentes dos observados com a presença do *Burn In*.

Destas simulações resultaram os vários histogramas presentes nos gráficos 7,8,9,10 e 11.

Da forma que é calculada o número de rádios produzidos por turno (tempo disponível/máximo tempo que demora o posto mais demorado da linha) o *Burn In* quase nunca é a *Bottleneck* da linha pelo que sem a sua presença na nova folha de cálculo também não resulta grande diferença.

Este acontecimento dever-se ao facto de apesar do auto rádio ficar bastante tempo dentro do *Burn In* (cerca de 30 minutos), esse tempo a dividir pela quantidade de lugares de auto rádios que o *Burn In* possui (108 lugares), resulta que a capacidade do *Burn In* seja em processo de trabalho contínuo sair um auto rádio de 16,67 em 16,67 segundos.

Na folha de cálculo realizada considerou-se que o *Burn In* possuía sempre esses 108 lugares para auto rádios disponíveis. Na realidade, este aspecto quase nunca sempre se verifica. E havendo um número elevado de fornos avariados o posto do *Burn In* até poderá ser o *Bottleneck* da linha.

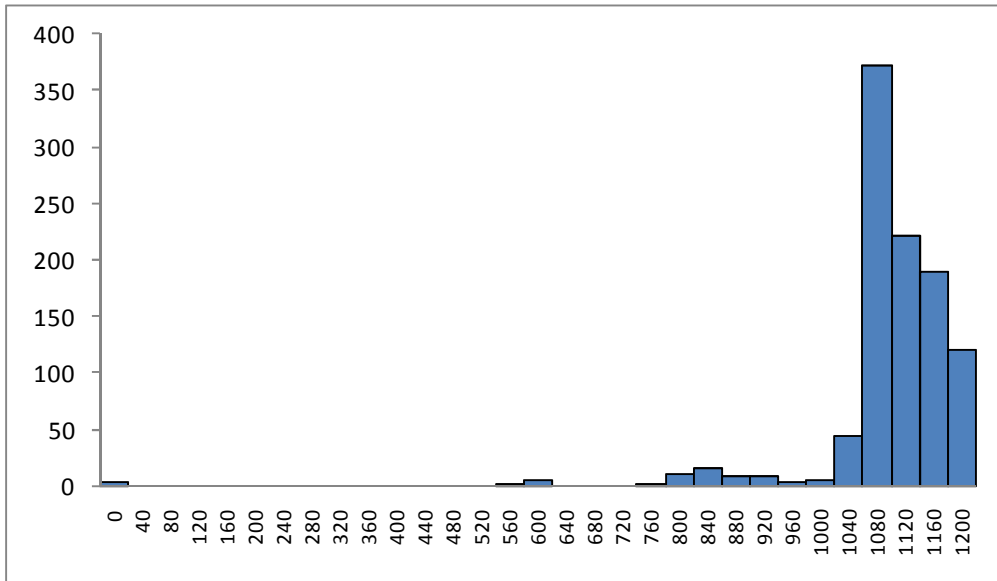


Gráfico 7: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 1ª simulação sem o posto *Burn In*

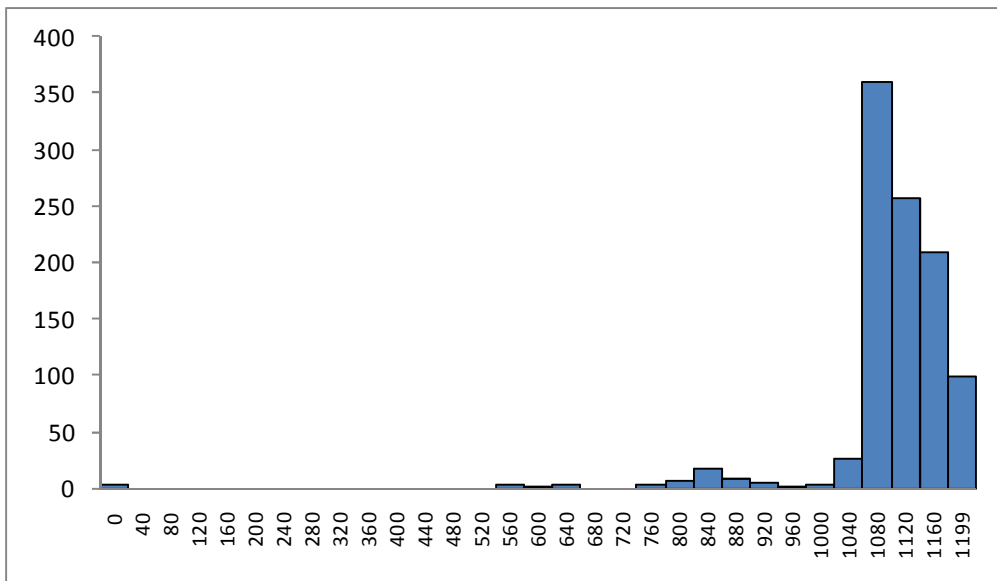


Gráfico 8: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 2ª simulação sem o posto *Burn In*

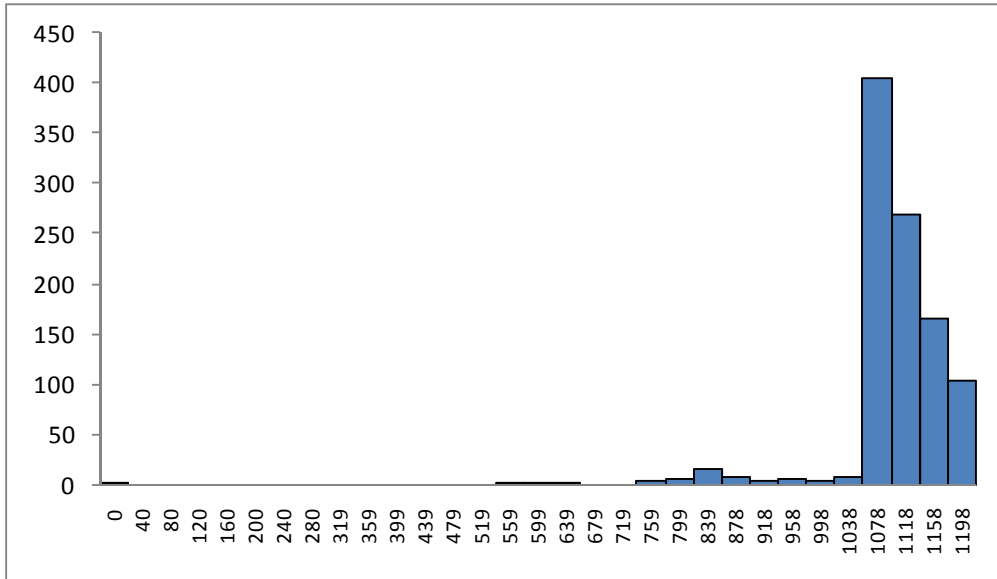


Gráfico 5: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 3ª simulação sem o posto *Burn In*

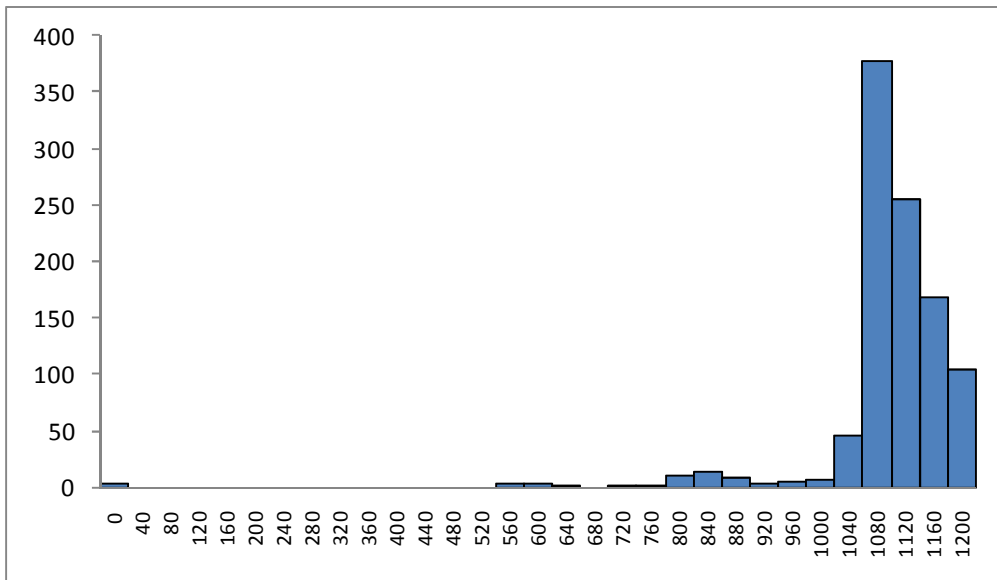


Gráfico 6: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 4ª simulação sem o posto *Burn In*

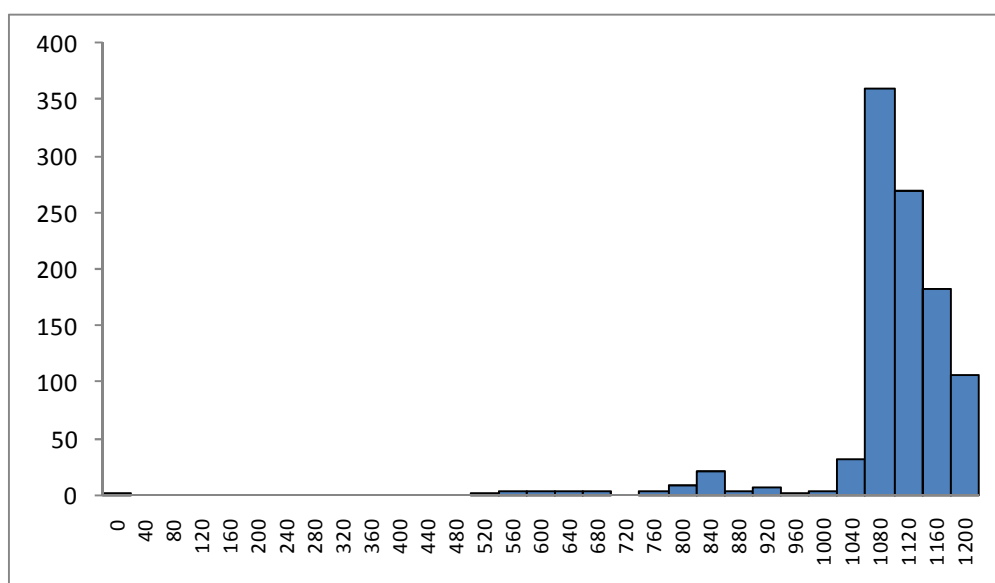


Gráfico 7: Resultado obtido para o nº de auto rádios na 5ª simulação sem o posto *Burn In*

### 5.3 Comentário aos resultados da Simulação

**Tabela 5:** Número de defeitos resultante das 5 simulações com posto *Burn In*

Simulação	TNF	PG	G	MG	SD
#1	27	4	1	2	24944
#2	36	4	8	2	24951
#3	40	8	4	1	24948
#4	28	5	9	2	24938
#5	47	8	11	2	24939

**Tabela 6:** Número de defeitos resultante das 5 simulações sem posto *Burn In*

Simulação	TNF	PG	G	MG	SD
#1	35	8	4	2	23946
#2	44	6	9	2	23935
#3	29	6	4	1	23954
#4	32	9	11	2	23930
#5	38	9	7	1	23953

Quanto ao número de defeitos Pouco Graves, Graves e Muito Graves também aqui não se nota grande diferença de resultados entre a linha com ou sem *Burn In*, o que se justifica pela reduzida taxa de defeitos do *Burn In* e também por estes passarem a ser contabilizados pelo Controlo 2 B.

Relativamente ao número de TNF's verifica-se uma ligeira diminuição em relação à linha de produção com o *Burn In*. Isto deve-se ao facto de a percentagem de TNF's do *Burn In* deixar de ser contabilizada pela eliminação deste posto.

Em termos de defeitos Pouco Graves e Graves estes acontecem poucas vezes o que também seria de esperar pelo histórico da linha de produção. Quanto aos defeitos Muito Graves estes ocorrem muito pouco ou mesmo não ocorrem, sendo também esta a realidade presenciada na linha da PSA.

Outros resultados obtidos da simulação como médias, desvios padrões, mínimos, máximos dos tempos obtidos para os vários postos da linha de produção podem ser consultados no anexo E.

Muitas vezes o tempo que demora a correr este género de simulações poderá ser um factor limitativo, o que não se verificou, visto que a simulação demora cerca de 20 segundos a correr usando o Microsoft Office Excel 2007 e fazendo 1000 repetições.

Esta simulação foi efectuada num computador portátil Asus de modelo F3JP com 1024 \*2 MB de memória RAM, e um processador Core 2 Duo T5600 de 1,86 GHz.

A versão do Excel também influencia grandemente no tempo da simulação, sendo bem mais lenta no Microsoft Office Excel 2003.

## 6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A realização do estágio curricular permitiu desenvolver um trabalho próximo e abrangente dentro de uma linha de produção em contexto industrial. Este contacto efectivo facultou uma visão profunda dos processos e actividades desenvolvidos e a consciência que o estudo e análise de um sistema produtivo obedecem a uma visão multidimensional das diferentes variáveis e componentes que o integram. Foi partindo deste princípio que se tomou em conta os múltiplos factores que influenciam a produtividade da linha de produção em estudo e que estiveram analisados para estudar a pertinência do posto de produção *Burn In* e a sua importância no processo na montagem dos auto rádios da linha 3 PSA (Peugeot/Citroën).

Uma boa parte da análise efectuada à linha 3 concretizou-se pela efectuação de uma simulação tendo em conta o binómio produtividade/qualidade.

Com a simulação da linha de produção pretendeu-se aproximar a realidade presente na linha da PSA, embora seja sempre complexo traduzir numa folha de cálculo a realidade de uma linha de produção. Para isso procedeu-se a uma análise de tempos e também de defeitos tendo em conta o passado da linha da PSA. Como resultado da simulação não se obteve um significativo aumento da produtividade da linha, devido ao posto *Burn In* não ser o factor limitativo (*Bottleneck*) da linha em termos de tempo. Em termos de defeitos constatou-se que o posto *Burn In* não tem um número significativo de defeitos detectado e apresenta um elevado número de *TNF*'s.

Para além dos dados recolhidos e agora referidos na simulação, analisou-se um conjunto de outros factores também muito importantes para fundamentar a pertença do posto *Burn In*, que foram objectos deste estudo.

Dentro destes factores temos o número de pessoas. Este factor tem muita importância, pois o número de pessoas presentes na linha de produção que estão usualmente a operar no posto *Burn In* varia entre uma e por vezes duas pessoas. Estas pessoas não estando no *Burn In* poderiam ser alocadas num outro posto de trabalho da linha, como por exemplo na Montagem Final. Sendo que este tem tendência a ser a *Bottleneck* da linha, podendo deste modo aumentar significativamente a produtividade da linha de Produção. Por outro lado, em termos de custos com pessoal e caso se venha a admitir que essa(s) operadora(s) não são uma mais-valia colocadas em outros postos de trabalho será menos um encargo financeiro para a empresa em termos de custos com pessoal.

Um outro factor de extrema importância é o espaço ocupado pelo posto *Burn In*. Considerando numa perspectiva mais geral de toda a Blaupunkt e podendo-se retirar o *Burn In* de todas as linhas de auto rádios existentes no piso 1 e com alguma reorganização até se

obtinha espaço para a criação de uma outra linha de auto rádios ou até para outros projectos de maior interesse para a empresa.

Igual factor de eminente importância para a pertinência do posto *Burn In* na linha de produção são os gastos de manutenção deste equipamento. Sendo o *Burn In* um equipamento pesado, complexo e de alguma forma antiquado, este necessita de alguma mão-de-obra especializada para a sua manutenção como mecânicos e técnicos de software. Estes significam, por um lado encargos financeiros para a empresa em custos com pessoal, como por outro lado, menos tempo disponível desses técnicos para responder as necessidades das linhas de produção nos outros postos de trabalho.

Outro factor interessante de verificar no presente relatório foram os gastos energéticos. Estes custos são de uma grandeza bastante relevante. Contabilizando ao fim de um ano estes encargos com electricidade provocam um elevado gasto para a empresa e para além de ser um factor com um peso cada vez maior devido à inflação do seu preço.

Como proposta para o futuro poderá a Blaupunkt passar a realizar o teste do *Burn In* apenas por amostragem, diminuindo assim o número de fornos e todos os gastos a eles associados. Com o tempo poderá avaliar os resultados dessa decisão, sendo que posteriormente poderá levar à sua eliminação.

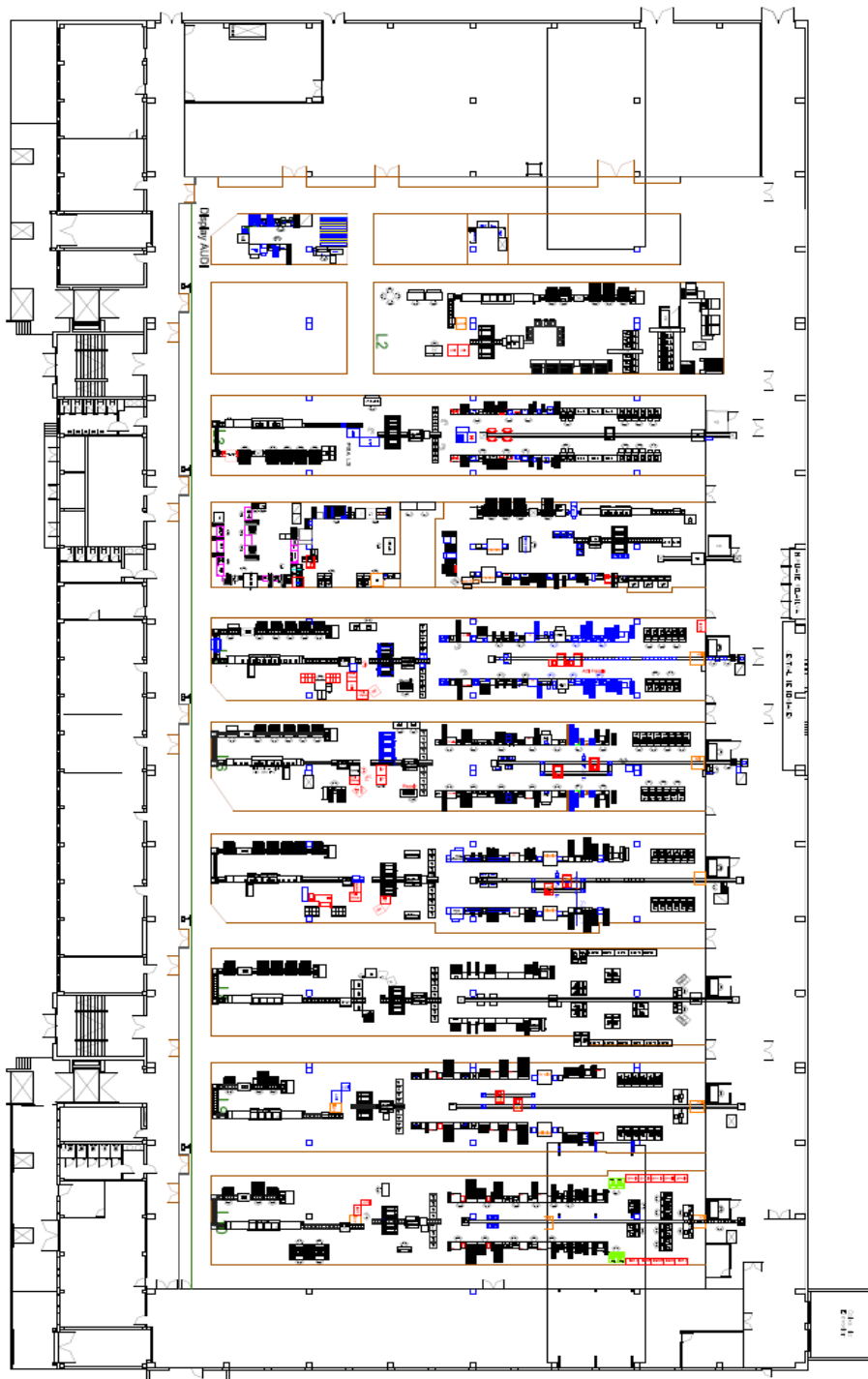
Como término da realização deste estudo conclui-se que o posto *Burn In* é um sistema de controlo dispensável para a implementação na linha estudada. Para além dos baixos índices de erros que este detecta este implica um aumento dos custos de produção e manutenção, maior ocupação do parque industrial, e maiores despesas com recursos humanos.

Com a finalização deste relatório, não se pode deixar de referir que o estágio realizado permitiu a aplicação das tarefas inicialmente propostas no plano de actividades, tendo sido esta uma experiência formativa muito importante ao nível das aplicações de conteúdos teóricos apreendidos ao longo do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, mas também ao nível das aprendizagens organizacionais. Considera-se que este estágio permitiu desenvolver competências e conhecimentos essenciais para futuro profissional, e forneceu uma mais-valia para aplicação no mercado de trabalho. A possibilidade de observar e perceber o funcionamento e estrutura de uma grande empresa como é a Blaupunkt e os seus diferentes processos foi dos aspectos mais importantes e que certamente terá uma grande utilidade no futuro.


## 7 Referências e Bibliografia

- [1] [http://helenagmartins.googlepages.com/avaliacao\\_do\\_impacte\\_dos\\_processos\\_rvcc\\_nas\\_organizacoes.pdf](http://helenagmartins.googlepages.com/avaliacao_do_impacte_dos_processos_rvcc_nas_organizacoes.pdf)
- [2] In <http://www.bosch.pt/content/language1/html/867.htm>
- [3] Retirado de documentos internos da Blaupunkt
- [4] Guimarães e Cabral. “Estatística”, McGraw-Hill 1997
- [5] In Bits & Bytes – Açoriano Oriental – 9 de Junho de 2007
- [6] S. Christian Albright, “VBA For Modelers”, Thomson 2007

## ANEXO A: Layout do piso 1 da Blaupunkt




**ANEXO B: Standardized work dos vários postos de trabalho da linha PSA**

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1/5		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 5	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Placa vem na linha		3,0	0,0	0,0
2	Preparar flat cable	4,08			
3	Encaixar flat cable	2,28			
4	Encaixar caixa de ligação, e ficha conectora	4,26			
5	Encaixar condensador e bobine	4,32			
Soma [(s)]		14,94	3,0	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]		14,94			


Figura 31: Standardized work da Manual 1

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 2/5		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 5	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Encaixar condensador, bobine	4,80		0,0	0,0
2	Encaixar 2x bobines	5,13			
3	Pegar e encaixar bobine 092, bucha de antena, accionar botão placa avança	5,58			
4					
5					
Soma [(s)]		15,51	0,0	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]		15,51			


Figura 32: Standardized work da Manual 2

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 3/5		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 5	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar IC, colocar na ranhura do dispositivo, dissipador, aparafusar 2x parafusos, retirar e encaixar na placa	14,40	0,0	0,0	0,0
2	Pegar e encaixar parede lateral	4,08			
3					
4					
5					
Soma [(s)]		18,48	0,0	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]		18,48			


Figura 33: Standardized work da Manual 3

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 4/5		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 4	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>		Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar 2x IC's, parede lateral e aparafusar 2x parafusos e encaixar parede na placa	14,04	0,0	0,0	0,0
2	Pegar e encaixar parede frontal, accionar botão placa avança	5,16			
3					
4					
Soma [(s)]		19,20	0,0	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]		19,20			


Figura 34: Standardized work da Manual 4

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 5 / 5		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 5	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>		Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar chassi, colocar na base, fechar a tampa do dispositivo e aparafusar 5x parafusos, abrir a tampa	12,30	0,0	0,0	0,0
2	Pegar e colar etiqueta tipo na parede lateral, colocar chassi na linha e carimbar chassi	7,86			
3					
4					
5					
Soma [(s)]		20,16	0,0	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]		20,16			

Figura 35: Standardized work da Manual 5

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1/1		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat 5	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>		Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pega chassi da linha de transporte, coloca rádio para teste e acciona botão	4,09		0,0	0,0
2	Tempo de teste AOI	13,77			
3	Deslocamento ao ICT				2,8
4					
5					
Soma [(s)]		17,86	0,00	0,0	2,78
Tempo de ciclo total [(s)]		20,64			

Figura 36: Standardized work do AOI

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 25,60
Total de seqüências de trat	4	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pega rádio do AOI, retira rádio do ICT, coloca rádio para teste e acciona botão	2,78		0,0	0,0
2	Tempo de teste ICT		29,90		
3	Pega rádio controlado e coloca na linha de transporte				2,06
4	Desloca-se para o AOI				2,25
Soma [(s)]		2,78	29,90	0,0	4,31
Tempo de ciclo total [(s)]					7,09

Figura 37: Standardized work do ICT

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1/1		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador José Neto/ Luísa Barros	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 23,68
Total de seqüências de trat	2	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Controlo 1		16,10		
2	Tempo de Espera				
Soma [(s)]		0,00	16,10	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]					0,00


Figura 38: Standardized work do Controlo 1

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1 / 1		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/Filipe Neto	Data 29.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat	2	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Retirar blenda do tapete				1,5
2	Controlo electrico da blenda	22,05			
Soma [(s)]		22,05	0,0	0,0	1,5
Tempo de ciclo total [(s)]					23,55


Figura 39: Standardized work do Controlo de Blendas

StAB - Entrada de dados		Seção	Linha / Célula	Produto / nº de tipo / Família	
Sequência de operadores / Total		MOE23	Linha 3	T6 / B5 SX2	
1 / 2		Rui Albuquerque	Luísa Barros/Filipe Neto	11.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat	10	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Retirar EDT do container e colocar na base	1,80			
2	Pegar e colocar <i>encoder</i>	5,06			
3	Clinch do <i>encoder</i>	1,86			
4	Pegar blenda do tabuleiro e colocar na base, retirar proteção plástica	3,64			
5	Pegar e colocar key pad em cima da blenda	3,69			
6	Partir placa do edt e colocar em cima do key pad	3,30			
7	Deslocamento ao aparafusamento automático				2,25
8	Colocar blenda na base, fechar tampa do dispositivo de aparafusamento	2,27			
9	Deslocamento ao posto de montagem				2,25
10	Aparafusamento automático de 7x parafusos		34,5		
Soma [(s)]		21,62	34,5	0,0	4,5
Tempo de ciclo total [(s)]					26,12


Figura 40: Standardized work da Montagem de Blendas 1

StAB - Entrada de dados		Seção	Linha / Célula	Produto / nº de tipo / Família	
Sequência de operadores / Total		MOE23	Linha 3	T6 / B5 SX2	
2 / 2		Rui Albuquerque	Luísa Barros/Filipe Neto	11.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat	12	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar blenda da base de aparafusamento e colocar na base de soldar	3,69			
2	Pegar ferro e fio de solda	2,11			
3	Soldar 6x pontos do <i>encoder</i>	20,98			
4	Pousar ferro e fio de solda	1,50			
5	Abrir tampa do dispositivo, retirar blenda	1,47			
6	Verificar soldadura do <i>encoder</i> à lupa e carimbar	2,20			
7	Deslocamento para a base de montagem do botão				2,43
8	Pegar botão e encaixar em cima do <i>encoder</i>	2,37			
9	Preisar botão	1,37			
10	Retirar e colar etiqueta tipo na blenda	3,57			
11	Transportar para o tapete	2,36			
12	Deslocamento ao posto de montagem				2,00
Soma [(s)]		41,62	0,0	0,0	4,4
Tempo de ciclo total [(s)]					46,05


Figura 41: Standardized work da Montagem de Blendas 2

StAB - Entrada de dados		Seção	Linha / Célula	Produto / nº de tipo / Família	
Sequência de operadores / Total		MOE23	Linha 3	T6 / B5 SX2	
1/2		Rui Albuquerque	Luísa Barros/ José Neto	10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat	8	Import	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pega radio do controlo 1 e coloca rádio no dispositivo.	7,99			0,0
2	Pega na blenda controlada e associa ao chassi. Controlo tamanho dos pernos da radial e carimba	9,24			
3	Pega na tampa inferior, monta-a no aparelho e fecha tampa do dispositivo	6,48			
4	Acciona botoneira e aperta parafuso da mola	9,09			
5	Acciona botoneira e aperta parafuso da mola	9,09			
6	Acciona botoneira para colocar dispositivo na posição inicial e abre a tampa	2,25			
7	Load do chassi na base do aparafusamento automático	3,18			
8	Aparafusamento automatico 6x parafusos tampa inferior		25,3		
Soma [(s)]		47,32	25,3	0,0	0,0
Tempo de ciclo total [(s)]					47,32


Figura 42: Standardized work da Montagem Final 1

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 2/2		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 10.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat 9	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Shaker		21,3		
2	Pega Pino e encaixa no dispositivo, retirar chassi do shaker e encaixar no pino guia	11,34			
3	Retirar chassi do diagnóstico e colocar no kit na linha de transporte	5,15			
4	Colocar novo chassi no diagnóstico	2,14			
5	Pega mecanismo, tira do saco, controla os condensadores e carimba e monta	13,08			
6	Preparar tampa superior com 2x tacos e encaixar no aparelho	9,54			
7	Fecha tampa do dispositivo, pega 4xparafuso, aparafusa e abre tampa	10,02			
8	Desloca-se para o diagnóstico (Posto seguinte)				2,40
9	Diagnóstico		12,8		
Soma [(s)]		51,27	34,1	0,0	2,4
Tempo de ciclo total [(s)]					53,67


Figura 43: Standardized work da Montagem Final 2

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1 / 1		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/Filipe Neto	Data 11.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 47,36
Total de seqüências de trat 12	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Retirar rádios das bases e colocar nos adaptadores	1,50	0,00	0,0	0,0
2	Retirar rádios dos kit's (transporte de linha) e colocar nas bases	1,79	0,00	0,0	0,0
3	Controlo visual e carimbar	5,11	0,00	0,0	0,0
4	Teste de teclas	6,75	0,00	0,0	0,0
5	Colocar CDs nos rádios	1,61	0,00	0,0	0,0
6	Retirar CDs dos rádios	1,77	0,00	0,0	0,0
7	Deslocamento ao Burn-In	0,00	0,00	0,0	1,3
8	Colocar rádios nos fornos	1,99	0,00	0,0	0,0
9	Deslocamento ao posto de trabalho	0,00	0,00	0,0	2,4
10	Retirar rádios dos fornos	2,78	0,00	0,0	0,0
11	Transportar rádios e colocar nos kit's	2,75	0,00	0,0	0,0
12					
Soma [(s)]		26,05	0,0	0,0	3,7
Tempo de ciclo total [(s)]					29,70


Figura 44: Standardized work do Controlo 2A

<b>StAB - Entrada de dados</b>		Seção MOE 23	Linha / Célula Linha 3	Produto / nº de tipo / Família T6 / B5 SX2	
Seqüência de operadores / Total 1/1		Supervisor Rui Albuquerque	Planejador Luísa Barros/ José Neto	Data 11.04.08	Ciclo Planejado [(s)] 142,09
Total de seqüências 10	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%] 100	

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar rádio e colocar no adaptador	4,0	0,0		
2	Tempo de teste/ controlo visual de outro aparelho	35,6	0,0		
3	Insero CD BP1 no rádio 1 e 2 em simultâneo	6,4	0,0		
4	Tempo de teste/ Retirar CD	10,3	0,0		
5	Teste de teclas	13,1	0,0		
6	Teste com visor	6,8	0,0		
7	Tempo de testes	0,0	63,4		
8	Pegar e colocar selo de garantia e carimbar	14,3	0,0		
9	Colocar rádio no Kit para posto seguinte	0,0	0,0		2,8
10	Retirar rádio do Kit e colocar na base	0,0	0,0		2,5
Soma [(s)]		90,6	63,4	0,0	5,3
Tempo de ciclo total [(s)]					95,9

Figura 45: Standardized work do Controlo 2B

StAB - Entrada de dados		Seção	Linha / Célula	Produto / nº de tipo / Família	
Seqüência de operadores / Total		Supervisor	Planejador	Data	Ciclo Planejado [(s)]
1 / 1		Rui Albuquerque	José Neto/ Luísa Barros	11.04.08	118,40
Total de seqüências de trat	21	<input type="button" value="Import"/>	Unidade de tempo Segundos <input checked="" type="checkbox"/> Minutos <input type="checkbox"/>	Idioma português	Grau de eficiência [%]
					100

nº	Descrição	manual	autom.	manual 2	Deslocamento
1	Pegar e colocar saco plástico na blenda	3,85	0,0	0,00	
2	Pegar e colar etiqueta do cliente na tampa superior	4,11	0,0	0,00	
3	Colocar rádio na caixa	3,95	0,0	0,00	
4	Pegar e colocar saco plástico na blenda - 2 rádio	3,85	0,0	0,00	
5	Pegar e colar etiqueta do cliente na tampa superior - 2 rádio	4,11	0,0	0,00	
6	Colocar rádio na caixa - 2 rádio	3,95	0,0	0,00	
7	Pegar e colocar saco plástico na blenda - 3 rádio	3,85	0,0	0,00	
8	Pegar e colar etiqueta do cliente na tampa superior - 3 rádio	4,11	0,0	0,00	
9	Colocar rádio na caixa - 3 rádio	3,95	0,0	0,00	
10	Pegar e colocar saco plástico na blenda - 4 rádio	3,85	0,0	0,00	
11	Pegar e colar etiqueta do cliente na tampa superior - 4 rádio	4,11	0,0	0,00	
12	Colocar rádio na caixa 4 rádio	3,95	0,0	0,00	
13	Pegar e colocar saco plástico na blenda - 5 rádio	3,85	0,0	0,00	
14	Pegar e colar etiqueta do cliente na tampa superior - 5 rádio	4,11	0,0	0,00	
15	Colocar rádio na caixa - 5 rádio	3,95	0,0	0,00	
16	Colocar styropor em cima dos rádios - 5 rádios	2,46	0,0	0,00	
17	Colocar tampa superior a fechar a caixa de 5 aparelhos	3,84	0,0	0,00	
18	Cintar caixa de 5 aparelhos	4,30	0,0	0,00	
19	Transportar caixa de 5 aparelhos para a palete	6,30	0,0	0,00	
20	Transportar caixa vazia de 5 aparelhos para a mesa de trabalho	5,80	0,0	0,00	
21	Colar etiqueta índice na caixa de 5 aparelhos	6,30	0,0	0,00	
	Soma [(s)]	88,55	0,0	0,0	0,0
	Tempo de ciclo total [(s)]		88,55		

Figura 46: Standardized work da Embalagem

## ANEXO C: Conjunto das durações das medições em cada posto da linha por auto rádio na Linha da PSA

Valor Esperado	POSTO	Medições do tempo de trabalho para cada posto da linha por auto rádio (em segundos)									
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
14,94	Manual 1	14,4	14,4	13,2	11,4	19,8	15,6	15,6	15,6	15	14,4
15,51	Manual 2	14,3	15,1	14,9	13	19,5 <sup>1</sup>	15,3	17,1	15,2	16,5	14,2
18,48	Manual 3	19,2	19,2	21	16,8	16,8	18	20,4	15	16,8	21,6
19,2	Manual 4	15,6	16,6	19,6	20,2	19,6	18,4	19	20,2	22	20,8
10,4	Clinch	Tempo fixo (máquina)									
20,16	Manual 5	17,4	18,8	19,8	20,6	19,6	20,4	19,9	21,3	23	20,8
13,5	Terolan	Tempo fixo (máquina)									
22	EPM	Tempo fixo (máquina)									
20,64	AOI	19,1	21,8	19,5	20,9	20,1	21,6	19,4	22,5	20,5	21
7,09	ICT	7,9	6,7	6,4	7,3	7,2	6,9	6,5	7,4	7,1	7,5
16	Flash	Tempo fixo (máquina)									
15,5	Fresa	Tempo fixo (máquina)									
16,1	Controlo 1	15,5	14,9	16	15,3	16,1	17,1	15,9	16,8	17,5	15,9
11,775	Controlo blendas	15,1	11,2	10,35	11,05	12	12,8	12,15	12,6	10,05	10,45
13,06	Montagem Blendas 1	13,7	11,95	15,15	13,1	12,95	11,65	10,95	11,3	14,4	15,45
23,025	Montagem Blendas 2	26,15	22,95	24,3	19,95	25,5	25,1	22,65	21,55	20,1	22
23,66	M. Final 1	24,25	23,55	20,95	22	25,1	25,45	24,45	23,8	24,5	22,55
13,4175	M. Final 2	14,75	14,1	12,675	12,4	14,2	12,925	13,75	12,975	12,15	14,25
13,43	Diagnóstico	Tempo fixo (máquina)									
14,85	Controlo 2 A	13,25	15,5	14,9	15,8	13,2	14,1	16,15	15,55	14,7	15,35
16,67	Burn In	Tempo estimado									
13,2	AOI blenda	15,4	12,4	13,8	13,6	14,4	13,1	12	13,3	12,6	11,4
15,9833	Controlo 2 B	16,52	16,03	14,92	15,13	16,22	14,25	16,43	17,60	16,58	16,15
13,68	AOI rear view	14,4	16,8	13,8	13,2	12,6	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
17,71	Embalagem	17,46	18,68	18,08	17,56	17,9	17,32	16,78	17,78	18,72	16,82

<sup>1</sup> Os elementos sombreados não foram contabilizados para a análise dos histogramas, pois são valores extremos.

## ANEXO D: Alguns dos testes realizados na Linha de Produção

	Switch Board	Module Twin Tuner	Front Cap	Engraving	ICT	Control 1	Diagnose	Control 2A	Burn In	AOI Fascia	Control 2B	Packing	AOI Rear View	Objective Evaluation	Subjective Evaluation	Cp, Cpk	Cg, Cgk	notes	
<b>Process Tests</b>																			
Process Status Tracking			v	v	v	v	tbc	v	v	v	v	v	v	v					
Good or Fail (GOF) Results	v	v	v	v	v	v	tbc	v	v	v	v	v	v	v					
Datalogger Results	v	v	v		v	v		v	v	v	v		v	v					On Request
Repairing Results	v	v	v		v	v	tbc	v	v	v	v		v	v					
Automatic Stamp	v	v			v														
Warranty Stamp										v		v	v						
<b>Diagnose via CAN</b>																			
							v												
<b>Block Functions</b>																			
Main Microprocessor						v		v			v			v					
Audio Processor						v		v			v			v					
IF Processor						v		v			v			v					
Power Supply						v		v			v			v					
Internal Power Supply (UBAT,U141,U51,U85,U75...)						v								v					
Ignition							v												SW via CAN Bus
Permanent Supply						v		v			v			v					
CD + MP3 (Preamp,Voltage Regulation,Audio)								v			v			v					MP3 when existing
Watchdog Test						v								v					
Tuner (Tina/Twin) FM/AM						v		v			v			v					
Power Amplifier						v		v			v			v					
Pre-Amplifier						v		v			v			v					
CDC Interface						v								v					CAN Bus "self-test"
CDC Connection (Audio/ + PERM CDC)						v					v			v					Audio Control1 only
Keyboard / Encoder			v					v			v			v	v				
Front Cap Illumination / Encoder LEDs	v		v					v			v			v	v				
Memory (Flash PROM / E2Prom)						v		v			v			v					
Mute (Telephone)						v								v					
Switched Output (U14B)						v		v						v					
CAN Interface (Self-Test Check)						v								v					
CAN Interface (External CAN-box)								v			v				v				
Antenna Phantom Voltage						v					v			v					
Antenna Phantom Current via uProcessor						v		v			v			v					

	Switch Board	Module Twin Tuner	Front Cap	Engraving	ICT	Control 1	Diagnose	Control 2A	Burn In	AOI Fascia	Control 2B	Packing	AOI Rear View	Objective Evaluation	Subjective Evaluation	Cp, Cpk	Cg, Cgk	notes
<b>Test Parameters</b>																		
<b>Radio</b>																		
Internal and External FLASH PROM Programming						v								v				
E2Prom Programming						v								v				
CRC Check						v					v							
Current Consumption with 4 Outputs						v					v			v				
Standby Current											v			v			v	spec=1.5mA
Residual Output at Min. Volume											v			v				
Volume Uniformity at FM/CD											v			v				
Mechanical Evaluation											v		v	v	v			
Fader and Balance											v			v				
Gala Function																		via CAN
AUX1, AUX2						v								v				
14V Sw Booster in Charge																		
FM Main Channels Uniformity						v		v						v				
FM Line Out Channels Uniformity												v		v				
FM Line Out Channels Distortion / Separation												v		v		v	v	
FM Main Channels Distortion												v		v				Under Voltage
AGC FM						v								v				
AGC AM						v								v				
Program Search/StopLevel (FM/MW/LW)						v					v			v				Software Adjusted
Test Search/Stop Levels (FM/MW/LW)						v					v			v				
Maximum Useful Output Power											v			v			v	Under Voltage
Maximum Output Current ; Vol Max											v							
RDS														v				
Subjective Audio Test															v			Plopps, Noise
Start Mono / Stereo Commutation														v				
Final Mono / Stereo Commutation														v				
Delivery State Programming														v				via Maus Bus
Front Cover Matching														v				
Tuner Matching														v				
AAS Park Pilot						v								v				
Control SW version/date						v		v			v			v				Via Maus Bus
CMMR - Common Mode Rejection						v								v				AUX1/2 and CDC
<b>Fascia Inspection</b>																		
Laser Print														v				
MP3 Logo														v				
Ribon														v				When Existing
Screws														v				
Fascia back cover														v				When Existing
Labels														v				
Springs Inclination														v				
Back Bolt														v				
Connector Box														v				
Antenna Box														v				
<b>Tuner</b>																		
SW Alignment		v				v								v				yes
Tuning-Voltage Check		v												v				
FM Sensitivity		v				v		v			v			v		v	v	
MW Sensitivity		v						v			v			v			v	
LW Sensitivity		v						v			v			v				
FM (S+N)/N		v				v					v			v		v	v	
Individual Tuner Test						v					v			v				
<b>CD + MP3</b>																		
CD Channel Difference														v				MP3 when existing
CD Channel Inverted/Changed														v				Under voltage in Control2
AF FR Measure								v	v		v			v				
AF FL Measure								v	v		v			v				
AF RR Measure								v	v		v			v				
AF RL Measure								v	v		v			v				
Eject								v	v		v			v				
CD Consumption								v	v		v			v				overall power
Subjective Noise Measurement								v										
Change Folder and Signal Measurement																		MP3
THD														v		v		under voltage

	Switch Board	Module Twin Tuner	Front Cap	Engraving	ICT	Control 1	Diagnose	Control 2A	Burn In	AOI Fascia	Control 2B	Packing	AOI Rear View	Objective Evaluation	Subjective Evaluation	Cp, Cpk	Cg, Cgk	notes	
<b>CD + MP3 Mechanism</b>																			
Diagnose via CAN							v												
Read Hardware Version								v			v			v					
Read Software Version								v			v			v					
<b>CDC</b>																			
CDC Channel Crosstalk						v								v					
CDC Channel Inverted/Changed						v								v					
CDC 14V Permanent / Switched						v								v					
<b>Front Keys</b>																			
Click Point			v					v			v				v				
Mechanical Evaluation			v					v			v				v				
All Keys			v					v			v			v	v				
Encoder			v					v			v			v	v				
<b>Pins of Terminal Box</b>																			
A 1 - +RR						v	v	v	v		v			v	v				
A 2 - +RF						v	v	v	v		v			v	v				
A 3 - +LF						v	v	v	v		v			v	v				
A 4 - +LR						v	v	v	v		v			v	v				
A 5 - -RR						v	v	v	v		v			v	v				
A 6 - -RF						v	v	v	v		v			v	v				
A 7 - -LF						v	v	v	v		v			v	v				
A 8 - -LR						v	v	v	v		v			v	v				
A 9 - nc																			
A 10 - CAN H						v	v	v			v			v	v				
A 11 - 12 V switched						v	v				v			v	v				
A 12 - General power supply						v	v	v	v		v			v	v				
A 13 - CAN L						v	v	v			v			v	v				
A 14 - MUTE						v					v			v	v				
A 15 - nc																			
A 16 - General power ground						v	v	v	v		v			v	v				
B 1 - AUX 2 R +						v	v							v	v				
B 2 - AUX 2 - (GND)						v	v							v	v				
B 3 - nc																			
B 4 - AUX 1 R +						v	v		v		v			v	v				
B 5 - nc																			
B 6 - nc																			
B 7 - AUX 2 L +						v	v							v	v				
B 8 - nc																			
B 9 -																			
B 10 - AUX 1 L +						v	v		v		v			v	v				
B 11 - AUX 1 - (GND)						v	v		v		v			v	v				
B 12 - nc																			
C 1 - CDC GND						v					v			v	v				
C 2 - CAN L CDC						v					v			v	v				
C 3 - 12V permanent CDC						v					v			v	v				
C 4 - CDC AF R+						v	v				v			v	v				
C 5 - nc																			
C 6 - nc																			
C 7 - CAN H CDC						v					v			v	v				
C 8 - CDC audio (GND)						v	v				v			v	v				
C 9 - 12 V switched											v			v	v				
C 10 - CDC AF 1L +						v	v				v			v	v				
C 11 - nc																			
C 12 - nc																			

## ANEXO E: Resultados da Simulação

	# rádios	Tempo	Contar "A,B,C,D,E"					Tempo Esperado																									
			A	B	C	D	E	M1	M2	M3	M4	Clinch	M5	Terola	EPM	AOI	ICT	Flash	Fresa	Contr	Contr	Monta	Monta	M. Fin	M. Fin	Diagn	Contr	Burn	AOI	BI	Contr	AOI	re Emb.
Min	0	382,23421	0	0	0	0	23	8,56	11,8	15	15	10,4	15,6	13,5	22	19,1	6,4	16	15,5	14,9	10,1	11,3	20	22	12,2	13,4	13,2	16,7	11,4	14,3	13,7	16,8	
Max	3	1199,9538	490,81401	2	1	1	1	25	15,4	20	42,1	23,6	10,4	40,5	27	44	42,8	15	32	31	34,5	12,8	15,4	25,6	25,4	14,7	25,9	23,7	33,3	27,6	34,9	13,7	18,7
Average	1078,7033	400,20985	0,047	0,003	0,005	0,001	24,933	15	15,5	18,3	19,2	10,4	20,2	13,5	22	20,9	6,99	16	15,5	16,3	11,4	13,3	22,7	23,7	13,4	13,5	14,7	16,8	12,9	16,2	13,7	17,7	
Stdev	93,522354	6,738378	0,2165	0,0547	0,0706	0,0316	0,2542	2,09	1,16	2,17	1,48	0	1,69	0,43	0,7	1,61	0,54	0,51	0,49	1,16	0,81	1,24	1,63	0,97	0,4	0,6	1,42	1,29	1,09	2,19	0	0,57	
Median	1082,4793	399,48905	0	0	0	0	25	15,1	15,5	18,2	19,2	10,4	20,2	13,5	22	20,8	6,97	16	15,5	16,2	11,3	13,4	22,6	23,7	13,4	13,4	14,7	16,7	12,9	15,9	13,7	17,7	
5th percentile	1020,4963	391,51678	0	0	0	0	24	11,8	13,6	15,4	16,8	10,4	17,8	13,5	22	19,3	6,46	16	15,5	15	10,2	11,5	20,2	22,2	12,3	13,4	13,3	16,7	11,5	14,4	13,7	16,9	
95th percentile	1175,9262	411,19008	0	0	0	0	25	18,5	17,4	21,2	21,9	10,4	22,6	13,5	22	22,3	7,46	16	15,5	17,4	12,7	15,2	23,2	23,3	14,6	13,4	16	16,7	14,2	17,5	13,7	18,6	

Calcular

Histograma

Repetição	TNF	PG	G	MG	Sem Defeito																										
	47	3	5	1	24933																										
1	1062,2789	399,04649	0	0	0	25	18,2	15,6	20,7	18,3	10,4	20,6	13,5	22	19,4	6,48	16	15,5	17,2	11,6	14,1	23,4	22,3	12,3	13,4	14,7	16,7	12	15,4	13,7	18
2	1063,0642	394,72173	0	0	0	25	16,2	16	19,7	19,5	10,4	22,2	13,5	22	22,3	6,48	16	15,5	16,8	11,3	14,8	24,1	23,5	14,2	13,4	13,8	16,7	12,6	17,4	13,7	17,1
3	1065,861	394,81401	2	1	1	25	15,4	15,8	21,4	18,4	10,4	17,2	13,5	22	20,7	6,85	16	15,5	17	11,7	11,9	21	22,2	13,4	13,4	13,6	16,7	12,6	17,6	13,7	17,9
4	1039,7366	402,41018	0	0	0	24	11,6	15,8	19,1	21,8	10,4	20	13,5	22	20	6,25	16	15,5	16,3	11,8	12,3	22,1	22,3	14,3	13,4	13,5	16,7	12,8	15	13,7	17,4
5	1043,5757	402,68979	1	0	0	25	15,2	13,9	17,2	19,6	10,4	17,7	13,5	22	21,7	6,74	16	15,5	15,4	11,2	14,2	24,6	22,6	13,2	13,4	15,4	16,7	14,2	14,6	13,7	18
6	1113,986	404,58259	0	0	0	25	18,3	15,4	17,2	23,6	10,4	21,3	13,5	22	21,1	7,24	16	15,5	15,1	11,9	13,3	24,7	22,9	14,4	13,4	13,4	16,7	12	15,9	13,7	17,7
7	1056,8764	399,01723	0	0	0	25	13,8	15,6	18,6	18,1	10,4	21,5	13,5	22	20	6,76	16	15,5	16,9	11,1	13,4	22,6	23,1	14,6	13,4	16,1	16,7	12,4	16	13,7	18,2
8	1050,6261	395,08846	0	0	0	25	16,1	16,5	17,5	16	10,4	18,6	13,5	22	19,1	7,26	16	15,5	14,9	11,9	11,5	23,3	22,7	14	13,4	15,2	16,7	13,1	14,8	13,7	17,1
9	1131,4772	387,18509	0	0	0	25	12,4	17,3	20,4	16,1	10,4	20,7	13,5	22	21	6,54	16	15,5	15,9	11,7	13	23,7	23,4	12,5	13,4	13,9	16,7	12,1	17	13,7	18
10	1117,593	405,20533	0	0	0	25	18,2	13,5	16,3	20	10,4	19,4	13,5	22	22,2	6,75	16	15,5	15,6	11,1	11,4	22,4	23,8	13,1	13,4	14,9	16,7	12,1	17,6	13,7	17,7
11	1076,0407	392,86048	0	0	0	25	19,3	14,8	19,6	17,1	10,4	21,1	13,5	22	19,5	6,74	16	15,5	17	12,6	14,7	23,8	25,1	12,6	13,4	14,2	16,7	13,3	16,6	13,7	18,3
12	1043,1085	406,44452	0	0	0	25	15,1	16,6	20,2	18,6	10,4	21,1	13,5	22	20,5	6,71	16	15,5	15,7	11,3	13,3	23,7	23,6	13,7	13,4	14,3	16,7	13,7	14,3	13,7	17,2
13	1152,0082	396,71405	0	0	0	25	12,4	15,6	15,8	22,1	10,4	20,8	13,5	22	20,5	6,81	16	15,5	16,7	10,7	13,5	22,4	24,6	12,6	13,4	13,7	16,7	12,8	16	13,7	17,6
14	1138,1108	393,92772	0	0	0	25	17,3	18,2	21,5	19,5	10,4	20,4	13,5	22	22	6,96	16	15,5	16,6	12,1	12,9	24,1	23	12,6	13,4	15,4	16,7	12,9	15,4	13,7	16,9
15	1041,145	397,01674	0	0	0	25	15,7	15,4	16,5	20,2	10,4	19,4	13,5	22	21,2	6,78	16	15,5	16,3	10,9	14,2	21	24,9	13,4	13,4	14,1	16,7	13	16,1	13,7	18,5
16	956,72119	404,44378	0	0	0	25	16,9	13	21,5	18,2	10,4	20	13,5	22	22,5	6,61	16	15,5	17,4	12,2	15,1	21,4	25	12,4	13,4	14,9	16,7	13,7	15,7	18,1	
17	1139,9326	402,66274	0	0	0	25	13	15,1	20,8	18,6	10,4	18,9	13,5	22	21,3	6,45	16	15,5	15,5	12,4	11,3	22,8	23,6	13,9	13,4	13,6	16,7	13,9	14,7	13,7	18,6
18	1039,4911	409,70095	0	0	0	25	12	17	17,9	18,1	10,4	20,7	13,5	22	21,5	7,15	16	15,5	15,8	10,4	12,4	24,3	22,5	12,4	13,4	13,7	16,7	12	16,5	13,7	17,7
19	1093,7738	397,41478	0	0	0	25	15,9	13,9	15,8	18	10,4	19,1	13,5	22	21,7	7,08	16	15,5	15	12,1	11,8	22,9	22,4	12,6	13,4	13,6	16,7	14	14,6	13,7	17,2
20	1144,7788	403,07061	0	0	0	25	14,6	15,1	20,7	19,3	10,4	19,7	13,5	22	20,1	6,76	16	15,5	16,6	12,5	13,6	25,5	24,6	14,5	13,4	15,8	16,7	13,3	15,1	13,7	18,4
21	1073,7574	400,96906	0	0	0	24	15,5	14,4	17,9	19	10,4	20,1	13,5	22	19,2	7,43	16	15,5	15,7	10,3	11,5	23,8	24,1	14,6	13,4	14,5	16,7	14	16,4	13,7	17
22	1080,155	405,73038	0	0	0	25	15,8	15	20,3	20	10,4	21	13,5	22	20,4	6,54	16	15,5	16,1	11,9	11,6	20,5	23,8	14,1	13,4	14,9	16,7	14,2	16,8	13,7	18,6
23	1069,4758	400,99283	0	0	0	25	9,44	14,3	15,9	17,6	10,4	17,8	13,5	22	21,7	6,5	16	15,5	15,9	11,9	12,2	22,9	23,3	14,6	13,4	15,1	16,7	12,1	16,6	13,7	16,9
24	1039,283	393,69265	0	0	0	25	16,7	15,7	18,7	18,2	10,4	21,5	13,5	22	22,5	7,02	16	15,5	15,5	10,9	14,4	21,4	24,8	13,2	13,4	14,3	16,7	12,6	15,4	13,7	17,4
25	1081,9701	389,68954	0	0	0	25	16,8	15,6	18,2	20,4	10,4	21,4	13,5	22	21,6	6,94	16	15,5	17,1	12,7	11,9	21,1	24,8	14,1	13,4	15,4	16,7	11,5	16,4	13,7	18,3
26	1105,0868	401,16689	0	0	0	25	14,9	16,6	17,2	17,5	10,4	21	13,5	22	22,2	6,75	16	15,5	16,3	12,6	11,4	21,5	25	13,8	13,4	13,7	16,7	13,4	15,8	13,7	18,1
27	1106,0955	395,39801	0	0	0	25	14	16,4	19,8	19,7	10,4	22,7	13,5	22	21	7,04	16	15,5	16,2	11,8	12,9	20,2	23,2	14,3	13,4	13,9	16,7	14,3	16	13,7	16,9
28	1118,3051	406,40803	0	0	0	25	14,6	15,1	20,6	18,5	10,4	22,8	13,5	22	21,9	6,93	16	15,5	17,4	12,2	14,2	24,4	25,1	14,1	13,4	13,9	16,7	12,1	16,2	13,7	18,3
29	1107,8547	392,97884	0	0	0	25	18,1	16,5	15,8	21,4	10,4	22,4	13,5	22	22,2	6,46	16	15,5	16,4	10,6	11,5	21,5	24,9	13,2	13,4	15	16,7	14,2	16,5	13,7	17,9
30	1053,499	401,35949	0	0	0	25	15,1	15,7	16	18,8	10,4	21,4	13,5	22	21,6	7,01	16	15,5	16,9	11	13,1	21,1	23	13,3	13,4	15,6	16,7	13	17,3	13,7	17,4
31	1063,155	397,67773	0	0	0	25	16,3	15,1	21,1	17,6	10,4	21,4	13,5	22	21,1	6,42	16	15,5	15,6	10,5	14,5	23,4	22,8	14,3	13,4	15,4	16,7	11,4	14,6	13,7	18,7
32	1110,7964	402,80132	0	0	0	25	14,1	16,5	20	19,7	10,4	20,5	13,5	22	20,4	7,39	16	15,5	17,4	10,1	14,6	22,4	25	13,5	13,4	13,5	16,7	12,2	17,5	13,7	18,5
33	1196,3498	404,12964	0	0	0	25	13,1	14,5	17,1	18,3	10,4	18,9	13,5	22	21,4	6,98	16	15,5	15,9	11,4	11,5	23	25,2	12,2	13,4	13,5	16,7	12,5	16,4	13,7	18,1
34	1136,0663	422,38908	0	0	0																										