



M 2014



# **OTIMIZAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM**

**MARIA LUÍSA DE MELLO MACHADO PINTO DE CARVALHO**  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA  
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ENGENHARIA INDUSTRIAL E GESTÃO

# **Otimização e Estabilização de uma Linha de Montagem**

*Maria Luísa de Mello Machado Pinto de Carvalho*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



**FEUP**

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

2014-07-09

*Aos meus pais,*

## Resumo

O presente projeto tem como objetivo principal o aumento da capacidade de uma linha de montagem de caldeiras em 15%, através do aumento da eficiência produtiva e da reorganização do conteúdo de trabalho. Esta intervenção foi ainda complementada com ações de melhoria na área da qualidade.

Uma análise detalhada do processo produtivo permitiu identificar os principais problemas da linha em questão: várias paragens de equipamentos, tempo de ensaio elevado e falhas nos sistemas informáticos da fábrica. Para além disto, detetou-se que o tempo associado a algumas tarefas do balanceamento era superior ao atualmente necessário para a sua execução.

Com o intuito de solucionar estas falhas e diminuir o tempo de ciclo dos operadores, o projeto foi dividido em duas fases, garantindo deste modo períodos de estabilização entre as fases. Foi comprovada a necessidade de períodos de adaptação e estabilização, confirmando que as alterações de balanceamento se manifestam diretamente na velocidade de trabalho dos colaboradores. Neste sentido, tornou-se essencial a reformulação do balanceamento de tarefas e consequente formação dos operadores em duas etapas.

Ao longo destas fases foram implementadas diversas ações de melhoria como a redução do tempo de paragens por posto, estabelecimento de limites de reação e diminuição do tempo de ensaio de um posto (identificado inicialmente como limitação de produtividade da linha), entre outras.

No âmbito da qualidade, efetuou-se o mapeamento de sistemas de deteção e prevenção de erros e rastreabilidade. Este foi complementado com uma ferramenta que descreve os componentes mapeados, dando uma visão global do funcionamento da linha de produção. Por outro lado, foram desenvolvidas ações de manutenção autónoma, no sentido de diminuir a probabilidade de falha. Para além disto, estudou-se ainda a possibilidade de alterar a localização do produto acabado, de forma a diminuir o tempo de deslocação do operador encarregue pela embalagem.

Com o projeto desenvolvido atingiu-se o objetivo inicial de aumentar a capacidade da linha em 15%, tendo sido obtido um ganho de eficiência da linha de 18,8%. Para além disto, sendo um projeto de melhoria contínua foi desenvolvido um estudo para dar continuidade ao aumento de capacidade da linha.

## Optimization and Stabilization of an Assembling Line

### Abstract

The main objective of this project is the capacity increase of an assembling line in 15% through the increase of its efficiency and reorganization of work content. This was complemented by improvement projects in different fields as quality.

In order to reach the proposed goal, the first step was to do some process confirmations. With these, the main problems of the line emerged: multiple equipment micro-stops, high period of equipment testing and breaking down of the informatics system. Additionally, it was confirmed that the time associated to some tasks was higher than the effective time needed to perform them.

Willing to solve these problems and decrease the operators' cycle time, the project was divided into two phases, guaranteeing stabilization periods. The need of these stabilization periods was confirmed by verifying that standard worksheets' adjustments are directly reflected in the operators' working speed. Being so, it was essential to reformulate the standard worksheet in two stages.

During these two phases, there were implemented several improvement activities such as reduction of stoppage time per station, delineation of reaction limits and reduction of an equipment time (initially identified as the line's productivity limitation).

In a quality scope, it was made a mapping of failure detection and prevention systems and components traceability. This was complemented with a framework that describes the mapped components, providing an overview of the production line. Additionally, and willing to decrease the failure probability, some autonomous maintenance actions were taken. Finally, the possibility of changing the location of the finished product was studied, in order to reduce the motion time of the operator in charge of the packaging.

The initial objective of increasing the line's capacity in 15% was reached, translated in an efficiency growth of 18,8%. Beyond that, and by being a project of continuous improvement, an analysis was conducted in order to continue the capacity increase.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, agradeço a toda a equipa do Departamento de Produção da Bosch no qual fui integrada, pela boa vontade e simpatia com que fui acolhida. Isto não seria possível sem a orientação do Eng.º Mário Gaspar que apoiou e acreditou constantemente no meu trabalho.

Agradeço também à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a todos os que nela participaram na minha formação académica, com especial reconhecimento do Professor Paulo Osswald que me orientou ao longo de toda a dissertação, partilhando ideias e recursos que enriqueceram o projeto.

Agradeço à minha família pela confiança e carinho ao longo de toda a minha vida. Para além disto, agradeço aos meus avós os conselhos, ao meu irmão a ajuda constante e aos meus tios o afeto. Inevitavelmente destaco neste agradecimento os meus pais que proporcionaram a minha formação e, acima de tudo, me criaram sob valores como honestidade e respeito.

A todos os meus amigos agradeço o apoio e companheirismo. Não posso deixar de estar grata ao do Jota que me “suportou” nos dias menos bons e que festejou comigo nos mais felizes.

Por fim, agradeço à Bosch Termotecnologia, S.A. a oportunidade oferecida e o apoio financeiro concedido durante o período de estágio.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	O Grupo Bosch.....	1
1.2	Bosch Termotecnologia, S.A.....	1
1.3	Estudo e Desenvolvimento do Projeto .....	2
1.4	Estrutura da dissertação .....	2
2	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1	<i>Toyota Production System</i> .....	3
2.2	Princípios <i>Lean</i> .....	3
2.3	Ferramentas <i>Lean</i> .....	4
2.4	<i>Takt time</i> e tempo de ciclo .....	9
2.5	5S.....	9
2.6	<i>Bosch Production System (BPS)</i> .....	10
2.7	Princípios do BPS .....	11
2.8	Gestão Visual .....	12
2.9	<i>Point CIP</i> .....	12
3	Apresentação da Linha de Produção.....	14
3.1	Organização fabril .....	14
3.2	Linha A.....	14
3.3	Situação Atual .....	16
4	Implementação de Melhorias .....	21
4.1	Análise de processo .....	21
4.2	Paragens dos equipamentos.....	26
4.3	Tempo de ensaio elevado .....	28
4.4	Falhas no sistema informático.....	29
4.5	Ações TPM.....	30
4.6	Ações relacionadas com a qualidade do produto .....	31
4.7	Alteração do local do produto acabado.....	31
4.8	Alteração do balanceamento.....	32
4.9	Resultados .....	34
4.10	Continuidade do Projeto.....	38
5	Outros trabalhos realizados .....	40
5.1	Mapeamento de Processos e Sistemas.....	40
5.2	Resultados .....	44
6	Conclusões .....	46
6.1	Trabalhos futuros .....	47
	Referências .....	48
	ANEXO A: Tabela MTM com tempos <i>standard</i> .....	51
	ANEXO B: Quadro <i>Point CIP/TPM</i> .....	52
	ANEXO C: Modelo para confirmações de processo de tempo de ciclo .....	54
	ANEXO D: Tempos de equipamentos registados.....	55
	ANEXO E: Fichas de Melhoria.....	56
	ANEXO F: Ferramenta de mapeamento e rastreabilidade de sistemas.....	60

## **Siglas**

BGN: *Bosch Global Network* (Intranet do Grupo Bosch)

BPS: *Bosch Production System* (Sistema de Produção da Bosch)

CIP: *Continous Improvement Process* (Processo de Melhoria Contínua)

KPI: *Key Performance Indicator* (Indicador de resultados chave)

MAE: *Machine and Equipment* (Máquina e Equipamento)

NTC: *New Test Concept* (Sistema informático da fábrica)

OEE: *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global do Equipamento)

OVC: *Overall Value Contribution* (Contribuição de Valor Global)

PDCA: *Plan Do Check Act* (Planear Concretizar Confirmar Atuar)

VT: *Value Time* (Tempo de Execução)

TPM: *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

## Índice de Figuras

Figura 1 - Casa TPM, Modelo Bosch (Extraído de BGN, 2014) .....	6
Figura 2 - Quadro explicativo do OEE (Extraído de BGN, 2014) .....	9
Figura 3 - Visão do Grupo Bosch (Extraído de BGN, 2014) .....	11
Figura 4 - Benefícios da gestão visual (Extraído de BGN, 2014) .....	13
Figura 5 - Confirmação de processo (Extraído de BGN, 2014) .....	14
Figura 6 - <i>Trolley</i> ergonómico .....	16
Figura 7 - <i>Layout</i> da Linha A .....	16
Figura 8 - Excerto do balanceamento inicial da Linha A .....	19
Figura 9 - Sinalização luminosa .....	20
Figura 10 - <i>Andon</i> com desvio positivo .....	20
Figura 11 - <i>Andon</i> com desvio negativo .....	19
Figura 12 - Carro TPM .....	20
Figura 13 - Limites de reação (abastecimentos) .....	28
Figura 14 - Limites de reação do Posto 33 .....	28
Figura 15 - Alteração do local do produto acabado .....	32
Figura 16 - Acompanhamento diário do volume de produção e paragens registadas .....	33
Figura 17 - Ganhos do projeto .....	35
Figura 18 - Excerto do balanceamento atual da Linha A .....	37
Figura 19 - Matriz de Policompetências .....	40
Figura 20 - Cartão de Competências (Operador 2) .....	42
Figura 21 - Cartão de Competências (Operador 1) .....	41
Figura 22 - Mapeamento de processos e sistemas da Linha A ( <i>layout</i> ) .....	42
Figura 23 - Exemplo de descrição de um posto .....	43
Figura 24 - Exemplo de comunicação entre postos e servidores .....	43
Figura 25 - Mapeamento de processos e sistemas da Linha A (ficha) .....	43
Figura 26 - Exemplo de uma tabela MTM .....	51
Figura 27 - Quadro <i>Point</i> CIP/TPM .....	53
Figura 28 - Quadro <i>Point</i> CIP/TMP (verso) .....	53
Figura 29 - Modelo para confirmações de processo .....	54
Figura 30 - Tempos de equipamentos registados .....	55
Figura 31 - Ficha de Melhoria 1 .....	57
Figura 32 - Ficha de Melhoria 2 .....	58
Figura 33 - Ficha de Melhoria 3 .....	59

**Índice de Gráficos**

Gráfico 1 - Produção mensal da Linha A .....	15
Gráfico 2 - Produção mensal com diferentes modelos de turnos .....	15
Gráfico 3 - Tempo de ciclo dos operadores registrados .....	22
Gráfico 4 - Tempos de ciclo dos operadores registrados, sem <i>outliers</i> .....	23
Gráfico 5 - Tempos de equipamentos .....	26
Gráfico 6 - Tempo máquina (média e desvio padrão) .....	25
Gráfico 7 - Tempo de carga e descarga (média e desvio padrão) .....	26
Gráfico 8 - Principais paragens (fev. 2014) .....	27
Gráfico 9 - Principais paragens (jan. 2014) .....	26
Gráfico 10 - Visão global do projeto .....	34
Gráfico 11 - OBC inicial da Linha A .....	37
Gráfico 12 - OBC atual da Linha A .....	38
Gráfico 13 - Produção mensal esperada (no início do projeto e atualmente) .....	38
Gráfico 14 - Proposta de aumento de capacidade (Linha A) .....	38

**Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Tempos de ciclo dos operadores potenciais .....	24
Tabela 2 - Resultados do projeto .....	46

## 1 Introdução

A presente dissertação evoluiu a partir da oportunidade de desenvolver um projeto de melhoria contínua na Bosch Termotecnologia, S.A., numa linha de produção de caldeiras.

A gama de caldeiras produzida nesta linha é de condensação, o que significa que a energia proveniente da queima de gases é utilizada mais eficientemente, já que o calor dos gases de combustão é transmitido ao circuito de água. Nos dias de hoje, em que a preocupação com os recursos energéticos é crescente, as inovações desta gama de caldeiras traduzem-se num aumento da procura.

Sendo que a linha em questão foi implementada há cerca de um ano, considera-se que a experiência acumulada permite obter ganhos de produtividade. Deste modo, sentiu-se a necessidade de aumentar a eficiência desta linha de montagem, traduzindo-se num aumento de capacidade em 15%.

Para implementar diferentes atividades de melhoria contínua foram utilizadas primariamente ferramentas BPS (*Bosch Production System*) baseadas em princípios e ferramentas *lean*, como trabalho normalizado, balanceamentos, TPM, *Poka-Yoke* e *Jidoka*.

Neste capítulo a dissertação é contextualizada no Grupo Bosch e, mais concretamente, na Bosch Termotecnologia, S.A. Para além disto, é apresentado o estudo e desenvolvimento do projeto em questão e a estrutura da dissertação.

### 1.1 O Grupo Bosch

“Sempre agi de acordo com o princípio de que preferiria perder dinheiro do que confiança.”  
Robert Bosch, 1921, *in Bosch-Zünder*

Foi com este espírito que, em 1886, Robert Bosch abriu em Estugarda a “Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica”. Aqui, não só se instalavam sistemas telefónicos como também se construíam, reparavam e vendiam equipamentos de precisão mecânica e engenharia elétrica. Passados 13 anos, começou a internacionalização: abriram escritórios de venda em Londres. Em 1905, abriu a primeira fábrica fora da Alemanha, em Paris.

Atualmente, o grupo atua em quatro sectores de negócio, contando mais de 360 subsidiárias em 50 países. Com os seus serviços de venda e parceiros de negócio, a Bosch está representada em cerca de 150 países, contando com uma rede de 281.000 colaboradores. Em 2013, o grupo tinha 264 unidades fabris e faturou 46,4 biliões de euros (dos quais 56% provieram da Europa, 20% da América e os restantes 24% da Ásia e Austrália) (BGN, 2014).

### 1.2 Bosch Termotecnologia, S.A.

Em 1977, foi fundada em Cacia, Aveiro, a Vulcano Termodomésticos, S.A. Esta empresa tinha um contrato de licenciamento com a Bosch para utilização da sua tecnologia no fabrico de esquentadores. Onze anos depois, foi adquirida pelo Grupo Bosch, alterando assim a sua designação para Bosch Termotecnologia, S.A. (BGN, 2014).

Esta empresa é líder do mercado europeu desde 1992 e, atualmente, é o centro de competência da Bosch para esquentadores, ou seja, de entre todas as fábricas de

termotecnologia é esta a mais qualificada para este tipo de produtos. Paralelamente, a empresa iniciou a produção de caldeiras e painéis solares, em 1995 e 2007, respetivamente.

### **1.3 Estudo e Desenvolvimento do Projeto**

Inicialmente foi feito um levantamento da situação atual através de confirmações de processo. Nesta fase, registaram-se tempos de execução de tarefas e problemas detetados. Seguidamente, o projeto foi planeado e quantificados os ganhos potenciais. Obteve-se a aprovação do Diretor de Departamento de Produção e do Diretor Operacional da Fábrica de Aveiro, tendo posteriormente sido posto em prática e validado.

Com o intuito de partilhar boas práticas da fábrica de Aveiro, o projeto foi apresentado ao Diretor da Produção e ao Diretor Executivo da fábrica de Worcester (do Grupo Bosch) e ao Diretor Operacional da Produção da Unidade de Termotecnologia.

### **1.4 Estrutura da dissertação**

Depois deste capítulo introdutório, no capítulo 2, os conceitos teóricos relevantes para o projeto são levantados e explicados. No capítulo 3, é exposta a linha de montagem onde o projeto teve lugar e são expostos os principais problemas detetados no início do projeto. Seguidamente, no capítulo 4 é apresentado o objetivo do projeto e as ações implementadas para o alcançar. No capítulo 5 expõe-se melhorias adicionais implementadas. Por fim, no capítulo 6, são extraídas as conclusões resultantes do projeto.

## 2 Revisão Bibliográfica

No presente capítulo são abordados os conceitos teóricos relevantes para o desenvolvimento do projeto atual. Apresenta-se o *Toyota Production System* e alguns princípios e ferramentas *lean*. Daqui deriva o conceito *Bosch Production System*, exposto posteriormente.

### 2.1 *Toyota Production System*

O sistema de produção da Toyota, ou *Toyota Production System* (TPS), surgiu no Japão para aumentar a eficiência produtiva e criar sistemas de produção em massa. Só assim a indústria automóvel do Japão se conseguiria manter competitiva, uma vez que estes sistemas já estavam estabelecidos na Europa e nos Estados Unidos da América (Ohno, 1988).

A base do TPS é a eliminação de desperdício, nomeadamente em produção em excesso, tempo de espera, transporte, *stock*, produtos defeituosos e no processo em si. Esta base assenta em dois pilares: sistema *just-in-time* (JIT) e autonomia. O primeiro traduz-se no conceito de produção puxada, ou seja, produzir apenas quando é necessário e na quantidade solicitada. Autonomia, do japonês *jidoka*, refere-se a incluir verificações pelos próprios operadores ao longo do processo, conferindo-lhes capacidade de iniciativa (Ohno, 1988). Este último conceito é desenvolvido na secção 2.2.2.

Segundo Spear e Bowen (1999), o TPS baseia-se em quatro regras:

- 1- Especificação do trabalho a nível de conteúdo, sequência, tempo e resultado;
- 2- Relações entre clientes e fornecedores diretas e inequívocas;
- 3- Percurso de produtos simples e direto;
- 4- Melhorias executadas de acordo com um método científico, sob orientação, no nível mais baixo possível da organização.

Estas regras estabelecem uma visão geral dum ideal de produção: zero defeitos, zero desperdícios, entrega de produtos imediata, flexibilidade e ambiente produtivo seguro. Esta noção move os colaboradores num sentido da melhoria contínua para garantir as necessidades dos seus clientes (Spear e Bowen, 1999).

Este modo de produção difundiu-se no Ocidente sob o nome de produção *lean*.

### 2.2 Princípios *Lean*

Nesta secção são apresentados alguns princípios *lean* relevantes para o presente projeto.

#### 2.2.1 *Total Productive Maintenance* (TPM)

O conceito de Manutenção Produtiva Total, ou *Total Productive Maintenance*, surgiu no Japão, quando Seiichi Nakajima se apercebeu que não era possível para as empresas produzirem com qualidade consistente e sob o sistema de produção puxada se não existissem planos de manutenção. Este programa veio de encontro às lacunas, na área da manutenção, da estratégia de Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management*). Enquanto este último se foca nos produtos manufacturados, o TPM rege-se pelos equipamentos fabris disponíveis (Wireman, 2004).

O TPM é um programa que, aumentando a eficiência do equipamento, visa melhorar a qualidade das peças produzidas e a produtividade da fábrica. Para isto é necessário eliminar paragens não planeadas e reduzir as planeadas, através da definição de atividades de manutenção (BGN, 2014).

De acordo com Wireman (2004), o TPM tem um objetivo principal (“Aumentar a eficácia dos equipamentos”) e quatro atividades de apoio, representadas sob a forma de pilares:

- 1- Aumentar a eficiência e eficácia da manutenção;
- 2- Gestão de equipamentos e manutenção preventiva;
- 3- Formação de colaboradores;
- 4- Envolvimento de todos nos planos de manutenção.

Com a concretização destes objetivos pretende-se eliminar todas as perdas que advêm dos equipamentos, traduzindo-se em três metas claras: zero avarias, zero defeitos e zero acidentes (BGN, 2014). Para isto, é fulcral que todos os elementos da organização que tenham contato com os equipamentos estejam envolvidos no programa. O TPM apresenta-se então como uma ferramenta que requer liderança e trabalho em equipa para ser implementada com sucesso (Williamson, 2006).

### **2.2.2 Jidoka**

De uma forma simplista, pode traduzir-se o termo japonês “*jidoka*” por “autonomação”. No entanto, o princípio, que surgiu na Toyota, é o de que a produção deve parar aquando da deteção de uma anomalia (quer de qualidade, quer de mau funcionamento, entre outras) (Ghinato, 1995). Juntamente com o *Just in Time* (JIT), o *jidoka* é um pilar do *Toyota Production System* (Ghinato, 1995).

Há três elementos que caracterizam este pilar: diferenciação, multifuncionalidade e autonomia. O primeiro vem distinguir o homem do equipamento, isto é separar atividades humanas de ciclos de máquinas, passando a deteção de problemas para o equipamento e a sua resolução para o ser humano. A multifuncionalidade vem de encontro à distinção descrita. Com esta, é permitido ao operador trabalhar em várias máquinas simultaneamente e, conseqüentemente, aumentar a eficiência produtiva. Por fim, a autonomia surge na capacidade do operador participar na suspensão da produção e, posteriormente, na eliminação de causas de anomalias de uma forma independente (Baudin, 2007; Queiroz, 2011).

Segundo Ghinato (1995), os principais objetivos do *jidoka* são “impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção”. Com a sua implementação, os problemas tornam-se visíveis a todos os operadores e geram um esforço conjunto de resolução, reduzindo-se deste modo a taxa de reincidência.

## **2.3 Ferramentas Lean**

Para possibilitar uma mais fácil implementação da produção *lean*, existe um conjunto de ferramentas utilizadas.

### **2.3.1 Casa TPM – Modelo Bosch**

De modo a normalizar os seus pilares TPM, a Bosch adotou um modelo para todo o grupo. De entre as várias alternativas, o Modelo Casa é o seguido pela empresa.

Observando a Figura 1 é possível concluir que a empresa se rege por quatro pilares fundamentais, assentes em duas bases. Estas remetem a dois conceitos essenciais: *Continuous Improvement Process* (CIP) e “5S”. Transversal a estes pilares é, evidentemente, a formação e o treino. Por fim, sobre estes pilares apresentam-se os objetivos delineados e, no topo, a manutenção produtiva total. Cada um dos pilares é resumido e definido em cinco etapas de implementação, apresentadas de seguida.

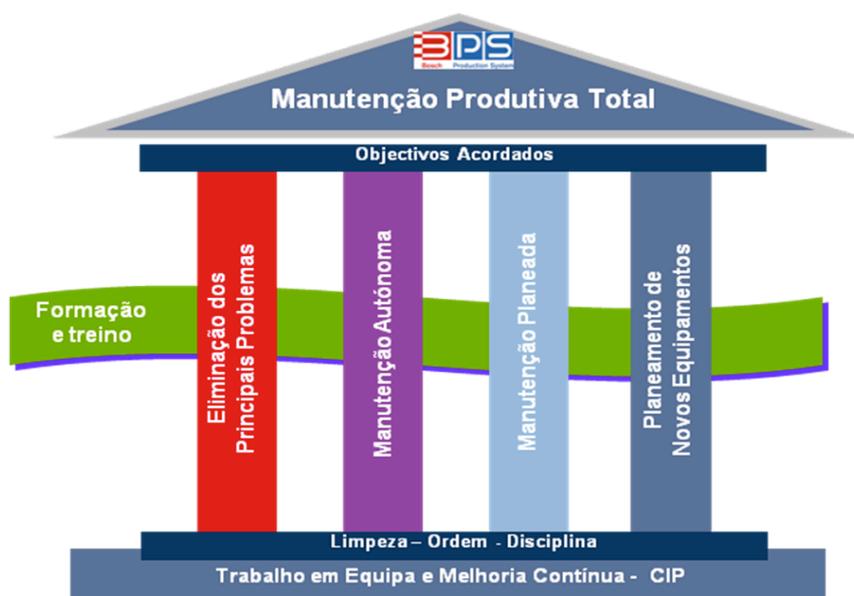


Figura 1 - Casa TPM, Modelo Bosch (Extraído de BGN, 2014)

### 1º Pilar – Eliminação dos Principais Problemas

Este primeiro pilar tem como objetivo formar todos os colaboradores para analisarem sistematicamente as eventuais falhas que surgirem, identificarem as suas causas e eliminá-las de forma permanente. Assim, as cinco etapas a ele atribuídas têm por base o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), sendo que as duas primeiras constituem o *Plan* e, posteriormente, cada uma representa uma fase do ciclo:

- 1- Determinar perdas e principais problemas (*Plan*);
- 2- Analisar as causas (*Do*);
- 3- Definir e implementar ações corretivas (*Do*);
- 4- Criar e normalizar *standards* (*Check*);
- 5- Controlar o sucesso e transferir os resultados positivos para outras linhas (*Act*).

### 2º Pilar – Manutenção Autônoma

Aqui garante-se que, após formação, os colaboradores realizem todas as atividades de manutenção de rotina. Nesta base, as etapas para a realização do segundo pilar são:

- 1- Inspeção básica das máquinas e equipamentos;
- 2- Definir os *standards* para a manutenção, incluindo limpeza e inspeção;
- 3- Executar trabalhos autónomos de manutenção e melhoria de *standards*;

- 4- Executar trabalhos autónomos de reparação e melhoria de *standards*;
- 5- Melhoria contínua das instalações e qualidade do processo.

### **3º Pilar – Manutenção Planeada**

Neste pilar pretende-se que, com a constante manutenção dos equipamentos de modo a garantir a sua qualidade, as paragens não planeadas deixem de existir e que o ciclo de vida dos equipamentos e instalações aumente. As etapas aqui delineadas são:

- 1- Elaborar, determinar e executar atividades de manutenção;
- 2- Reconhecer os pontos fracos dos equipamentos e processos e eliminar as suas causas;
- 3- Desenhar e consolidar um sistema de gestão de informação de manutenção, planeamento e controlo;
- 4- Implementar sistemas de diagnóstico;
- 5- Melhoria contínua do sistema de manutenção.

### **4º Pilar – Planeamento de novos equipamentos**

O último pilar vem assegurar que a manutenção, acessibilidade e facilidade de operação dos equipamentos e instalações são consideradas ainda na fase de planeamento e aquisição. Para isso, o conhecimento dos colaboradores da produção e manutenção é uma contribuição valiosa e importante na recolha de requisitos para as novas aquisições. Associadas a este planeamento, estão as seguintes etapas:

- 1- Considerar os conceitos para os equipamentos aquando do desenvolvimento do produto e processo;
- 2- Criar o conceito do MAE (Máquinas e Equipamentos), incluindo as especificações da manutenção estipuladas com o produtor;
- 3- Projetar e construir novos equipamentos de acordo com as especificações;
- 4- Instalar o equipamento e torná-lo funcional;
- 5- Melhoria contínua do planeamento de novos equipamentos e dos processos de aquisição.

#### **2.3.2 Balanceamento**

Segundo Assis (2011), “o balanceamento de uma linha de produção consiste em distribuir a carga das várias operações o mais uniformemente possível pelos vários postos de trabalho”. Estes são criados para um de dois fins: para um determinado tempo de ciclo, estabelecer o número mínimo de postos de trabalho necessário ou para um certo número de postos de trabalho, determinar o tempo de ciclo mínimo possível (Assis, 2011).

O objetivo desta ferramenta é que todos os postos de trabalho possuam aproximadamente o mesmo volume de trabalho. Assim, o processo produtivo é contínuo, evitando períodos de espera e *stock* intermédio (Silva, 2007). Para além disto, ao definir o ritmo de produção, determinam-se as quantidades esperadas num certo período de tempo. Com isto, o

planeamento de produção torna-se mais eficaz e procura-se o aumento da produtividade (Franken, 2013).

Na Bosch, a definição dos tempos atribuídos às tarefas é feita através do Sistema MTM (*Methods-Time Measurement*), que decompõe qualquer operação manual em movimentos básicos necessários para a sua execução (BGN, 2014). Para isso, existem vários sistemas de análise. O Sistema Universal de Análise (UAS) divide os movimentos em 7 categorias: pegar e posicionar, posicionar, manusear ferramenta, operar, ciclos de movimentos, movimentos do corpo e controlo visual (MTM-UAS, 2014). Para definição de tempo existe uma tabela (Anexo A) na qual são definidos tempos *standard* em TMU (*Time Measurement Units*), sendo que um TMU corresponde a 0.036 segundos.

Na Bosch Termotecnologia, S.A. é utilizado o Sistema Básico MTM-1. Neste, os movimentos básicos são divididos em cinco categorias: alcançar, agarrar, mover, posicionar, largar. Cada categoria pode ter variáveis que também influenciam o tempo que lhes é alocado como nível de controlo, distância de alcance, dimensões do objeto, entre outros (BGN, 2014).

Com este sistema define-se uma base para o nivelamento e normalização de tempos padrão e verifica-se com o operador se ele consegue executar a sequência proposta ou se é necessário revê-la. Por outro lado, o trabalho normalizado leva a testar procedimentos alternativos assumidos pelos diferentes operadores. Com estes dois procedimentos determina-se a metodologia de trabalho mais adequada, o que otimiza a conceção da área de trabalho e, conseqüentemente, permite reduzir custos. Adicionalmente, tendo como base a documentação da rotina laboral, as falhas a nível de tempo padrão são facilmente solucionadas e devidamente justificadas (BGN, 2014).

### **2.3.3 Heijunka**

O conceito *heijunka* vem de encontro à meta de zero perdas de capacidade, em que o objetivo é que os equipamentos produzam diferentes modelos e que os operadores estejam formados para trabalhar em diferentes postos de trabalho (Zapfel, 1997).

Isto remete para a divisão de tarefas com maior carga de trabalho pelo horário de produção de forma a maximizar a utilização dos equipamentos, assumindo o tempo de ciclo constante. O seu objetivo é evitar picos no horário de produção, protegendo a linha da volatilidade da procura (Huttmeir, 2009). Porém, esta ferramenta só pode ser implementada em linhas de produção cuja procura é relativamente estável uma vez que se reduz a flexibilidade de produção (Huttmeir, 2009).

### **2.3.4 Poka-Yoke**

Em português, *poka-yoke* significa “preventor de erro”. Assim, como o próprio nome indica, um *poka-yoke* pretende evitar ações humanas que provoquem defeitos como falta de componentes, peças mal encaixadas e defeitos operacionais, entre outros. Para além disto, e em caso de ocorrência de um defeito, um sistema *poka-yoke* garante ação imediata (Shingo, 1986).

Deste modo, pode concluir-se que estes sistemas executam dois tipos de funções. Por um lado, exercem métodos de controlo que param a produção aquando da ocorrência de um defeito, evitando assim a propagação do mesmo. Por outro, métodos de aviso que asseguram a

deteção do defeito por parte dos operadores e, conseqüentemente, a sua correção (Shingo, 1986).

Os desvios podem ser reconhecidos através de diferentes processos. Por um lado, pode ser feita a identificação dos itens pelas suas características (peso, dimensão, forma) e comparadas com o normalizado. Por outro lado, pode ser verificada a sequência de trabalho. Aqui, existe um sistema que verifica as tarefas efetivamente executadas pelos operadores e as compara com o *standard*. Deste modo, é possível detetar a existência de desvios ou omissão de tarefas. Por fim, podem ser feitas deteções através de comparação de valores obtidos com valores fixos definidos previamente (Shimbun, 1988).

Neste sentido, a sinalização da ocorrência de um defeito provem de mecanismos de regulação como métodos de alarme (sinal acústico ou visual) ou de desconexão (paragem de equipamentos e dispositivos) e é identificado quer previamente (por designers de produto ou equipamento e engenheiros de processo) quer durante a operação (por gestores de chão de fábrica, engenheiros industriais e engenheiros de processo (BGN, 2014).

Metaforicamente, um *poka-yoke* é uma lista de supermercado. Esta é feita para garantir a aquisição de todos os produtos necessários. Analogamente, um *poka-yoke* garante a execução de ações e conformidade de processos indispensáveis na produção de um determinado componente.

### 2.3.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE é a sigla para *Overall Equipment Effectiveness*, ou seja, Efetividade Global do Equipamento e é uma medida de carácter universal para controlo de processo. Representa o *output* de um determinado equipamento durante um determinado período de tempo (BGN, 2014). Este indicador é decomposto nas várias componentes que influenciam a efetividade do equipamento, o que permite obter uma visão global das perdas e respetivas causas (Baudin, 2007).

O ponto de partida desta ferramenta é o tempo total disponível para produção, sendo-lhe posteriormente deduzido o tempo para manutenção planeada e paragens previstas e o tempo associado às principais perdas (Figura 2). Estas dividem-se em três categorias: disponibilidade, velocidade e qualidade (BGN, 2014). Em termos práticos, podendo medir com maior facilidade o tempo de paragens e o tempo gasto a produzir peças defeituosas, pode-se por complementaridade calcular o tempo perdido devido a perdas de velocidade.



Figura 2 - Quadro explicativo do OEE (Extraído de BGN, 2014)

Mais detalhadamente sabe-se que as perdas de disponibilidade englobam: falhas e avarias do equipamento; trabalhos de mudanças, ajustes e calibrações; dificuldades no arranque (tempo de aquecimentos, rotinas de teste, entre outros); falta de operadores e falta de material. Por sua vez, as perdas de velocidade agregam a velocidade reduzida no trabalho (aumento do tempo de ciclo), perdas de velocidade no arranque e pequenas paragens. Por fim, as perdas de qualidade refletem falhas de processos e perdas de qualidade (sucata e defeitos) (BGN, 2014).

Posto isto, é possível calcular os índices de disponibilidade, velocidade e qualidade:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de abertura efetivo}}{\text{Tempo de abertura planeado}}$$

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peças produzidas} \times \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de abertura efetivo}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peças produzidas} - \text{N}^\circ \text{ de peças com defeito}}{\text{N}^\circ \text{ de peças produzidas}}$$

Através da multiplicação destes três índices, obtém-se a fórmula para o cálculo do OEE:

$$\text{OEE} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peças aceite} \times \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de abertura planeado}}$$

#### 2.4 **Takt time e tempo de ciclo**

*Takt time* é definido como o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura, dadas as limitações de capacidade da linha (Alvarez e Antunes, 2001). Já o tempo de ciclo é o tempo necessário entre repetição de um determinado processo (Alvares e Antunes, 2001). Na Bosch, considera-se o tempo de ciclo de cada operador, isto é, o tempo que cada operador demora a repetir as suas tarefas. Este é inferior ao *takt time* para considerar as perdas contabilizadas no OEE e, ainda assim, assegurar que o cliente recebe a sua encomenda atempadamente.

O tempo de ciclo dos operadores é então dependente do tempo total de execução de um produto e do número de colaboradores alocados à linha em questão (Alvarez e Antunes, 2001).

Ao definir um balanceamento específico para um nível de produção não se tem em consideração possíveis alterações na procura. Como resposta a estas alterações podem ser definidos vários cenários de produção, com diferente número de pessoas alocadas e consequentemente diferente tempo de ciclo e *output* esperado (Antunes, 2008).

#### 2.5 **5S**

O conceito “5S” surge no Japão, nos anos 50, como abreviatura da primeira letra das cinco palavras japonesas referentes a práticas para manutenção do espaço de trabalho (Thessaloniki, 2006). A implementação deste programa vem garantir a organização e a limpeza do espaço de trabalho através de cinco etapas:

- 1- *Seiri* (Triagem/Organização) – Manter no local de trabalho apenas o que é realmente necessário;

- 2- *Seiton* (Identificação) – Arrumar e identificar as peças e instrumentos necessários e os seus lugares: “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”;
- 3- *Seiso* (Limpeza) – Manter o espaço limpo, assegurando uma aparência agradável e permitindo a transparência de operações;
- 4- *Seiketsu* (Padronização) – Criar rotinas de limpeza e inspeção para todos os colaboradores, de forma a manter os seus locais de trabalho em condições perfeitas;
- 5- *Shitsuke* (Disciplina) – *Standardização* dos planos de limpeza, através da formação e incentivo aos colaboradores. Utilizar os tempos de paragem para limpar e arrumar (Thessaloniki, 2006; BGN, 2014).

O programa “5S” vem diminuir a procura de peças ou instrumentos, o tempo de paragem e o número de acidentes, de defeitos e de avarias. Deste modo, reduzem-se desperdícios e, conseqüentemente, reduzem-se custos. Para além disto, e ao garantir um local de trabalho limpo e organizado, a motivação dos colaboradores é amplificada. Com tudo isto, e ainda a melhor utilização do espaço, conseguem-se aumentos de produtividade, qualidade, segurança e motivação (Chapman, 2005; BGN, 2014).

## 2.6 *Bosch Production System (BPS)*

O *Bosch Production System (BPS)* é um conjunto de ferramentas desenvolvido a partir do *Toyota Production System* que assegura a estratégia de uma determinada fábrica do grupo Bosch, focando-se em processos alinhados com o fluxo. Este conjunto de ferramentas está estreitamente ligado com o conceito *lean*, tendo assim como princípios a *standardização*, a transparência, a flexibilidade, a melhoria contínua, a prevenção de falhas e a autonomia.

O BPS define seis elementos para traduzir a visão da fábrica (Figura 3). Estes dividem-se em dois grupos: um que descreve o estado atual e outro para planear a implementação. O primeiro é composto por premissas e objetivos globais, desenho de processos de cumprimento de encomendas, liderança e organização e pessoas. O segundo engloba o *roadmap*, isto é, o caminho para alcançar a visão, e o conceito de comunicação, que assegura que todos estão integrados e orientados na mesma direção.

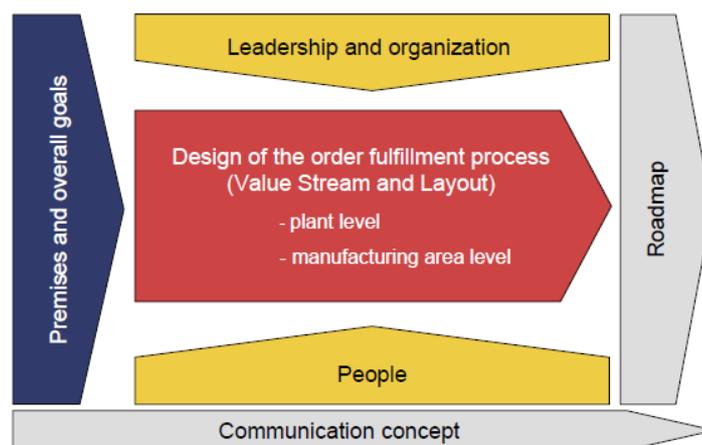


Figura 3 - Visão do Grupo Bosch (Extraído de BGN, 2014)

Com este tipo de sistema garante-se que todas as atividades e recursos se conjuguem para o desenvolvimento da fábrica, com um entendimento generalizado sobre o seu futuro. Paralelamente estimula-se a motivação e a orientação num mesmo sentido, através da estruturação de atividades, alocação de recursos e definição clara de *milestones*. Para que isto

seja possível é fulcral que exista uma ligação transparente entre o estado atual e o objetivo, através de um sistema CIP (*Continuous Improvement Process*) e de Planeamento do Fluxo de Criação de Valor (*Value Stream Planning*).

É de realçar que *Value Stream* é “uma descrição estruturada do estado atual ou futuro da cadeia de valor, incluindo fluxo de materiais, fluxos de informação para controlar o sistema, descrições tanto do fornecedor como do cliente e métricas para o *value stream*” (BGN, 2014). É mapeado de forma normalizada para que todos os envolvidos tenham o mesmo entendimento da informação e, consequentemente, se atinja um aumento da eficiência produtiva.

## 2.7 Princípios do BPS

O BPS rege-se por oito princípios:

- 1- Orientação para o Processo – O processo é visto como um todo, com o objetivo de reduzir o seu *takt time*. Este objetivo permite diminuir os níveis de *stock*, aumentar o sincronismo interdepartamental e diminuir o tempo de entrega.
- 2- Sistema Puxado (*Pull*) – Produz-se de acordo com as ordens de encomenda, sendo essencial o sincronismo entre a produção e a logística. O principal objetivo é cumprir o *takt time* do cliente, eliminando custos de *stock*.
- 3- Standardização – É conseguida através de *standards* “*Best in class*”, isto é, através do melhor método desenvolvido para desempenhar uma atividade. As normalizações são dinâmicas, adaptando-se às necessidades atuais. Deste modo, garantem-se processos controlados, sendo os desvios imediatamente identificados. Este princípio, para além de criar transparência, suporta a introdução e implementação sustentável de um processo de melhoria consistente na produção e nos processos que lhe são adjacentes.
- 4- Qualidade Perfeita – A Bosch orienta-se pelo objetivo de “zero defeitos”. Nesse sentido, a prevenção é primordial. Deste modo, evitam-se processos de retrabalho e, consequentemente, diminui-se o volume de trabalho dos colaboradores.
- 5- Flexibilidade – Para garantir a satisfação do cliente, é necessário adaptar os produtos às suas exigências. Por um lado, deve existir flexibilidade a nível de catálogo, proporcionando produtos adaptados às necessidades atuais do cliente. Por outro, é importante que a mesma linha de produção consiga rapidamente passar do fabrico de uma determinada alternativa de catálogo para outra. Para isso, o conceito de flexibilidade, quer dos equipamentos, quer dos colaboradores, é fulcral. Este vem garantir a competitividade da empresa.
- 6- Transparência – Assegura que todos conhecem não só as suas tarefas e objetivos, mas também detêm uma compreensão global da fábrica. Os desvios ao *standard* são facilmente detetados e a sua colmatação pode ser feita de imediato. Isto conduz a uma imagem global positiva.
- 7- Melhoria Contínua (CIP) – O BPS trabalha com o lema de que “não há nada que não possa ser melhorado”. Assim, ciclos de controlo curtos garantem a deteção imediata de falhas ou oportunidades de melhoria e possibilitam respostas rápidas. O objetivo principal é a eliminação de desperdício.
- 8- Envolvimento e Delegação do Poder nos Colaboradores – Neste ponto pretende-se utilizar o conhecimento e experiência dos colaboradores para melhoria contínua. Ao

envolve-los e delegar neles tarefas, os colaboradores sentem-se motivados para participar ativamente no processo de melhoria. Para isto, é fundamental desenvolver valores como espírito de equipa, comunicação e flexibilidade.

## 2.8 Gestão Visual

A gestão visual consiste na representação da informação de forma clara e estruturada, de modo a que a tomada de decisão seja intuitiva. Estudos do Kaizen Institute (2003) mostram que a informação visual é apreendida 5 a 6 vezes mais rapidamente que a oral. Assim, ao gerir visualmente, reduz-se o tempo necessário para a transmissão de informação e evitam-se mal entendidos.

Na Bosch Termotecnologia, S.A. a gestão visual é praticada constantemente e para qualquer nível hierárquico. Na linha de produção estudada neste projeto existem vários elementos que a suportam: sinalização luminosa de paragens no posto de trabalho, sinalização visual dos cartões *kanban* para reabastecimento, Quadro *Andon* e Quadro *Point CIP*.

Os cartões *kanban* são uma ferramenta da produção puxada: contêm informação de recolha de material, de transporte e de produção. Simplificando, estes cartões dizem ao colaborador quantas peças de determinado modelo é necessário entregar e sinalizam o momento em que deve reagir à solicitação.

Por sua vez, o Quadro *Andon* é um elemento de gestão visual que, quando existe uma paragem na linha é acionado pelo operador para pedido de ajuda, emitindo um sinal sonoro e um luminoso, identificando o posto com problemas. Para além disto, o quadro apresenta informação de produção, isto é, a produção atual real, a prevista e o desvio, motivando os colaboradores para atingir os objetivos.

Por fim, o Quadro *Point CIP* é uma ferramenta de acompanhamento diário de processos, explicada em detalhe na seção seguinte.

Em suma, a gestão visual é um fator essencial para um programa de melhoria contínua, uma vez que facilita a apresentação de dados, visualização de desvios e identificação de causas, entre outros (Figura 4).

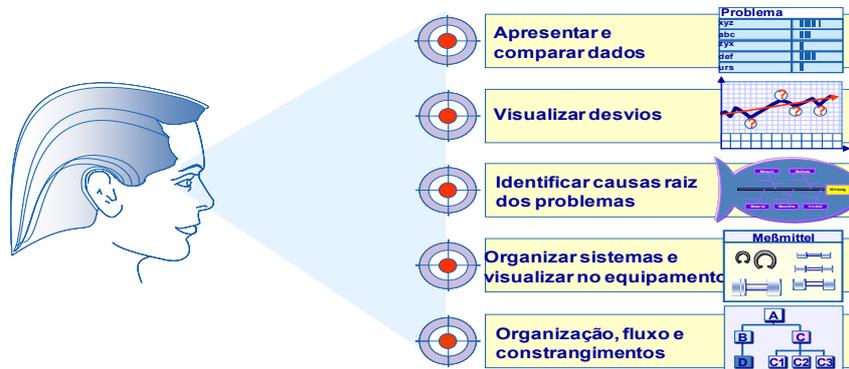


Figura 4 - Benefícios da gestão visual (Extraído de BGN, 2014)

## 2.9 Point CIP

*Point CIP* é uma ferramenta de melhoria contínua cujo campo de ação é a linha de produção ou local de trabalho e que tem como objetivo estabilizar e melhorar os *standards* atuais. É de realçar que é fundamental que os líderes, para dirigir um *Point CIP*, conheçam os processos

associados à produção. Só desta forma, é possível conduzir os colaboradores à solução. Esta ferramenta traduz-se em cinco elementos: confirmações de processo, sistema de reação rápida, comunicação estruturada, resolução de problemas sustentada e normalização de processos.

Os *standards* são a sua base: tornam os desvios visíveis e desencadeiam melhorias. Estes devem ser complementados com confirmações de processo (*Process Confirmation*), isto é, observações diárias do que

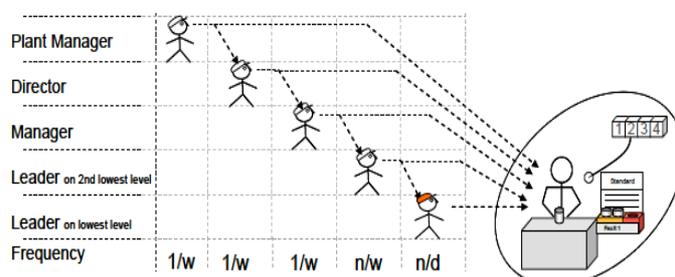


Figura 5 - Confirmação de processo (Extraído de BGN, 2014)

está a ser feito. Com frequências diferentes (uma vez por semana pelo gestor da fábrica e o diretor e gestor de produção, várias vezes por semana pelo responsável de área e várias vezes por dia pelo responsável de equipa), toda esta equipa deve fazer parte desta confirmação (Figura 5). Isto vem assegurar os objetivos a nível de qualidade, produtividade, prazos de entrega, custos e segurança. A par com os dois elementos descritos, deve existir um sistema de reação rápida (*Quick Reaction System*) que define quem e como deve responder a desvios encontrados. Para isto, são definidos limites de reação, pessoas de contacto e sistemas para pedidos de ajuda (como sistemas *Andon* e *Pull Cord*).

Paralelamente é crucial que a comunicação seja estruturada (*Structured Communication*). Nesse sentido, são definidas reuniões diárias (agenda, duração e participantes) para avaliar desvios ao *standard*. São avaliadas as causas das principais falhas e paragens de produção de forma a criar condições para as prevenir no futuro. Para isto, são criados ciclos PDCA, de forma a controlar a implementação de ações corretivas. Assim, os problemas são vistos como oportunidades de melhoria, focando todos os esforços no mesmo sentido.

Inevitavelmente, o processo de resolução de problemas é um fator crítico de sucesso. Este deve ter por base um método sistemático, no qual são definidas etapas, responsáveis e processos associados (*Sustainable Problem Solving*). O BPS utiliza uma folha de resolução de problemas *standard* que documenta o problema, análises efetuadas, ações corretivas e, por fim, a sua eficácia.

O *Point CIP* apresenta-se então como um processo:

- Sistemático, uma vez que consiste na implementação de um sistema de melhoria através da aplicação de diversos elementos BPS;
- Consistente, já que assegura o cumprimento de *standards* através da confirmação diária de processos (pequenos ciclos de controlo);
- Estruturado, pois é constituído por tarefas, métodos e técnicas *standard*;
- Contínuo, já que a melhoria e solução de problemas são incessantes e que os *standards* são dinâmicos;
- Dirigido por líderes que atuam como treinadores, dando o seu apoio ininterruptamente;
- Transparente uma vez que descortina desvios aos *standards* através de sistemas de reação e gestão visual imediatos (BGN, 2014).

Para sustentar esta ferramenta e facilitar as reuniões diárias existe o Quadro *Point CIP/TPM*, apresentado e explicado no Anexo B, presente em todas as linhas de produção da fábrica.

### 3 Apresentação da Linha de Produção

Nesta secção é apresentada a organização da Bosch Termotecnologia, S.A. bem como caracterizada a linha de montagem estudada na presente dissertação. Para além disso, é apresentada a situação inicial da linha.

#### 3.1 Organização fabril

A unidade de Aveiro da Bosch Termotecnologia é dividida em quatro secções principais: Produção, Pré-montagens, Montagem Final e Bombas de Calor.

Na área da Produção são fabricados componentes que são posteriormente integrados nos esquentadores e caldeiras. Analogamente, nas Pré-montagens, são montados componentes a integrar nos produtos finais. Na Montagem Final, as peças produzidas internamente e outros componentes de compra são montados, resultando em esquentadores e caldeiras prontos para venda. Por fim, as Bombas de Calor são produzidas numa secção própria com o mesmo nome.

O presente projeto foca-se na área da Montagem Final, mais concretamente numa linha de montagem de caldeiras (Linha A).

#### 3.2 Linha A

Na Linha A produzem-se caldeiras de condensação. Como referido anteriormente, esta gama distingue-se da tradicional pela transmissão do calor proveniente dos gases de combustão ao circuito de água. Assim, enquanto a eficiência energética de caldeiras convencionais é cerca de 90%, a de caldeiras de condensação é de 97.5%.

Esta linha foi implementada em junho de 2013, tendo-se verificado até janeiro do ano seguinte uma tendência ascendente de produção (Gráfico 1), para um modelo de três turnos diários e dezasseis de colaboradores. Note-se que existe um decréscimo da produção no mês de dezembro, justificado pelo período de férias dos colaboradores.

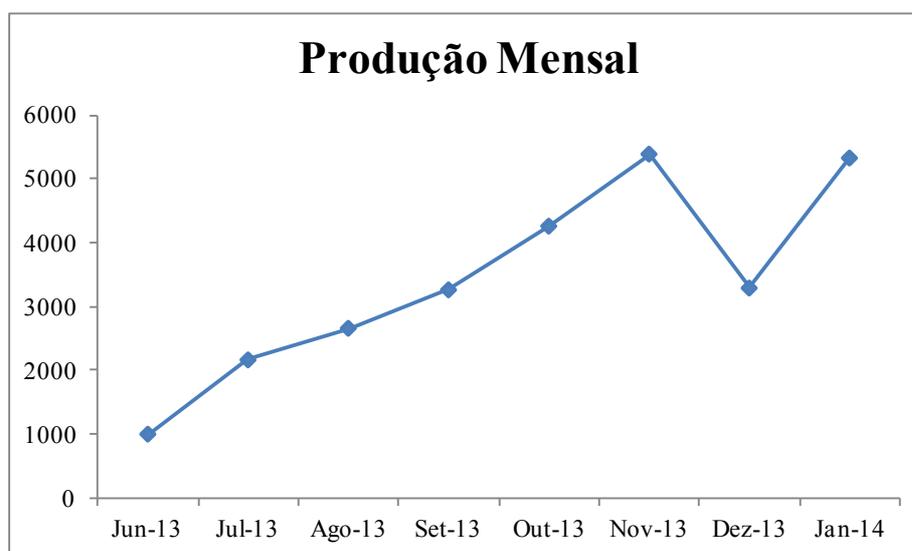
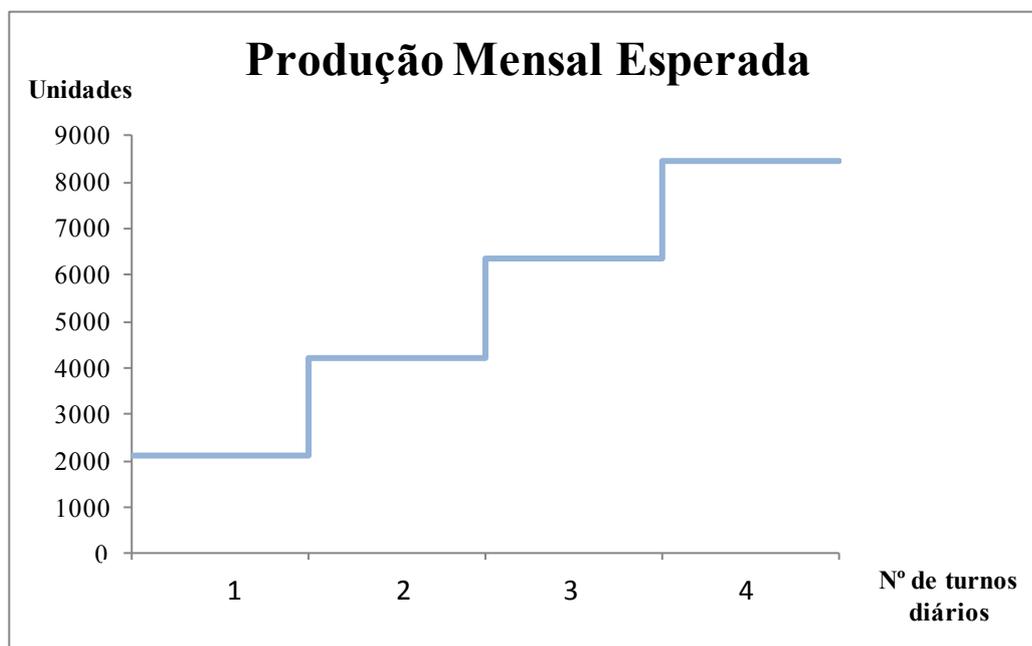


Gráfico 1 - Produção mensal da Linha A

Ainda no contexto da capacidade da linha, apresenta-se o Gráfico 2 que expõe os diferentes níveis esperados de produção mensal de acordo com os diferentes modelos de turnos (entre um e quatro turnos) com dezasseis colaboradores.



**Gráfico 2 - Produção mensal com diferentes modelos de turnos**

Ao comparar os dois gráficos anteriores, percebe-se que o volume de produção efetivo não iguala o esperado. Isto pode ser explicado por várias razões:

- O número de dias úteis utilizado para o cálculo do valor esperado pode não corresponder ao número de dias úteis dos meses considerados;
- Absentismo por parte dos colaboradores;
- Valores de OEE inferiores ao esperado.

Passando agora para organização espacial da Linha A, a sua disposição é em “U” e conta dezassete postos regulares e seis postos de ensaio. Para melhorar as condições ergonómicas, a deslocação do produto é feita através de *trolleys* ergonómicos (Figura 6).

De modo a proporcionar um melhor entendimento da linha, a Figura 7 esquematiza a linha de montagem. Inicialmente, a caixa da caldeira é montada (Posto 10) e o bloco hidráulico preparado (Postos 21 e 24). Depois de realizados os testes de estanqueidade (Posto 22) e inspeção visual do bloco (Posto 23), este é colocado na caixa (Posto 12). Seguidamente, a câmara de combustão, o coletor de condensação e o ventilador são montados e apertados à caixa (Postos 31, 34 e 32). Posteriormente são montados os restantes componentes e realizados testes de estanqueidade, de rigidez e de continuidade a vários elementos constituintes da caldeira (Postos 33 a 60). Após estas etapas, é efetuado o ensaio funcional (Postos 70 e 71). Por fim, é colocada a frente da caldeira (Posto 81) e o vaso de expansão (Posto 100), finalizando assim o processo de montagem. A última etapa da linha é a embalagem (Posto 102) e deslocação da paleta para o ponto de recolha.



**Figura 6 - Trolley ergonómico**

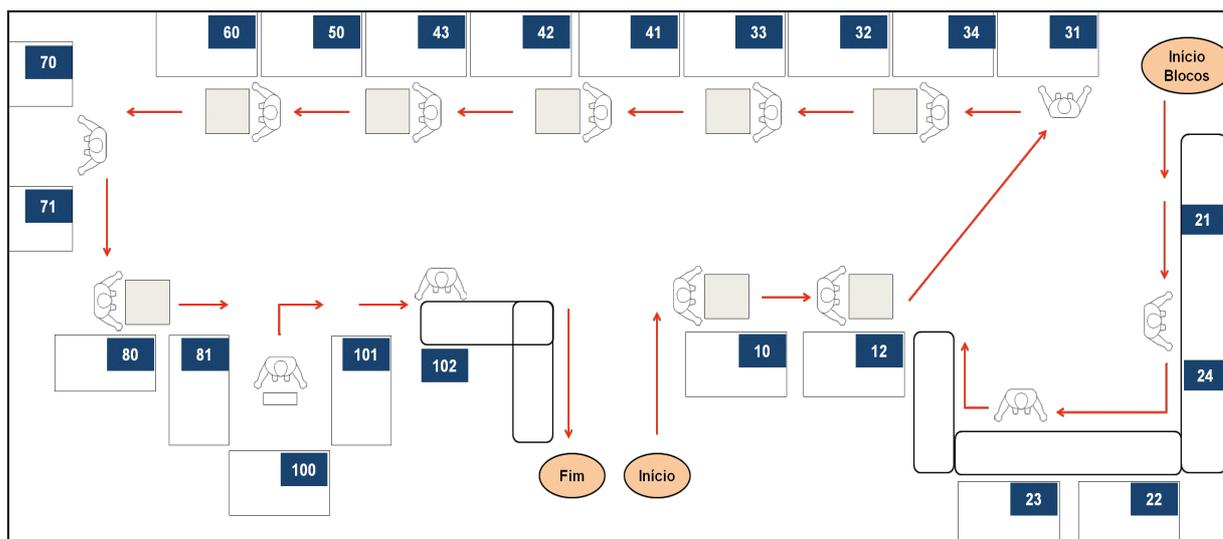


Figura 7 - Layout da Linha A

### 3.3 Situação Atual

Como supra mencionado, sabe-se que o grupo Bosch normaliza os processos das diferentes fábricas para otimizar os seus recursos. Para além disto, aumenta-se a flexibilidade de produção e controlam-se os níveis de *stock* necessários.

Particularmente na Linha A, esta normalização é fulcral para o sucesso do seu funcionamento. Isto prende-se com o facto de a linha ser um *pacemaker*, isto é, é ela que marca o ritmo de toda a cadeia de valor. Assim, é evidente afirmar que quanto mais preciso for o cumprimento do planeamento de produção, menores serão os custos associados ao processo.

A Bosch Termotecnologia, S.A. vende as caldeiras produzidas nesta linha exclusivamente a outra unidade do grupo Bosch, que as distribui no mercado. Deste modo, e apesar de a procura ser variável, é mais estável que em outras seções produtivas. No entanto, é relevante referir que o produto é sazonal, tendo maior procura nos meses de verão (junho, julho e agosto).

O sistema de planeamento é transversal a toda a fábrica: existe uma previsão da procura a 5 semanas mas o planeamento é feito semanalmente, adaptando-se a eventuais alterações. Todas as semanas o cliente comunica sua encomenda ao Departamento de Logística Externa que, por sua vez, transmite a informação ao Departamento de Logística Interna, responsável pelo primeiro esboço do planeamento de produção das diferentes seções da fábrica. Este esboço é discutido todas as terças-feiras numa reunião em que participam os responsáveis dos diferentes departamentos de produção, da logística e de gestão de tempos. Nesse mesmo dia, os responsáveis de linha são informados das decisões tomadas e comunicam-nas à sua equipa.

Quanto à adaptação da quantidade produzida, esta é dividida em duas categorias: alterações sazonais, em que se altera o modelo de turnos, e alterações semanais, em que se adota o sistema de banco de horas ou de horas extra. Relativamente ao modelo de turnos, em “época baixa” produz-se a dois turnos, enquanto em “época alta” é adotado o sistema de quatro turnos. No que concerne a banco de horas, sabe-se que quando há uma variação positiva na procura, se produz mais uma hora por turno ou em dias extraordinários. Por outro lado, se a variação for negativa o sistema é inverso: produz-se menos horas ou em menos dias.

Consequentemente, e como a Bosch pratica a produção *just in time*, os níveis de encomendas a fornecedores variam proporcionalmente. Assim, eliminam-se custos de armazém e facilita-se a logística interna. Esta é operacionalizada através de *milk runs*, ou seja, colaboradores que percorrem rotas predefinidas de forma a transportar material num sistema *just in time*. Existem dois tipos de *milk runs*: um que leva material dos supermercados (espaços de armazenamento próximos da linha de produção) para o bordo de linha (*point-of-use-storage*) e outro que transporta peças do armazém para o supermercado.

O fluxo de material é simples: à medida que as peças são utilizadas na linha de produção, o *milk run* recolhe o cartão *kanban* que lhe corresponde. Para abastecer a linha, utiliza peças do supermercado. Ao retirar caixas deste supermercado, envia um sinal para o *milk run* responsável pelo armazém para que reponha aquele material.

Apesar de muito semelhantes entre si, são produzidos na Linha A cinco modelos diferentes de caldeiras. As diferenças prendem-se principalmente com os modelos de bombas e permutadores utilizados no bloco hidráulico e com o modelo do regulador de caudal. As alterações exigem diferentes acessórios, manuais de utilização e caixas de embalagem. Assim, para tornar o processo de planeamento de produção mais estável, existe um padrão de nivelamento, baseado no *heijunka* do *Toyota Production System*. Neste, são definidas semanalmente as categorias do produto: cerca de 70% da produção corresponde a A, 20% a B e 10% a C. O objetivo desta distinção é produzir diariamente e no mesmo horário os produtos A. Com isto possibilita-se a normalização de processos e abastecimento semanal, o que aumenta a estabilidade da produção. Paralelamente evita-se excesso de *stock* quer de produto acabado quer de peças compradas.

No sentido de eliminar desperdícios e cumprir o *takt time*, são criados balanceamentos. Para os definir é necessário, em primeiro lugar, listar todas as atividades realizadas na linha em questão, tarefa cumprida pelos engenheiros de processo. Posteriormente, são-lhes atribuídos tempos de execução. Como supra mencionado, estes são definidos de acordo com a técnica *Methods-Time Measurement* (MTM) que define tempos pelo estudo dos movimentos necessários à realização de uma determinada tarefa.

Depois de determinado o tempo *standard* para a execução de um aparelho, é essencial definir o nível de produção necessário para satisfação da procura. Com isto, é decidido o número de operadores a trabalhar na linha, havendo a possibilidade de prever diferentes cenários para diferentes níveis de procura. Por fim, o tempo total é distribuído pelo número de colaboradores, definindo assim o tempo de ciclo dos operadores. De modo a proporcionar uma melhor perceção deste balanceamento, apresenta-se a Figura 8, que expõe o cabeçalho e um exemplo de tarefas listado nesta ferramenta. Note-se que na figura existem tarefas a azul. Estas representam atividades que os colaboradores efetuam esporadicamente, como retornar caixas ou tabuleiros para o *milk run* recolher. Por sua vez, a primeira linha (identificada a laranja), representa o tempo máquina mais elevado da linha. Neste caso, é de realçar que o tempo considerado refere-se a uma banca de ensaio mas que existem duas a trabalhar em simultâneo na Linha A.

		Secção /Célula	Familia	Produto	BALET - 0338			
		Linha A	CDI	Caldeira				
Folha de Trabalho Standard		Responsável	Analise efectuada por	Data	Revisão			
		TEF6 -	TEF6 -		00			
Nr.	Sequência Operacional	Operadores [nº]	16					
		Observações [nrº ROLLEYS]	14					
		POT-T. Planeado Produção	430					
		Capacidade Planeada [quant]	113					
		TcP-Tempo ciclo Planeado [s]	229.2					
		Eficiência Balanceamento [%]	95.3%					
		Posto Operador	Tempo [seg]	Tempos Acumulados por Operador				
	Carga (59.3") + tempo de teste funcional (280.2") + descarga (60.5")		400					
C 03285	C colocação e rebiteagem do painel cx de ar nas costas_ cx ar (6)		19.3	62.8				
C 03284	C colocação e rebiteagem suporte nas costas_ cx ar (3)		9.6	72.4				
C 01317	C colocação da cx de suportes junto ao BL de consumo		0.07	72.4				
C 01318	Retorno da cx vazia (B) - 500 pcs - S uporte		0.07	72.5				
C 01312	Rotação do gabarito da caixa 90º		3.42	75.9				
C 01320	C colocação e rebiteagem do suporte inferior pª costas (6)	Posto 10	21.7	97.6				
C 01324	Retorno do tabuleiro do suporte inferior		0.4	98.0				
C 03286	C colocação e rebiteagem dos suporte drt e esq no suporte inferior		23.4	121.4				
C 01330	Retorno da cx vazia (B) - 240 pcs - S uporte Esquerdo		0.1	121.6				
C 01330	Retorno da cx vazia (B) - 240 pcs - S uporte Direito		0.1	121.7				
C 01323	Deslocação do trolley (1 mt)		7.0	208.8				
C 01349	C colocação rebite plástico e suporte cx de comando no suporte		7.9	216.7				
C 01350	Retorno da cx vazia (B) - 200 pcs - S uporte C x Comando	Posto 11	0.2	216.9				
C 01351	Retorno da cx vazia (BB) - 1000 pcs - Rebite de plástico		0.0	217.0 OP1				

Figura 8 - Excerto do balanceamento inicial da Linha A

No início do projeto, e como observável na Figura 8, existia apenas um cenário produtivo para 16 operadores. Porém, foram criados mais três cenários (para 10, 14 e 15 colaboradores) de modo a aumentar a flexibilidade de produção. Assim, para além dos sistemas de banco de horas e modelo de turnos, a adaptação de produção às encomendas pode também ser feita pela alteração de cenários produtivos.

O tempo de produção de uma caldeira planeado para a linha de montagem em estudo é de 58,2 minutos. Sendo que existem 16 operadores por turno, e que é impossível distribuir as tarefas equitativamente, o operador com maior tempo de ciclo associado tem a seu cargo um determinado conjunto de tarefas contabilizadas em 229,2 segundos. Assim, este é o menor tempo possível em que uma caldeira sai da linha de produção.

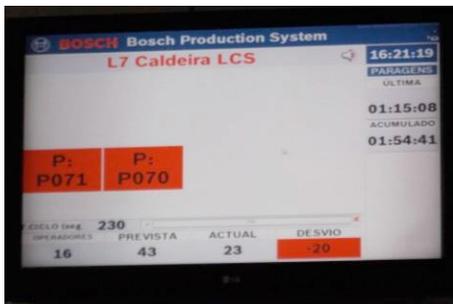
Sabendo que existem 430 minutos disponíveis por turno, o tempo de ciclo definido potencia a execução de cento e treze caldeiras por turno. Porém, existem inevitavelmente perdas de disponibilidade, velocidade e qualidade, contabilizadas no OEE. Estando este indicador atualmente em 85%, o número de caldeiras produzido baixa para noventa e seis unidades por turno.

A nível de gestão visual, existem vários mecanismos na Linha A. Por um lado existe sinalização luminosa (verde ou vermelha) em vários postos de trabalho, relacionada com resultados de testes, ensaios, aparafusadoras e chaves dinamométricas com sinal 0/1. Para além disto, existe outro tipo de sinalização para paragens de linha. Esta consiste numa luz vermelha no posto responsável pela interrupção (Figura 9) e numa sinalização sonora, para alertar os colaboradores. Por fim, existe um Quadro *Andon*, no qual se identifica o número de colaboradores na linha, o seu tempo de ciclo e o número esperado de caldeiras produzidas naquele momento. Em contraste, apresenta-se o número atual de produtos acabados e o desvio registado. Se este for negativo é representado a vermelho (Figura 11), se for positivo a verde

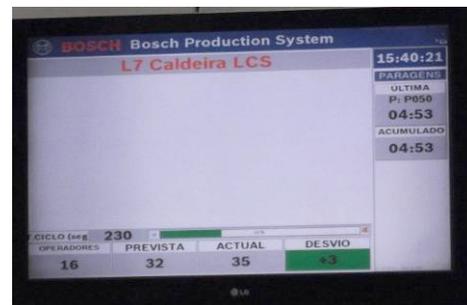
(Figura 10). Para além disto, o posto em que acontecem as paragens também é representado a vermelho no Quadro, para que todos os colaboradores saibam onde está o problema (Figura 11). Com a fácil percepção dos desvios, a motivação dos colaboradores para atingir os objetivos é incentivada.



**Figura 9 -**  
**Sinalização luminosa**



**Figura 11 - Andon com desvio negativo**



**Figura 10 - Andon com desvio positivo**

Para um entendimento mais aprofundado da linha, foi ainda desenvolvido um estudo juntamente com o Departamento de Qualidade. Para além da auditoria ao produto, existe atualmente uma folha de inspeções visuais que acompanha o *trolley* e pretende assegurar a existência ou a montagem correta de componentes críticos. Paralelamente foram implementadas três tarefas para assegurar pontos de qualidade críticos: passagem de dois calibres e marcação de clips do bloco hidráulico. A passagem dos calibres vem garantir que as roscas do tubo de água e da válvula de gás se encontram em perfeitas condições; a marcação dos clips surge como reforço à inspeção visual do Posto 23. Nesta última os operadores verificam a existência dos clips utilizados na montagem do bloco hidráulico e, em caso afirmativo, assinalam-nos com um marcador. É de referir que estas ações são posteriores à última atualização do balanceamento e foram implementadas como sendo de caráter temporário. Assim, aquando da aplicação da metodologia, é necessário rever estas atividades de forma a perceber a pertinência da sua manutenção e, em caso afirmativo, incluí-las no balanceamento.

Observou-se também que, a par com toda a fábrica, a Linha A possui vários sistemas *Poka-Yoke* e *Jidoka*. Estes estão inseridos no sistema informático de fluxo de informação da fábrica – *New Test Concept* (NTC) – que, para além de transmitir a informação, também contém uma base de dados que armazena informações relevantes para a gestão. Os *Poka-Yoke* são fundamentalmente constituídos por sistemas de contagem de rebites ou parafusos a utilizar em determinado posto, assegurando assim o número correto destes elementos no componente em questão ou até mesmo a sua sequência. É de realçar que exista a opção de um determinado elemento seguir na linha de produção sem passar com resultado positivo no *Poka-Yoke*. Isto

acontece para evitar paragens de linha por falhas do sistema informático, como por exemplo a não deteção de um rebite que foi efetivamente aplicado. Para distinguir estes “falsos negativos” de falhas reais, o operador tem que confirmar a operação efetuada.

A nível de sistemas *Jidoka*, existe um comum a toda a linha que faz a rastreabilidade do produto, impossibilitando a sua progressão na linha se aquela não se verificar. Esta rastreabilidade é conseguida pela leitura da etiqueta do modelo da caldeira, através de *scanners* ligados ao sistema NTC. Assim, quando um determinado componente não passou num teste anterior ou simplesmente não existem registos da sua passagem no posto antecedente, não é permitido o seu avanço. Este bloqueio é consequência de uma ordem do sistema informático, posto em prática através de *stoppers*, alavancas e aparafusadoras elétricas, entre outros. Sendo efeito de uma ordem informática, o desbloqueio é automático.

Num contexto diferente foram analisados os pontos de potenciais melhorias ergonómicas. Neste campo verificou-se que todos os postos de trabalho contêm, segundo os critérios da Bosch, condições ergonómicas favoráveis. Isto significa que cumprem uma *checklist* que tem em consideração pontos como postura corporal e altura de trabalho, área de alcance e campo de visão, espaço de movimentação e acesso, mostradores e dispositivos operacionais, peso de peças e cargas manuseadas e avaliação de risco.

Por fim é importante referir que a Linha A possui um Carro TPM (Figura 12). Este encontra-se junto à linha e tem como função minimizar o tempo de paragem associado à manutenção. Para isso, contém algumas peças e equipamentos suplentes para as bancas de trabalho, como rebitadoras, aparafusadoras e vedantes de postos de ensaio. Com isto, sempre que há algum problema relacionado com esse tipo de suplentes, o tempo de paragem para substituição é reduzido.



**Figura 12 - Carro TPM**

## 4 Implementação de Melhorias

Neste capítulo são apresentadas as ações de melhoria implementadas na Linha A para alcançar um aumento da eficiência produtiva. Em primeiro lugar é feita uma análise de processo e, com esta, detetam-se algumas oportunidades de melhoria, descritas nas seções subsequentes. Por fim são apresentados os ganhos decorrentes do projeto e estudos efetuados para garantir a sua continuidade.

### 4.1 Análise de processo

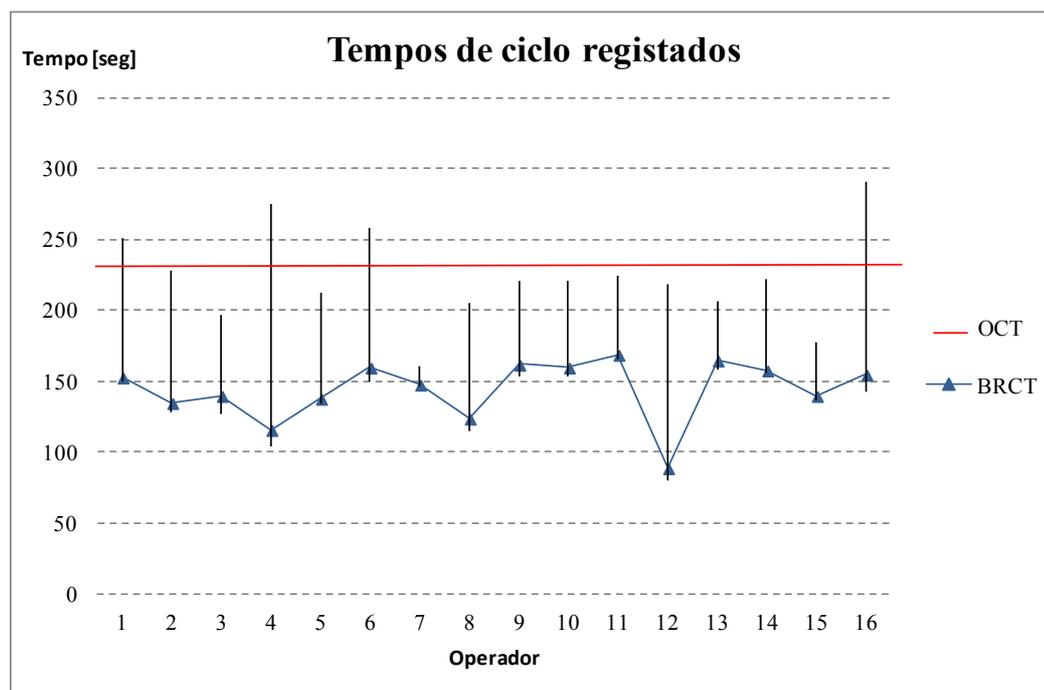
Nesta seção são explicadas as análises de processo efetuadas, quer a nível de operadores, quer a nível de equipamentos.

#### 4.1.1 Operadores

Para estudar a possibilidade de aumentar a eficiência produtiva e, conseqüentemente, diminuir o tempo de ciclo dos operadores foram feitas verificações de processo, pelo método de observação com o auxílio de um cronómetro e de uma ferramenta conceitual para análise de processo (Anexo C).

Estas foram efetuadas individualmente a cada um dos 32 operadores que integram a linha (divididos em dois turnos), num total de vinte medições cada. O número de medições foi definido internamente pelo Grupo Bosch. É importante referir que as medições foram feitas a dois colaboradores por posto (dois turnos) de modo a perceber a influência humana na execução de tarefas. Aquando das medições foram registados os tempos de espera dos operadores pelos postos adjacentes, decorrentes de desvios ao *standard* (como por exemplo falta de material ou falhas no sistema ou no processo). Adicionalmente, foram também levantados problemas técnicos e do processo e possíveis pontos de melhoria.

O ponto principal de atuação é a diminuição do tempo de ciclo dos operadores. Após um acompanhamento no terreno, verificou-se que o tempo de ciclo real dos colaboradores é inferior ao definido no *standard*. Isto é perceptível pela observação da Gráfico 3, em que OCT indica o *operator cycle time* definido no balanceamento (229,2 segundos) e BRCT o *best repeated cycle time*, isto é, o tempo mais baixo que o operador repetiu 20% das vezes aquando das medições, ou seja, o melhor bloco de quatro tempos iguais nos vinte tempos medidos para cada operador. Para além disto, estão registados os tempos de ciclo mínimo e máximo verificados por colaborador, para uma melhor perceção da amplitude de tempos verificada.

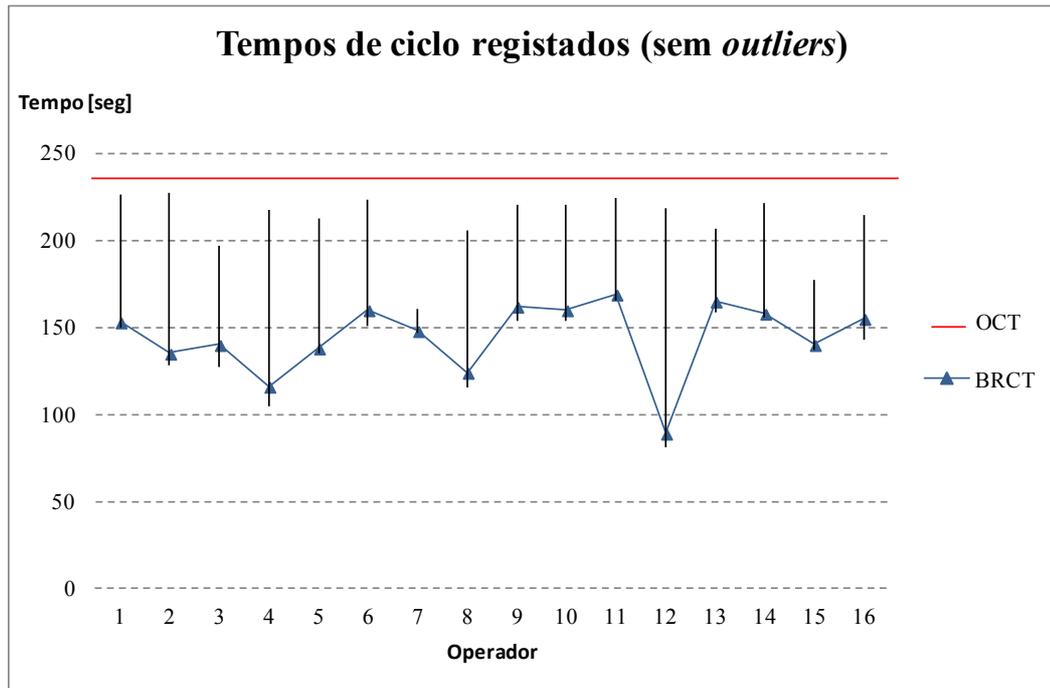


**Gráfico 3 - Tempo de ciclo dos operadores registados**

Após a observação do Gráfico 3, percebe-se que todos os colaboradores se encontram abaixo do tempo de ciclo definido no balanceamento, tornando evidente a necessidade de atualizar este *standard* de produção. É de realçar que, sendo um projeto de otimização, se utilizou o BRCT para considerações acerca de tempo de ciclo dos operadores. Esta prática foi validada pela fábrica do Grupo Bosch líder em processos BPS.

Porém, os tempos verificados no BRCT não representam uma proposta imediata para alteração do tempo de ciclo dos operadores, uma vez que se trata de uma mudança acentuada. Assim, considera-se o BRCT um objetivo futuro, passando por períodos de estabilização. É importante considerar que na Linha A existem 16 operadores por turno, o que dificulta a coordenação de tempos de ciclo. Para além disto, ao existirem diferentes turnos, é importante garantir que todos os operadores conseguem executar as tarefas no tempo definido.

Note-se que mesmo os operadores que registaram um valor máximo superior ao *standard*, têm o seu BRCT muito abaixo do mesmo. Isto deve-se ao facto de estas situações terem sido esporádicas, não sendo significativas para a diminuição de tempo de ciclo. No caso do operador 1, o tempo máximo deveu-se a um incumprimento do *standard* de produção; o operador 4 é o responsável pelo teste de visão, que falhou; já o operador 6 estava a testar um componente de um fornecedor diferente, que detetou dificuldades ao aparafusar; e, por fim, o tempo máximo registado pelo operador 16 foi devido à existência de um *milk run* na rota que ele percorre para deixar o produto acabado. O Gráfico 4 apresenta os tempos de ciclo dos operadores registados, excluindo os *outliers* mencionados.



**Gráfico 4 - Tempos de ciclo dos operadores registados, sem outliers**

Pela confirmação de processo, verificou-se que existem tempos de tarefas calculados com maior duração do que o efetivamente necessário para a execução das mesmas uma vez que, com a experiência, os operadores otimizaram intuitivamente os processos ao longo do tempo. Com isto, detetou-se que o maior potencial de melhoria se encontra nas atividades com maior tempo de execução associado. Assim, e de forma a reduzir o período de adaptação dos colaboradores, começaram por se reavaliar apenas as atividades cujo tempo atribuído era superior a 30 segundos. É de realçar que estas tarefas totalizam 16% do tempo total de operações. Numa fase seguinte, foram estudadas as tarefas contabilizadas entre 20 e 30 segundos, que representam 18% do tempo total. Por fim, foram analisadas as atividades que demoram entre 15 e 20 segundos (14% do tempo total).

Deste modo, efetuou-se uma confirmação do processo (dez medições) para as tarefas selecionadas de forma a redefinir o seu tempo de execução. Posteriormente foram calculados os tempos médios de cada tarefa. Estes foram comparados com os tempos previstos nas folhas de *standard work* originais. Com isto, detetou-se potencial de melhoria de aproximadamente 575 segundos. No sentido de não promover uma alteração muito brusca, estes não foram retirados na totalidade ao tempo de execução global de uma caldeira. Assim, foram apenas reconsideradas as tarefas contabilizadas em mais de 20 segundos. Esta redefinição de tempo de atividades permitiu reduzir o tempo total de execução de uma caldeira em aproximadamente 530 segundos.

Para redefinir o tempo de ciclo dos operadores e, posteriormente, atualizar o balanceamento, estes foram divididos pelos 16 operadores, obtendo-se uma redução de cerca de 33 segundos no tempo de ciclo de cada operador. Como espectável, esta diminuição levou a alterações na sequência de trabalho dos colaboradores. Assim, foi necessário dar-lhes formação e fazer acompanhamento no terreno. Este acompanhamento contínuo garante a sua compreensão das atividades a desenvolver e assegura o cumprimento do *standard*.

De forma mais detalhada, este procedimento na Bosch é assegurado por um programa informático (*Maintenance of Time Components*), ligado ao *software* SAP. Neste programa

descrevem-se detalhadamente as tarefas e são-lhe atribuídos valores de tempo de execução. Depois de concluídas todas as atividades, os valores são exportados para uma folha de Excel, onde o balanceamento é atualizado manualmente. Isto significa que, sendo agora o tempo total de execução de uma caldeira menor, é necessário ajustar as tarefas de cada operador de forma a equilibrar a sua carga de trabalho. Nesta etapa, para além de respeitar as sequências de montagem, é necessário avaliar as rotas dos colaboradores uma vez que existem limites de alcance e que não deve existir cruzamento de rotas de operadores. Por fim, depois de o novo balanceamento ser aprovado, é necessário comunicar as alterações ao Responsável de Equipa. Este deve responsabilizar-se pelo acompanhamento dos operadores, garantindo o cumprimento do *standard*.

Em jeito de conclusão, apresenta-se a Tabela 1 com o tempo de ciclo dos operadores inicial, o potencial de redução (na primeira fase com a revisão das tarefas mais longas e na segunda fase com a revisão das tarefas intermédias) e o tempo de ciclo potencial encontrado.

**Tabela 1 - Tempos de ciclo dos operadores potenciais**

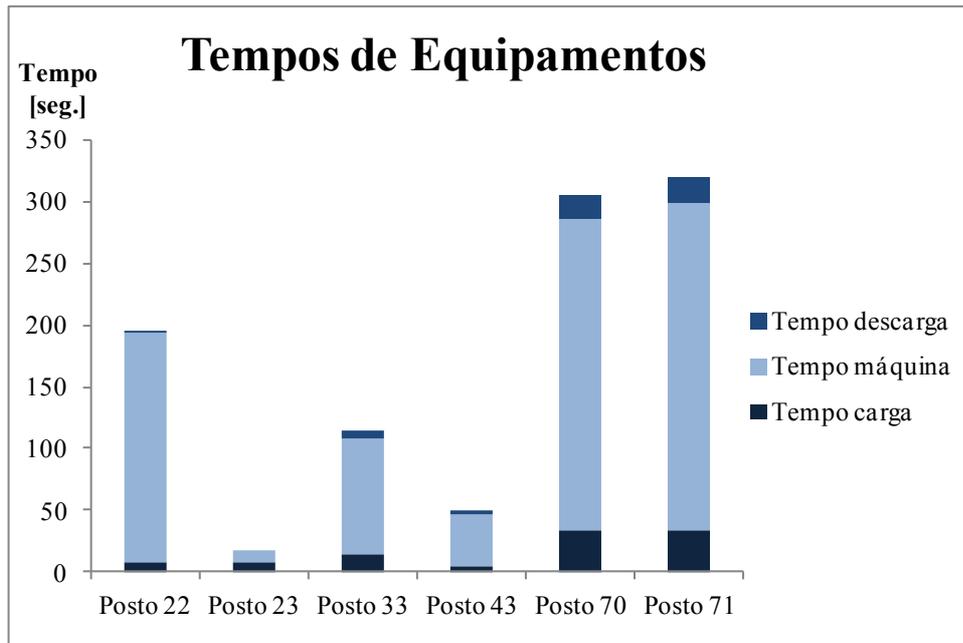
	<i>Tempo de ciclo dos operadores inicial [seg.]</i>	<i>Potencial de redução por operador [seg.]</i>	<i>Tempo de ciclo potencial dos operadores [seg.]</i>
<b>1ª Fase</b>	229	26	203
<b>2ª Fase</b>	203	7	196

#### **4.1.2 Equipamentos**

Sendo que o estudo anterior apenas revela o tempo de trabalho manual, foi posteriormente complementado com a análise dos tempos de equipamentos (Anexo D). Esta proporciona um melhor entendimento do funcionamento da linha a nível de gargalos de produção e potenciais ações de melhoria. Com isto, percebe-se se os postos que contêm ensaio acompanham o potencial de redução descrito na Tabela 1 e, conseqüentemente, a exequibilidade da diminuição do tempo de ciclo dos operadores. Antes de mais é importante referir quais os ensaios realizados nos diferentes postos:

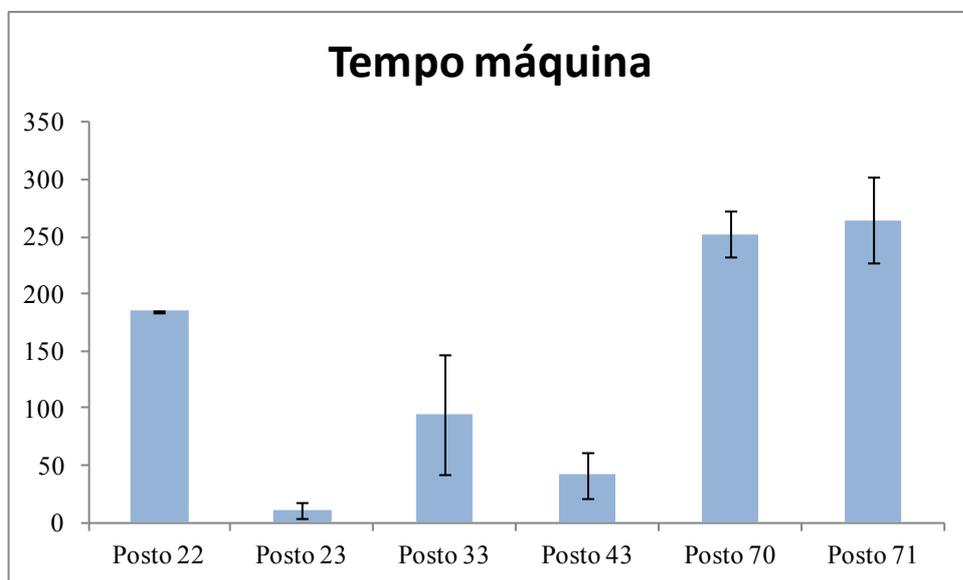
- Posto 22 – Ensaio de estanqueidade ao bloco hidráulico;
- Posto 23 – Teste de deteção de clips do bloco hidráulico;
- Posto 33 – Ensaio de estanqueidade do tubo de gás;
- Posto 43 – Ensaio de estanqueidade do vedante da tampa;
- Posto 70 e 71 – Bancas de ensaio funcional.

Para efeitos teóricos, foi calculada a média das medições de cada posto, separando o tempo de carga, de operação dos postos de ensaio em si e de descarga (Gráfico 5). Como se pode observar, e sendo que os Postos 70 e 71 trabalham em simultâneo, o gargalo da linha é o Posto 22, com um tempo máquina de 188 segundos.



**Gráfico 5 - Tempos de equipamentos**

Com o intuito de perceber quais os desvios registados aquando das medições, optou-se por tratar separadamente os tempos máquina dos de carga e descarga. Deste modo, o Gráfico 6 expõe a média e o respetivo desvio padrão registados nos tempos máquina. Como se pode observar, estes são muito baixos nos Postos 22 e 23. No entanto, os Postos 33, 43, 70 e 71 apresentam valores elevados de desvios, justificados pela necessidade de repetições de ensaios. Estas repetições acontecem quando o componente não passa à primeira no ensaio de estanqueidade, dando-se a necessidade de trocar algum tipo de componente e repeti-lo.



**Gráfico 6 - Tempo máquina (média e desvio padrão)**

Analisando agora o tempo manual (carga e descarga) associado aos mesmos postos (Gráfico 7), verifica-se que o desvio padrão é significativo apenas nos Postos 70 e 71. Ora, sendo o tempo de carga e descarga das bancas de ensaio bastante superior ao dos outros postos, é compreensível que o seu desvio também o seja.

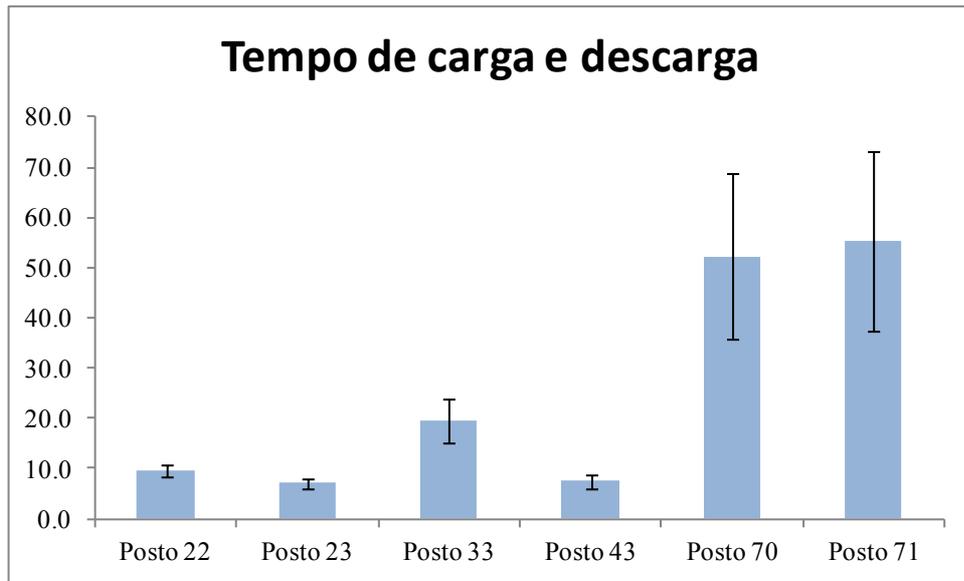


Gráfico 7 - Tempo de carga e descarga (média e desvio padrão)

#### 4.2 Paragens dos equipamentos

Ao observar os Gráficos 8 e 9, conclui-se que os Postos 22 e 33 são as causas das maiores paragens, sendo por isso os prioritários aquando da implementação de ações. Após a análise de todas as causas e efeitos da seção anterior, considerou-se que se obteriam melhores resultados com atuação na área da troca de componentes (área da qualidade) do que nas rotinas de montagem e desmontagem.

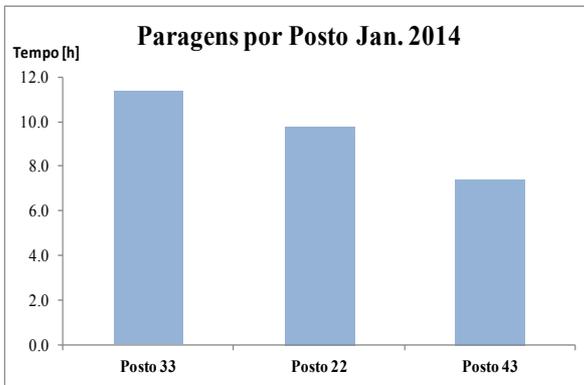


Gráfico 8 - Principais paragens (jan. 2014)

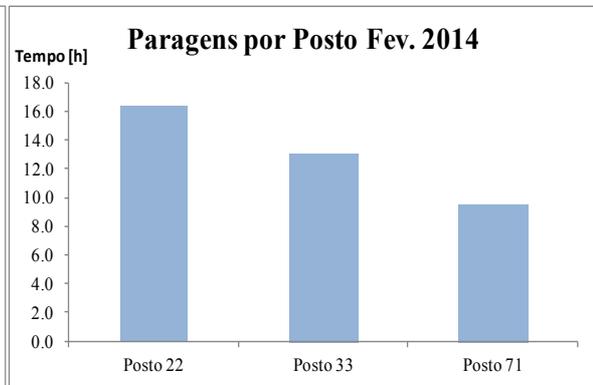


Gráfico 9 - Principais paragens (fev. 2014)

Relativamente ao Posto 22, detetou-se que a principal causa de paragem era o tipo de vedantes utilizados. Após várias experiências, percebeu-se qual o mais indicado e fez-se a substituição de todos os utilizados nesta estação. Para além disto, foi constituído *stock* deste material no Carro TPM de modo a evitar paragens aquando a deterioração dos mesmos.

No que respeita ao Posto 33, sabe-se que o principal motivo para as suas paragens se prende com a repetição dos ensaios de estanqueidade. Esta repetição é feita após a troca de diversos elementos constituintes da caldeira: vela, vedante da vela, ventilador, vedante “borboleta”, tampa da câmara de combustão e, por fim, a própria câmara de combustão (denominada de WB7). Esta troca é feita porque não existem garantias sobre qual dos componentes está a afetar a estanqueidade do produto. Assim, para tentar perceber qual a causa, trocam-se os componentes referidos sequencialmente, ou seja, o procedimento estabelecido é substituí-los

pela ordem em que estão enumerados. Deste modo, quando a falha é, por exemplo, na câmara de combustão, todos os outros componentes já foram trocados, o que aumenta o tempo de paragem.

Para conhecer a extensão das falhas nos ensaios deste posto e perceber a causa fundamental destas repetições, foram estabelecidos limites de reação, detalhados na seção subsequente. Após o entendimento das falhas, estas serão colmatadas e o tempo de paragem por posto diminuirá.

#### 4.2.1 Estabelecimento de limites de reação

Com o estudo e análise da Linha A, percebeu-se que não estão atualmente definidos limites de reação. Estes são definidos para aumentar a percepção dos problemas de qualidade do produto, evitando a produção de sucata. O objetivo é, ao longo do tempo, ir diminuindo os limites de reação de modo a, no final, ocorrerem zero defeitos.

Estes limites podem estar relacionados com defeitos ou abastecimentos de material que não corresponde ao pedido no cartão *kanban* (e assim levam à montagem incorreta de componentes) e definem-se como a quantidade de falhas admissíveis. Sendo que o objetivo final é de zero defeitos, numa fase inicial admite-se que consoante o problema em questão, existe um certo número de ocorrências que não é problemático. Assim, o número de incidências por posto está associado a uma cor: verde (não é problemático), amarelo (requer atenção) e vermelho (implica paragem de linha). O objetivo desta ferramenta é criar uma metodologia para resolução de problemas de qualidade do produto: quando os limites estabelecidos são ultrapassados, há uma reunião com os responsáveis pela linha e procura-se uma solução para eliminar a causa.

Para definir limites de reação apropriados para a Linha A foi inicialmente necessária a análise das causas dos defeitos encontrados nos diferentes postos de trabalho. Esta evidenciou que existem dois tipos de problemas distintos: falhas nos abastecimentos e resultados de ensaios.

Quanto aos abastecimentos, é importante referir que estas se devem a trocas de material, isto é, o componente pedido no cartão *kanban* não é o abastecido. Porém, estas trocas nem sempre implicam paragens de linha. Isto deve-se ao facto de o operador, apercebendo-se que o material recebido não corresponde ao pedido no cartão *kanban*, alertar o responsável de equipa. Este comunica a necessidade de reabastecimento ao *milk run*, que torna esta necessidade a sua prioridade. Assim, muitas paragens são evitadas. No entanto, esta situação impede a clara noção dos problemas atualmente existentes.

Para perceber a dimensão do problema, foram definidos os limites de reação que englobam não só a produção de sucata efetiva mas também os alertas dados pelo responsável de equipa à logística. Assim, optou-se por definir apenas um limite de reação relativo a abastecimentos para a linha, no qual se assinala qual o posto ou postos afetados numa determinada falha. Deste modo, aquando da análise desta ferramenta, será possível perceber onde é que estas são proeminentes.

Numa primeira fase admitiu-se que o limite de reação seria dez ocorrências por turno, sendo que seis não é grave, mas a sétima já requer atenção. Note-se que estes limites estão claramente alargados, sendo que idealmente não existem abastecimentos trocados. Isto justifica-se pelo facto de, nesta fase inicial, o objetivo ser apenas registar o número de ocorrências real, para se poderem tomar ações corretivas de forma sustentada. Para uma melhor percepção destes limites de reação, apresenta-se a Figura 13.

Causas ou Modos de Falha		Limites de Reação – Linha A Acompanhamento por Turno								
<b>Abastecimentos</b> Paragens - (nº casos)	10	■	■	■	■	■	■	■	■	■

PointCIP – Linha 7
Última Atualização: Mai-2014
Bosch Production System

**Figura 13 - Limites de reação (abastecimentos)**

No que toca aos resultados de ensaios, e como referido na seção anterior, verifica-se que a repetição de testes é efetuada maioritariamente no Posto 33. Assim, em primeiro lugar, é essencial perceber a causa das iterações. Para isso, os limites criados foram dissociados nas diferentes trocas de peças efetuadas aquando das repetições (Figura 14).

Causas ou Modos de Falha		Limites de Reação – Linha A Acompanhamento por Turno							
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de vela - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de vedante vela - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de ventilador - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de borboleta - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de tampa da câmara - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Estanquidade NOK – P33</b> Troca de WB7 - (nº casos)	6	■	■	■	■	■	■	■	■

PointCIP – Linha 7
Última Atualização: Mai-2014
Bosch Production System

**Figura 14 - Limites de reação do Posto 33**

No início do mês de julho, os limites definidos vão ser analisados de modo a perceber quais são os problemas mais críticos da linha e quais são, na verdade, os limites adequados para os problemas encontrados. O objetivo é diminuí-los de forma sustentada, criando ações corretivas, até o número de falhas admissível ser apenas uma.

### 4.3 Tempo de ensaio elevado

Para proceder à diminuição do tempo de ciclo dos operadores, foi fulcral a redução do tempo máquina do Posto 22. Como supra mencionado este posto é o gargalo de produção da linha, contando com 188 segundos de tempo de ensaio. Adicionalmente, no início do projeto, o

tempo considerado para carga e descarga era de 16 segundos, totalizando o tempo do equipamento em 204 segundos. Ora, sendo o tempo de ciclo mínimo potencial de 196 segundos é preponderante que o tempo máquina seja no máximo 180 segundos para que, com os períodos de carga e descarga, não ultrapasse o tempo de ciclo definido.

Para realizar este ensaio, o posto é programado com determinados tempos de enchimento de ar do bloco, de estabilização e de teste, sendo que, no final, apresenta o resultado positivo ou negativo do ensaio. No sentido de estudar a possibilidade de diminuir o tempo de equipamento do posto e, sendo que os tempos de enchimento e de teste são baixos (10 e 5 segundos, respetivamente), optou-se por testar a redução do tempo de estabilização. Assim, este foi reduzido em dez segundos, permitindo que o tempo total do equipamento descesse para 178 segundos e garantindo a exequibilidade da redução do tempo de ciclo máxima considerada.

Com o intuito de efetuar esta redução, foi feito um estudo de capacidade do posto. Como mencionado anteriormente, no Posto 22 é feito um ensaio de estanquicidade do bloco hidráulico, ou seja, é medido o valor da fuga de ar. Idealmente, este valor é nulo, porém, são admissíveis valores até 30 cm<sup>3</sup>/h, de modo a garantir um intervalo de confiança de 99.73%. Estes valores de caudal de ar libertado denominam-se de cota de fuga. Aquando do estudo de capacidade do posto foram medidos valores da cota de fuga do bloco hidráulico com a implementação de um tempo de estabilização 10 segundos inferior ao inicial e comparados com o valor esperado. Para garantir a fiabilidade dos dados, foram feitas 65 medições, sendo que a Bosch exige 50 medições para a extração de conclusões. Este estudo revelou que os limites estatísticos eram semelhantes para o programa atual e para o proposto, obtendo-se assim aprovação do Departamento de Qualidade para prosseguir com a alteração. Desta forma, o novo tempo máquina do Posto 22 passa a ser 178 segundos, permitindo a alteração sustentada do balanceamento.

#### 4.4 Falhas no sistema informático

Após a análise do sistema informático (NTC) concluiu-se que este compreende essencialmente dois problemas: falhas inesperadas e desatualização.

As falhas inesperadas foram analisadas e concluiu-se que a sua causa se prende com o facto de se efetuarem simultaneamente duas leituras com *scanners* diferentes em postos que comuniquem entre si. Isto significa que existem lacunas a nível de programação do NTC que levam ao seu bloqueio nesta situação. Esta questão revelou-se mais complexa que o esperado. Assim, foi comunicada ao fornecedor deste serviço informático e, atualmente, aguarda-se uma solução.

Quanto à desatualização, esta manifesta-se em sistemas *Poka-Yoke* nos quais é feita uma contagem de rebites. Antes de mais, é importante referir que neste tipo de sistemas a contagem é feita através de sistemas NTC ligados ao equipamento que contém as rebitadoras. A verificação da aplicação dos rebites é feita através de sistemas pneumáticos, em que existe uma queda de pressão aquando da colocação de um rebite. Foram encontrados três problemas distintos:

- Num posto, a contagem de rebites não está a ser feita de forma eficaz devido ao tempo associado a deteção da queda de pressão. Isto significa que o operador é mais rápido que o sistema, pelo que executa dois rebites no tempo de um. Deste modo, só é feita a contagem de cerca de metade dos rebites. Com isto, o colaborador é forçado a enviar o

produto para o posto seguinte sem obter o resultado positivo do *Poka-Yoke*, deixando de assegurar alguns parâmetros de qualidade do produto. Para eliminar este problema a programação do NTC foi alterada de modo a diminuir o tempo determinado para a rebitagem.

- No segundo, o sistema não deteta o primeiro rebite uma vez que a comunicação entre o posto e o servidor é mais lenta que o operador. O que acontece é que ao obter o resultado positivo do ensaio do posto anterior, é enviada uma informação para o servidor com o número de rebites a utilizar no modelo de caldeira que está a ser produzido. Ora, o tempo de chegada desta comunicação é superior ao tempo que o colaborador leva para começar a rebitagem. Assim, o primeiro rebite não é detetado. Com o intuito de colmatar esta falha procedeu-se também uma alteração da programação, mas desta vez no sentido de diminuir o tempo de comunicação entre posto e servidor.
- O terceiro caso manifesta-se em dois postos, em que o sistema não deteta nenhum rebite. Esta falha deve-se ao facto de o comutador de pressão estar desafinado, ou seja, o valor para o qual a pressão cai é superior ao valor estabelecido para a deteção do rebite. Para solucionar esta lacuna afinaram-se os limites definidos para queda de pressão.

As atualizações destes sistemas foram efetuadas pelos Departamentos de Manutenção e Técnico, melhorando, por um lado, a qualidade associada ao produto e, por outro, reduzindo o tempo de execução das tarefas dos operadores.

#### 4.5 Ações TPM

Relativamente às atividades TPM, estas passam por verificar o cumprimento dos planos de manutenção autónoma, garantir o bom funcionamento dos *trolleys* e melhorar condições do local de trabalho.

Para garantir os cumprimentos dos planos de manutenção autónoma, foram executadas confirmações de processo e dada formação aos colaboradores no sentido de os sensibilizar para os benefícios destas ações.

Os *trolleys* em estado crítico foram enviados para manutenção. Os principais problemas destes elementos prendem-se com os seus movimentos verticais (subida e descida) e de rotação. Com isto, foram feitos pedidos de material ao fornecedor e corrigidos os problemas encontrados. Ainda neste âmbito, observou-se que existem três gabaritos danificados, que não permitem a conclusão positiva do ensaio funcional. Estes foram enviados para o Departamento de Manutenção, que corrigiu o problema.

Por outro lado, verificou-se as impressoras da linha em questão necessitam de fitas de impressão próprias para tipografarem as etiquetas. No início do projeto, estas fitas existiam na fábrica, mas não estavam próximas da Linha A. Assim, constatou-se que existia um elevado tempo de paragem da linha quando era necessário substituir a fita de impressão. Conhecido este potencial de melhoria, colocaram-se as duas fitas de impressão utilizadas na Linha A no Carro TPM, reduzindo assim o tempo de paragem necessário para a substituição das mesmas (Ficha de Melhoria 1, no Anexo E). Note-se que uma Ficha de Melhoria é uma ferramenta BPS que descreve as melhorias efetuadas: em que área se inserem, que problema vieram resolver, qual a solução e quando foram implementadas.

Verificou-se que existiam potenciais pontos de melhoria nas condições de trabalho dos operadores. Detetou-se que um gabarito de suporte de montagem de uma parte da caldeira não estava fixo ao chão. Ora isto pode por em causa a segurança do operador se, ao aplicar um movimento mais forte, este suporte se movimentar. No sentido de colmatar esta lacuna, o suporte foi fixado ao chão (Ficha de Melhoria 2, no Anexo E).

Por outro lado, observou-se também que o local do botão de emergência do Posto 22 não era o mais indicado uma vez que este podia ser acionado involuntariamente, provocando paragens de linha desnecessárias. Assim, este foi alterado para uma localização que dificulta o acionamento involuntário (Ficha de Melhoria 3, no Anexo E).

#### **4.6 Ações relacionadas com a qualidade do produto**

As tarefas relacionadas com a qualidade do produto supra mencionadas foram revistas. Em primeiro lugar, a folha de inspeções visuais foi analisada e atualizada, retirando-se tarefas em que já eram realizadas verificações por operadores em postos anteriores, tornando-se redundantes as tarefas nos postos seguintes. Esta atualização traduziu-se na eliminação de quatro inspeções, representando um ganho de 19.2 segundos.

A passagem dos dois calibres (no tubo e na torneira de gás) revelou-se essencial para garantir a qualidade do produto, uma vez que estes componentes não são verificados de outra forma. Deste modo, estas tarefas foram incluídas no balanceamento.

Por fim, foi feito um estudo sobre a pertinência da marcação de clips do bloco hidráulico. Como referido anteriormente, os operadores assinalam com um marcador os clips existentes. Esta ação é executada após a inspeção visual do Posto 23, pelo que inicialmente aparentava ser redundante. Porém, depois de discutir a questão com o engenheiro de processo e o Departamento de Qualidade, concluiu-se que o equipamento existente no Posto 23 não é suficientemente capaz para garantir 100% de fiabilidade. Deste modo, optou-se por manter a marcação manual de clips.

#### **4.7 Alteração do local do produto acabado**

Aquando da análise das verificações de processo, detetou-se que o tempo de transporte da palete ao local de produto acabado era elevado devido a duas razões. Em primeiro lugar, exige a deslocação do operador em cerca de 10 metros, contabilizada no balanceamento. É de salientar que esta deslocação é mais demorada que a regular uma vez que o colaborador responsável pela embalagem (Operador 16 do balanceamento) tem que impulsionar um carro (que, na ida, contém uma palete de seis caldeiras). Por outro lado, a transferência do produto coincide com as rotas dos *milk runs*, causando “trânsito”. Deste modo, o operador tem que esperar que o *milk run* termine as suas tarefas e retire o carro para executar a sua tarefa de transporte.

Para evitar estas perdas, foi estudada a possibilidade de alterar a localização do produto acabado. Este seria transferido para a frente do local onde é feita a embalagem do produto, como se pode observar na Figura 15. Deste modo, diminuir-se-ia a deslocação do operador e a incidência de situações de “trânsito”, reduzindo assim o tempo associado a este colaborador e permitindo um rebalanceamento das tarefas.

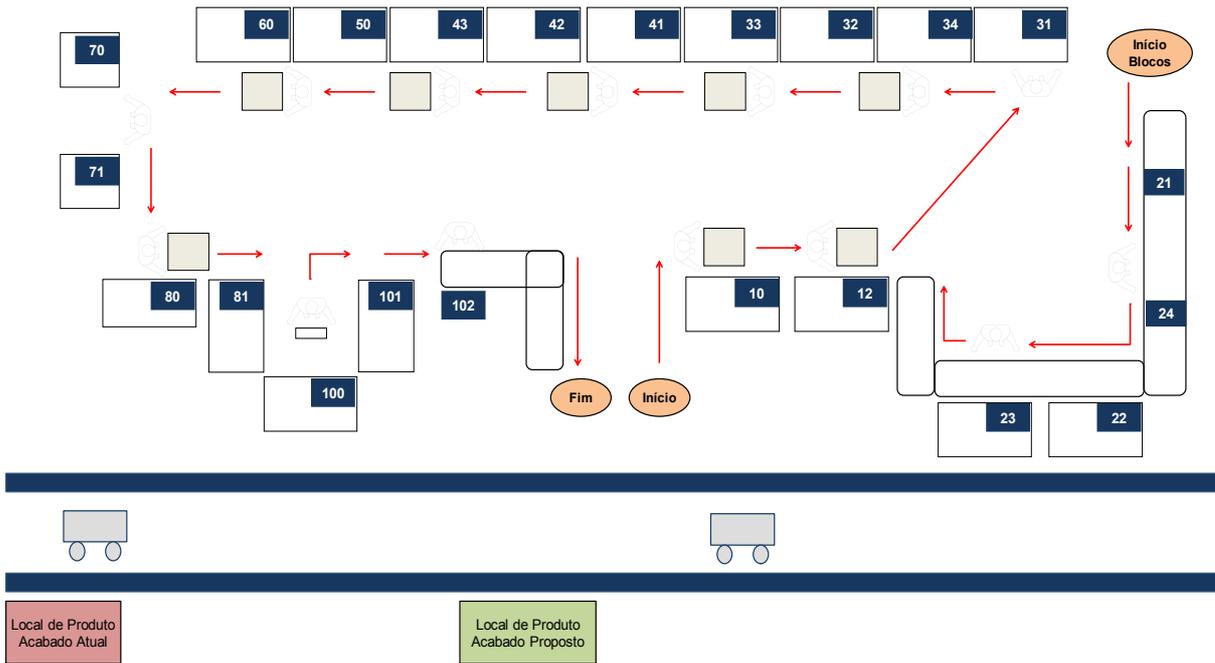


Figura 15 - Alteração do local do produto acabado

Esta proposta foi aprovada pelo responsável de área e pelo Departamento de Logística. No entanto, para proceder à mudança é necessário aguardar outras alterações de *layout* pendentes na fábrica. Isto prende-se com o facto de o local proposto estar atualmente a ser utilizado pelo responsável de equipa de outra linha, situação que será resolvida com as alterações pendentes. Deste modo, a alteração do produto acabado da Linha A está agendada para o início do mês de julho.

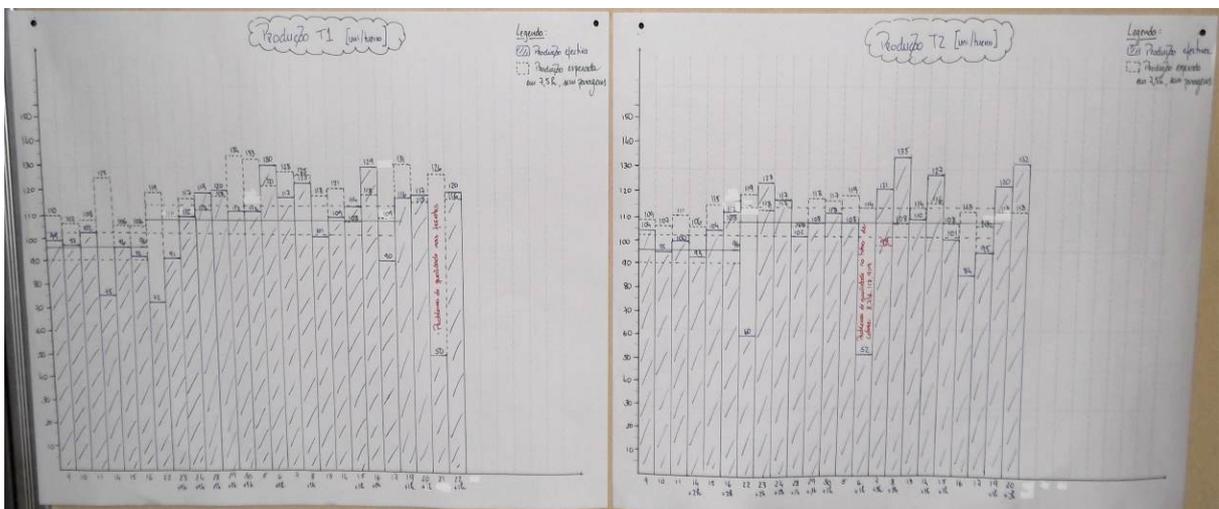
#### 4.8 Alteração do balanceamento

Após a análise do Gráfico 3, percebe-se que existe um grande potencial de melhoria com a redução do tempo de ciclo dos operadores. Porém, é fulcral garantir períodos de estabilização e adaptação para que não existam roturas aquando da implementação de mudanças. Neste sentido, optou-se por dividir o projeto em duas fases, aumentando o volume de produção de forma estável. Foi definido que os aumentos de *output* seriam feitos em ciclos de produção, isto é, pelo número de caldeiras de uma palete (seis caldeiras).

Na Fase I, foi planeado o aumento de dois ciclos de produção, isto é, mais 12 caldeiras por turno (correspondendo a uma passagem do tempo de ciclo dos operadores de 229 para 203 segundos). Esta redefinição do tempo de ciclo dos operadores e consequente rebalanceamento de tarefas, foi alcançada através de redução de perdas de disponibilidade do OEE (conseguido essencialmente pela redução de paragens do Posto 22), implementação de ações de melhoria descritas nos subcapítulos anteriores e redefinição do tempo de execução das tarefas mais extensas.

Como supra mencionado, detetou-se potencial de melhoria nas tarefas com maior tempo de execução associado. Assim, para não proceder a uma alteração muito brusca, nesta primeira fase foram apenas reconsideradas as tarefas contabilizadas com mais de 30 segundos. Juntamente com as outras ações de melhoria implementadas, esta redefinição de tempo de atividades, e consequente atualização do balanceamento, permitiu reduzir o tempo de ciclo dos operadores em aproximadamente 26 segundos.

Para o sucesso do projeto tornou-se essencial garantir períodos de estabilização. É de referir que durante estes períodos foram feitos acompanhamentos diários do volume de produção por turno e das paragens registadas. Este acompanhamento (Figura 16) foi efetuado através de dois gráficos (um para cada turno), nos quais o eixo horizontal representa os dias do mês e o eixo vertical o número de unidades produzidas. As colunas a traço azul contínuo representam o volume de produção efetivo por turno, independentemente de os operadores terem trabalhado ou não horas extra, sendo que o número de horas extra feito está registado em baixo do eixo horizontal. As colunas a traço verde representam o número de caldeiras esperado no período de trabalho normal do turno, caso não se verificassem as paragens registadas no *Andon*. Adicionalmente, estão representadas linhas horizontais a verde, a traço contínuo e interrompido. O traço contínuo representa o objetivo do volume de produção para aquele período e o traço interrompido mostra os limites aceitáveis para a produção. Estes limites foram definidos como o objetivo mais ou menos seis caldeiras.



**Figura 16 - Acompanhamento diário do volume de produção e paragens registadas**

Com este acompanhamento diário foi possível perceber quando é que a produção estava efetivamente estável, permitindo a entrada na Fase II. Considera-se que existe estabilidade quando se verificam três semanas consecutivas em que a produção se situa dentro dos limites aceitáveis para produção. É importante referir que na primeira fase, foi definido um período de estabilização maior, uma vez que se registaram vários dias sem produção (feriados).

Na segunda fase foram efetuadas outras ações de melhoria. O principal entrave encontrado nesta fase prendeu-se com o tempo-máquina do gargalo de produção (Posto 22), que era superior ao objetivo do tempo de ciclo dos operadores. Após a resolução deste problema, foram reconsideradas as tarefas contabilizadas em mais de 20 segundos. Estas ações permitiram um aumento produtivo em mais seis caldeiras.

As fases definidas para o projeto estão esquematicamente representadas no Gráfico 10, de modo a proporcionar uma visão global do projeto.

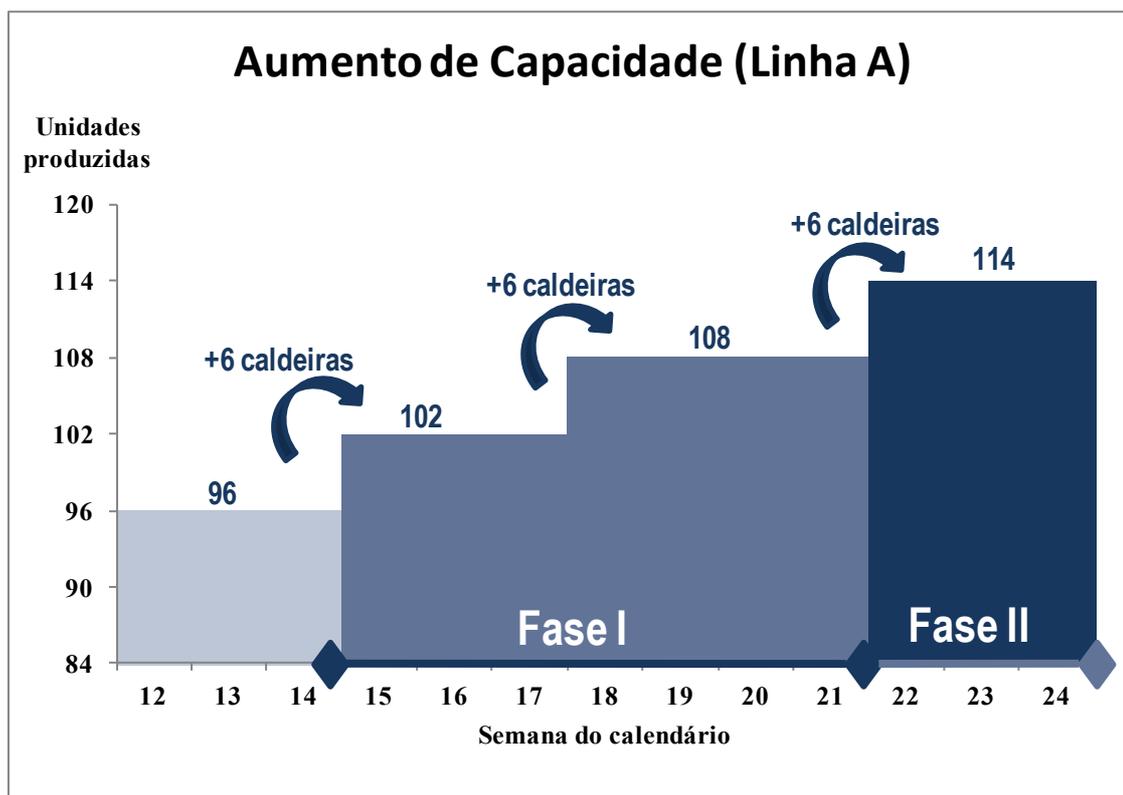


Gráfico 10 - Visão global do projeto

## 4.9 Resultados

Nesta seção os resultados são medidos em duas vertentes de negócio: custo e tempo de entrega associados ao produto.

### 4.9.1 Custo

Para contabilizar os ganhos em termos monetários, recorre-se ao cálculo do *Value Time* (VT), cuja unidade é minutos por cem peças. Este representa o tempo total de execução de uma caldeira, isto é, o tempo útil de execução acrescido do tempo de desperdício. Este desperdício é definido através de confirmações de processo, nas quais todos os movimentos de um determinado operador são acompanhados durante uma semana. Desta forma, registam-se todos os desperdícios encontrados (como conversa entre operadores, ajustamento de máquinas, deslocações fora da linha, entre outros), dividindo-os em categorias. No final é calculado o tempo perdido em cada grupo e somados os diferentes grupos, de forma a obter a percentagem do tempo de turno que corresponde a desaproveitamentos. Com isto, determina-se a percentagem de tempo não útil na execução de uma caldeira.

O *Value Time* permite então calcular o custo de mão-de-obra associado a determinado produto. Assim, é intuitivo perceber que reduzindo este valor, se reduzem os custos. Com o presente projeto, obteve-se uma diminuição do VT de aproximadamente 790 minutos por cem peças.

Alinhando agora os ganhos com as fases definidas para o projeto, obtém-se a Figura 17, sendo importante referir que as melhorias implementadas na Linha A não exigiram qualquer tipo de investimento monetário.

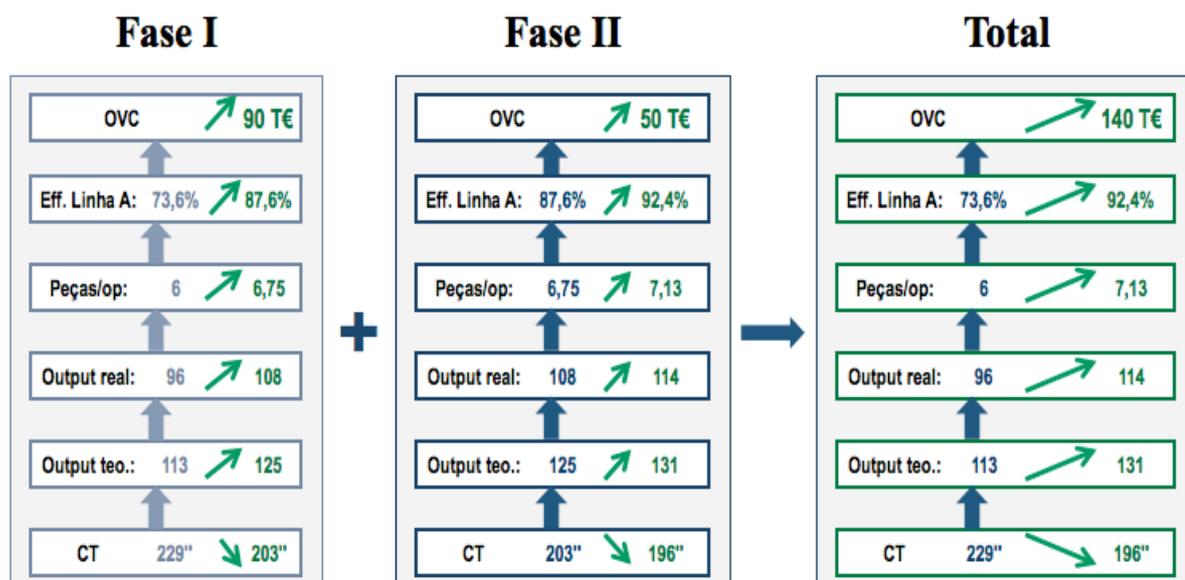


Figura 17 - Ganhos do projeto

Com as ações implementadas na Fase I é possível diminuir o tempo de ciclo (CT) em 26 segundos, o que se traduz num aumento do *output* em 12 caldeiras. Com isto, a eficiência da Linha A cresce 14% e verifica-se um ganho anual de cerca €90.000,00. Este ganho é medido através do *Overall Value Contribution* (OVC) que se calcula com base no custo anual de um operador.

As atividades implementadas na Fase II traduzem-se num aumento do *output* em 6 caldeiras, com uma redução do tempo de ciclo de 7 segundos. A eficiência da Linha A passa de 87.6% para 92.4% e regista-se um ganho anual de aproximadamente €50.000,00.

Agrupando ambas as fases, este projeto vem diminuir o tempo de ciclo da Linha A em 33 segundos, o que permite aumentar o *output* teórico de 113 para 131 peças. Combinando-o com um OEE de 85% obtém-se um aumento do *output* real de 96 para 114 caldeiras. Isto significa que se conquista um acréscimo 18 caldeiras por turno, o que, num modelo de três turnos, representa 56 caldeiras por dia. Assim, a produtividade (em peças por operador) cresce de 6 para 7,13. No que toca à eficiência, sabe-se que esta diminuição do tempo de ciclo se traduz num aumento de 18,8% da Linha A. Com isto, alcança-se um ganho anual de cerca €140.000,00.

Contudo, é necessário avaliar a hipótese de a médio-longo prazo existir uma queda da procura. Neste caso, em vez de aumentar a produção é possível diminuir o número de operadores na linha. Com o aumento da eficiência registado neste projeto, sabe-se que para manter o nível de produção real inicial (96 caldeiras por turno), se aumenta a produtividade e a utilização de equipamentos de forma a possibilitar retirar dois colaboradores por turno da Linha A.

#### 4.9.2 Entrega

O principal ganho do projeto descrito na presente dissertação teve origem na redução do tempo de ciclo dos operadores da Linha A. Com isto, obteve-se uma diminuição do tempo de ciclo dos colaboradores de 33 segundos, o que totaliza uma redução de 528 segundos no tempo útil de execução de uma caldeira. Esta alteração proporcionou a redução do seu custo

de produção e, mantendo o mesmo número de operadores na Linha A, levou à diminuição do tempo de entrega. A Figura 18 mostra o atual balanceamento da linha.

		Secção / Célula	Familia		Produto		BAL - 0338	
		Linha A	CDI		Caldeira			
Folha de Trabalho Standard		Responsável	Análise efectuada por		Data		Revisão	
		TEF6 -	TEF6 -		15-05-2014		01	
Nr.	Sequência Operacional	Operadores [nº]	16	15	14	10		
		Observações [nº] (ROLLEYS)	14	13	12	8		
		POT-T. Planeado Produção	430	430	430	430		
		Capacidade Planeada [quant.]	132	119	112	76		
		TcP-Tempo ciclo Planeado	196.0	217.7	230.0	339.7		
		Eficiência Balanceamento [%]	98.5%	94.5%	95.9%	90.9%		
		Posto Operador	Tempo [seg]	Tempos Acumulados por Operador				
Carga (34.2") + tempo de teste funcional (280.4") + descarga (21.5")		336.1	2 BANCAS ENS AIO	2 BANCAS ENS AIO	2 BANCAS ENS AIO	1 BANC A ENS AIO		
C 87977	C colocação da cx sobre jig para rebitar	Posto 10	4.1	119.0	119.0	119.0	119.0	
C 87978	Pegar rebitoradora + rebites		4.0	123.0	123.0	123.0	123.0	
C 01319	Fechar dois furos no painel cx de ar (2)		4.9	127.9	127.9	127.9	127.9	
C 01348	Rebitar suporte inferior nas costa_cx ar (1)		6.9	134.8	134.8	134.8	134.8	
C 01312	Rotação do gabarito da caixa 90º - posição inicial		3.4	138.2	138.2	138.2	138.2	
C 03283	Retirar caixa completa do jig para trolley		7.2	145.4	145.4	145.4	145.4	
C 02887	Prender fixadores do trolley		2.9	148.3	148.3	148.3	148.3	
C 01322	Colocação da chapa de características na caixa		4.9	153.2	153.2	153.2	153.2	
C 01352	Rotação do trolley		2.3	155.5	155.5	155.5	155.5	
C 01326	Colocar porcas M5 e rebitar no suporte e cx		33.0	188.5	188.5	188.5	188.5	
C 01327	Retorno da cx vazia (B) - 1000 pcs - Porca rebite		0.3	188.7	188.7	188.7	188.7	
C 01323	Deslocação do trolley (1 mt)		7.0	195.8 OP1	195.8	195.8	195.8	

Figura 18 - Excerto do balanceamento atual da Linha A

Para uma melhor perceção do balanceamento existe uma ferramenta *standard* do Grupo Bosch designada de Gráfico de Balanceamento (*Overall Balancing Chart – OBC*). Neste é contemplado o tempo de ciclo de cada operador, distinguindo trabalho manual de tempo máquina e o tempo de ciclo dos operadores planeado.

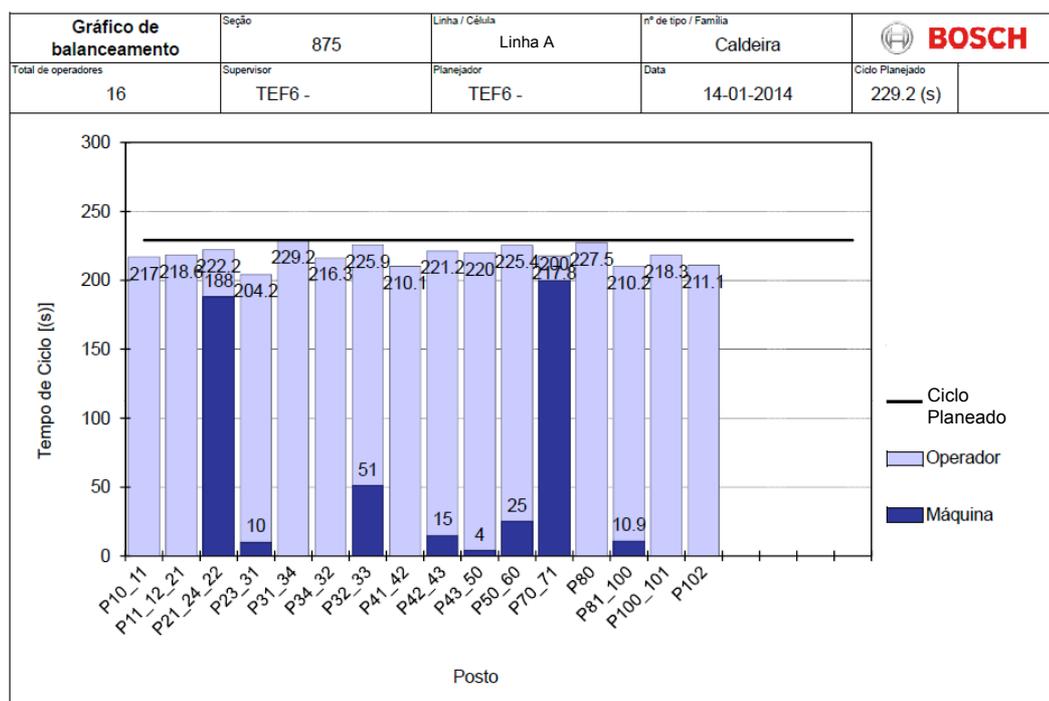


Gráfico 11 - OBC inicial da Linha A

Ao comparar o OBC inicial da linha (Gráfico 11) com o OBC resultante do projeto (Gráfico 12), é perceptível que, além da diminuição do tempo de ciclo dos operadores, este também se encontra mais próximo do tempo de ciclo planeado.

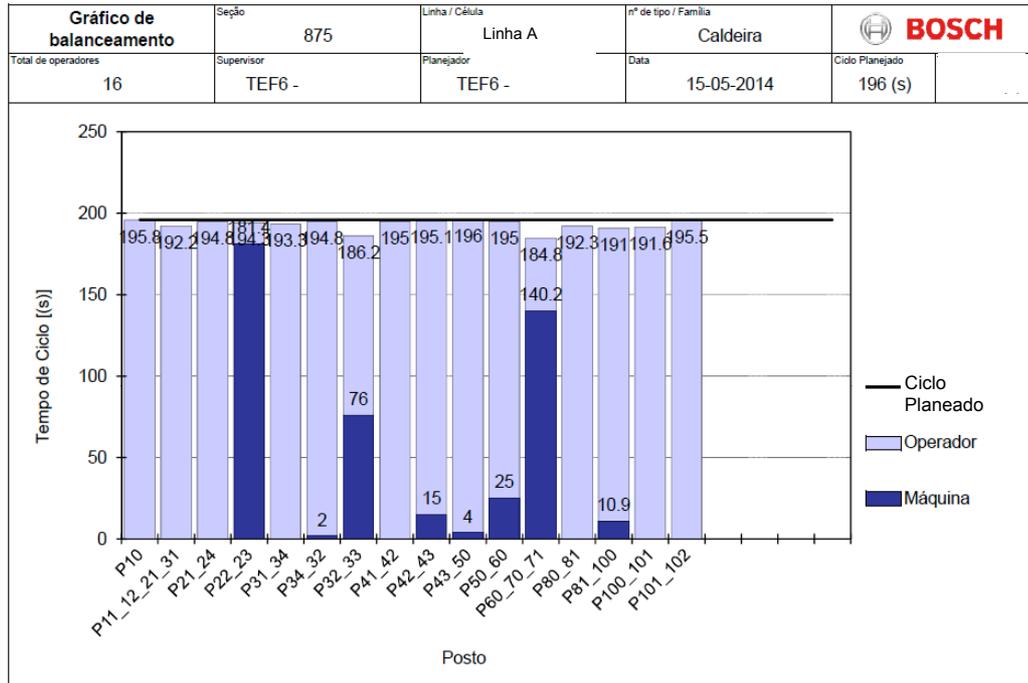


Gráfico 12 - OBC atual da Linha A

Para um melhor entendimento deste conceito calcula-se a eficiência do balanceamento. De forma simplista esta pode ser definida como a percentagem de ocupação dos colaboradores da linha. Este valor obtém-se através de vários cálculos:

- Divide-se o tempo total necessário para execução de um aparelho pelo número de operadores;
- Procura-se o tempo de ciclo máximo entre os operadores;
- Divide-se o primeiro pelo segundo.

Na Bosch, considera-se que esta eficiência do balanceamento deve estar compreendida entre os 95% e os 100%, sendo a aproximação a 100% uma assímtota. Com este projeto, este valor aumentou de 95.3% para 98.5%, representando uma melhor utilização de recursos.

Com estas alterações atingiu-se um aumento do volume de produção de dezoito caldeiras por turno. Estendendo este acréscimo à produção mensal, com diferentes modelos de turnos, pode-se comparar o nível de produção esperado atualmente com o do início do projeto (Gráfico 13). É importante referir que com esta alteração, e com o volume de encomendas esperado para os próximos três meses, não será necessário a implementação do quarto turno. Ora, tratando-se de uma linha com dezasseis operadores, isto representa um ganho significativo para a organização.

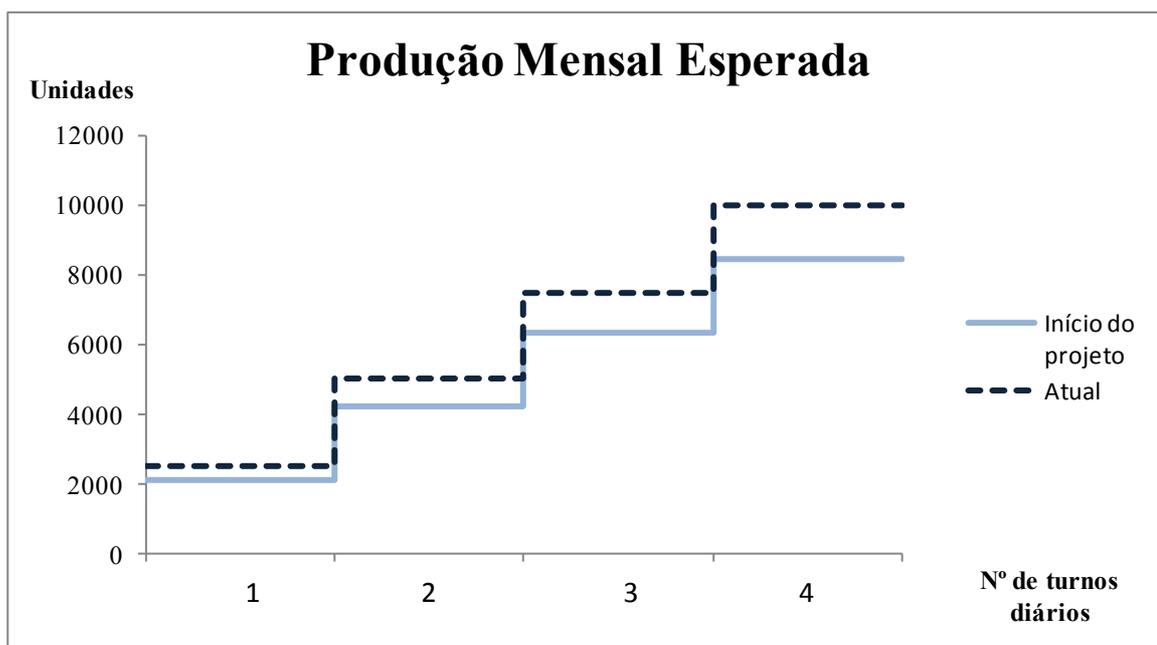


Gráfico 13 - Produção mensal esperada (no início do projeto e atualmente)

#### 4.10 Continuidade do Projeto

Sendo o presente projeto de melhoria contínua, foram estudadas as possibilidades de continuar o aumento de capacidade da linha (Gráfico 14). Os resultados são apresentados em ciclos, sendo que, como supra mencionado, um ciclo representa uma palete (seis caldeiras).

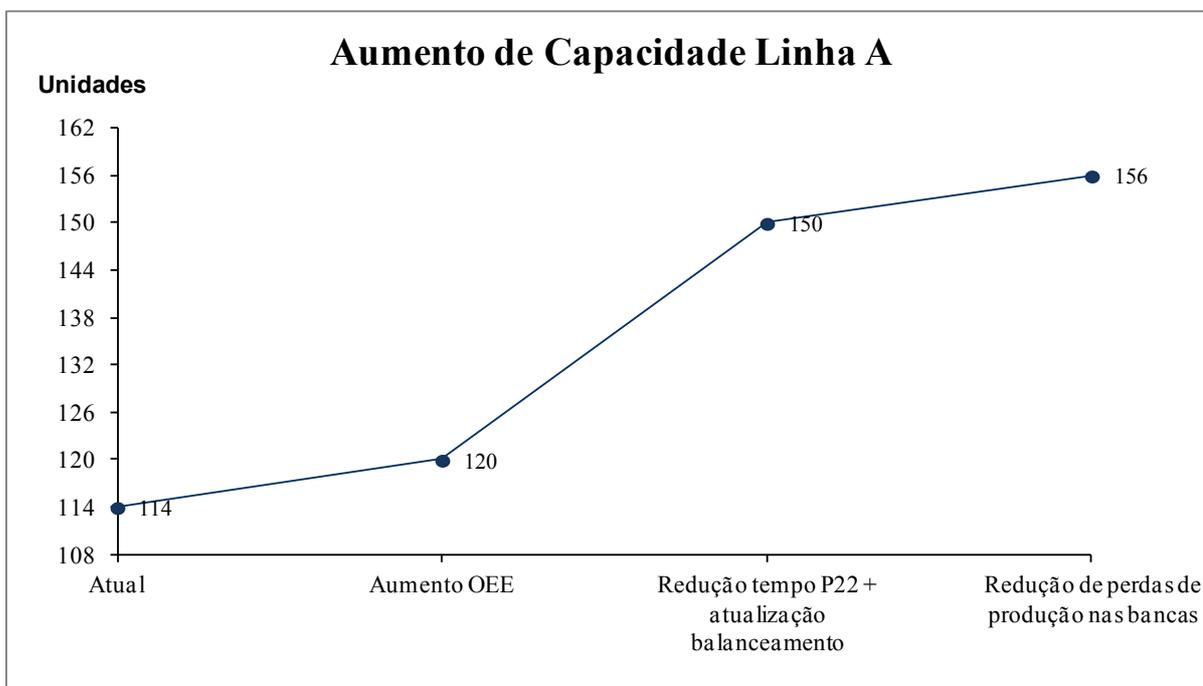


Gráfico 14 - Proposta de aumento de capacidade (Linha A)

Numa primeira fase, considerou-se que o próximo passo seria o aumento do OEE. Pelos valores até agora registados, sabe-se que o potencial de melhoria se encontra nas perdas de disponibilidade. Para colmatar estas falhas, devem ser estudados os equipamentos que registam maiores paragens de produção (Postos 33 e 43). Nesse sentido, já estão a ser delineadas ações corretivas. Para colmatar as falhas do Posto 33, é necessário a alteração do

*design* do vedante da vela. Assim, passaria a existir compressão direta, evitando os problemas de estanquicidade atualmente registados. No caso do Posto 43, o problema atual prende-se com as cotas da vela e do respetivo vedante. Ao proceder-se a esta alteração, esta falha seria anulada. Com os ajustes nestes dois postos, estima-se que seria possível aumentar o OEE em 5%, resultando assim num aumento de um ciclo produtivo.

Prosseguindo a análise do aumento de capacidade, estudou-se mais detalhadamente o gargalo de produção (Posto 22). É de referir que não há conhecimento de qual o período mínimo necessário para manter o nível de fiabilidade atual. Desta forma, examinou-se através de um estudo de capacidade o impacto da redução do tempo de estabilização do posto em 40 segundos, deixando assim de ser este posto o gargalo de produção. O estudo demonstrou que esta alteração não é significativa, mantendo-se o mesmo intervalo de confiança (99.73%) nos limites de rejeição atuais.

Com a redução do tempo de ciclo deste posto, ganha-se um potencial de 40 segundos no tempo de ciclo dos operadores. Nesse sentido, seria necessário rever e atualizar o balanceamento, possivelmente introduzindo mais um posto de trabalho, bem como formar os colaboradores. Deste modo, e considerando apenas a capacidade da linha (independentemente do número de colaboradores), seria possível aumentar a capacidade produtiva em trinta caldeiras por turno.

Nesta situação, as bancas de ensaio funcional passariam a ser o gargalo de produção. Assim, numa próxima fase, seria importante avaliar o funcionamento das mesmas, com o objetivo de reduzir as perdas aqui registadas.

## 5 Outros trabalhos realizados

Neste capítulo são abordadas outras ações de melhoria implementadas na Bosch Termotecnologia, S.A.

### 5.1 Mapeamento de Processos e Sistemas

No início do projeto não existia nenhuma ferramenta que proporcionasse um entendimento geral da linha, concentrando este conhecimento em alguns colaboradores e, conseqüentemente, dificultando a integração de novos elementos na equipa responsável pela linha. Esta lacuna deve-se ao facto de a linha em questão ser recente na fábrica e esta questão ainda não ter sido debatida.

Perante esta necessidade foi, inicialmente, criado um *layout* da Linha A. O principal objetivo da criação deste novo *layout* é torná-lo intuitivo, de modo a que qualquer indivíduo perceba a constituição da linha, o fluxo de produção e o modo de trabalho do operador (*trolley*, manual). Os postos de trabalho estão identificados com o código de cores utilizado nas matrizes de policompetências da fábrica (Figura 19). Estas encontram-se próximas das linhas de produção a que dizem respeito, identificando os colaboradores presentes nos diferentes postos de trabalho. Estes são categorizados de acordo com a formação que lhe é inerente, existindo um total de 12 grupos.



Figura 19 - Matriz de Policompetências

O cartão individual (Figura 21) do colaborador expõe a sua formação, transparecendo assim a sua aptidão para trabalhar no posto em que se encontra. Como é perceptível na Figura 19, todos os colaboradores têm competências para trabalhar nos três primeiros tipos de posto. Isto acontece porque, aquando da sua entrada na empresa, é-lhes dada formação nesse sentido. A título de exemplo apresenta-se a Figura 20 que representa o cartão de competências de um operador mais experiente.

Número	Operador 1					
Nome	Operador 1					
	OP01	OP02	OP03	OP04	OP05	OP06
	●	●	●			
	20131003	20131127	20140121			
	OP07	OP08	OP09	OP10	OP11	OP12
	TPM Modelo Bosch	Manutenção Autônoma	Pequenas Reparções			

Número	Operador 2					
Nome	Operador 2					
	OP01	OP02	OP03	OP04	OP05	OP06
	●	●	●	●		
	20060113	20060208	20060923	20060319		
	OP07	OP08	OP09	OP10	OP11	OP12
			●			
			20060714			
	TPM Modelo Bosch	Manutenção Autônoma	Pequenas Reparções			

Figura 21 - Cartão de Competências (Operador 1)      Figura 20 - Cartão de Competências (Operador 2)

No caso concreto da Linha A, esta questão não foi relevante para a atualização do balanceamento uma vez que todos os postos (exceto as bancas de ensaio) necessitam apenas de formação básica. É ainda de referir que o balanceamento não implicou que as tarefas deste operador fossem atribuídas a outra pessoa.

Para além da identificação no *layout* dos *Poka-Yokes* e *Jidokas* da Linha A, foram também representados no *layout* as aparafusadoras e chaves dinamométricas. No sentido de aumentar a transparência da linha, foram ainda assinaladas as diferentes impressoras e os postos em que são feitos registos nos diferentes planos de controlo.

É de referir que estão representados na ferramenta criada (Figura 22) um *Jidoka* e um sistema NTC geral a toda a linha. Isto significa que todos os postos de trabalho possuem sistemas NTC e um *Jidoka*: a caldeira é impedida de avançar na linha de produção (através de alavancas ou *stoppers* para o *trolley*) se não se verificar a precedência do posto anterior. Como supra mencionado esta verificação é efetuada pelo NTC após a leitura da etiqueta do modelo da caldeira. Obtendo um resultado positivo, o desbloqueio é feito automaticamente.

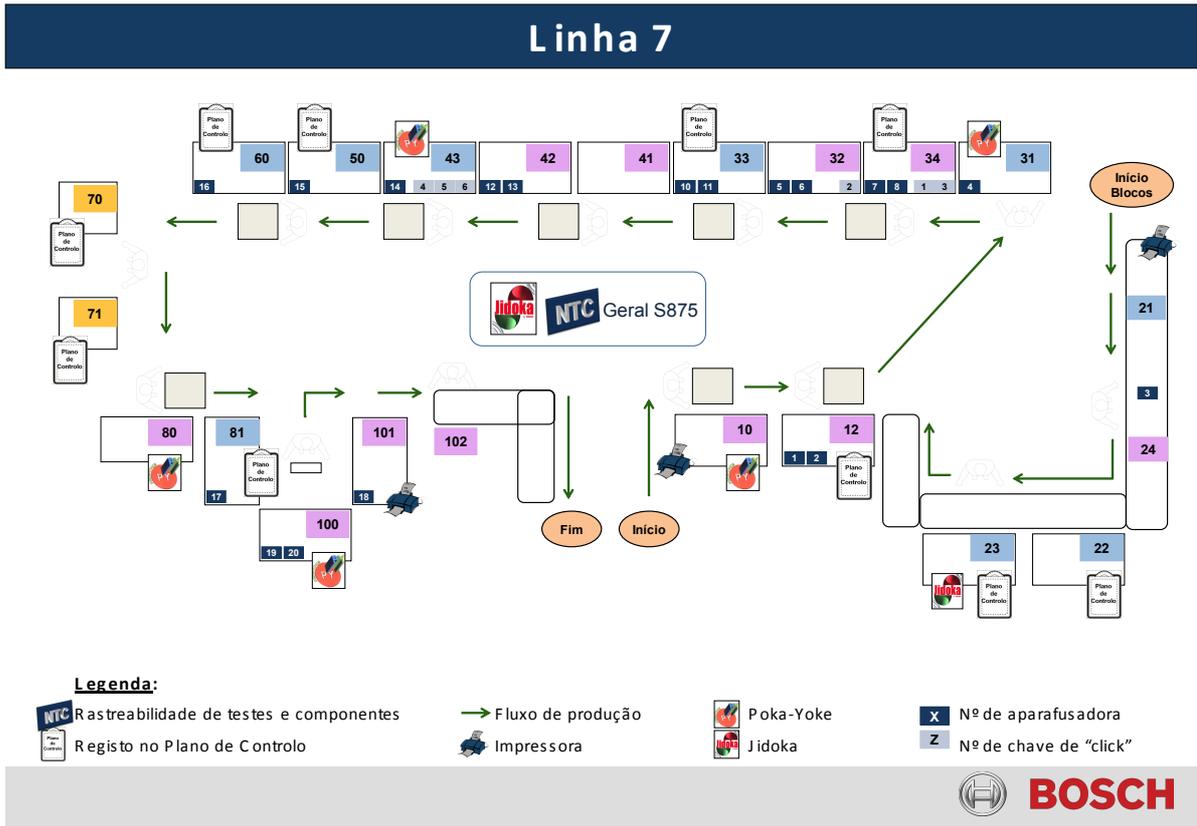


Figura 22 - Mapeamento de processos e sistemas da Linha A (layout)

Com esta nova representação (Figura 22) é melhorada a percepção das principais ferramentas BPS incluídas na Linha A. No entanto, as suas funções ainda não são transparentes. Para colmatar esta lacuna, foi criado um documento no qual as funcionalidades dos diferentes postos de trabalho são detalhadas. Em primeiro lugar, é feita uma breve descrição das tarefas realizadas e são definidas as tarefas do operador inerentes ao NTC, isto é, quais são as ações do operador preponderantes para o funcionamento do sistema.

Posteriormente são descritos os diferentes *Poka-Yokes* e *Jidokas* existentes. Isto representa um ganho significativo a nível de organização e de transmissão de informação, uma vez que se eliminam documentos dedicados à descrição destes sistemas. Para além disto, são ainda explicitadas as diferentes impressões e os registos do NTC. Estes registos passam essencialmente por referências de determinados componentes, dados de ensaios e resultados de testes. A Figura 23 expõe um exemplo da informação recolhida para um determinado posto de trabalho.

Para complementar estas informações, são projetadas as comunicações entre postos e entre postos e servidores (Figura 24). Nesta projeção, são identificados os diferentes servidores e programas associados. No caso representado na Figura 24, os Postos 21 e 22 transmitem a informação para o Posto 23 que a comunica ao servidor. Por outro lado o Posto 21 é responsável por uma impressão, pelo que comunica diretamente com o servidor responsável por esta tarefa.

	Posto 22
<b>Descrição do posto</b>	Ensaio de estanq. do bloco hidráulico
<b>Tarefas Operador</b>	Lê código de barras do bloco hidráulico
<b>Poka-Yoke</b>	-
<b>Jidoka</b>	Verifica precedência do P21 e se NOK impede o avanço do trolley
<b>Imprime:</b>	-
<b>NTC Regista no NTC:</b>	Cota de fuga e pressão de ensaio

Figura 23 - Exemplo de descrição de um posto

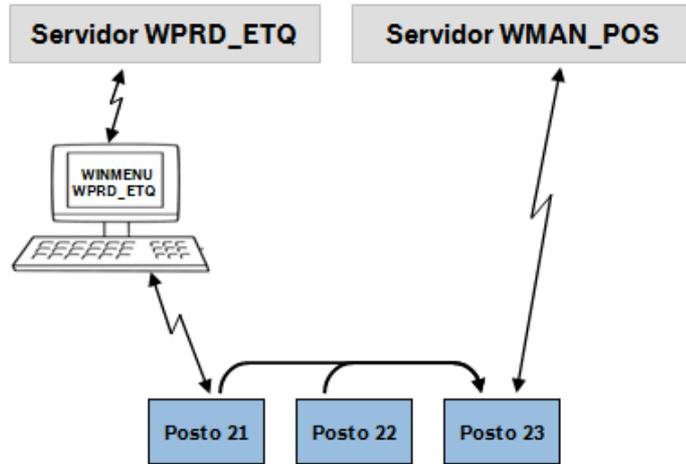


Figura 24 - Exemplo de comunicação entre postos e servidores

Para uma visualização global desta ferramenta, apresenta-se a Figura 25, exposta em mais detalhe no Anexo F.

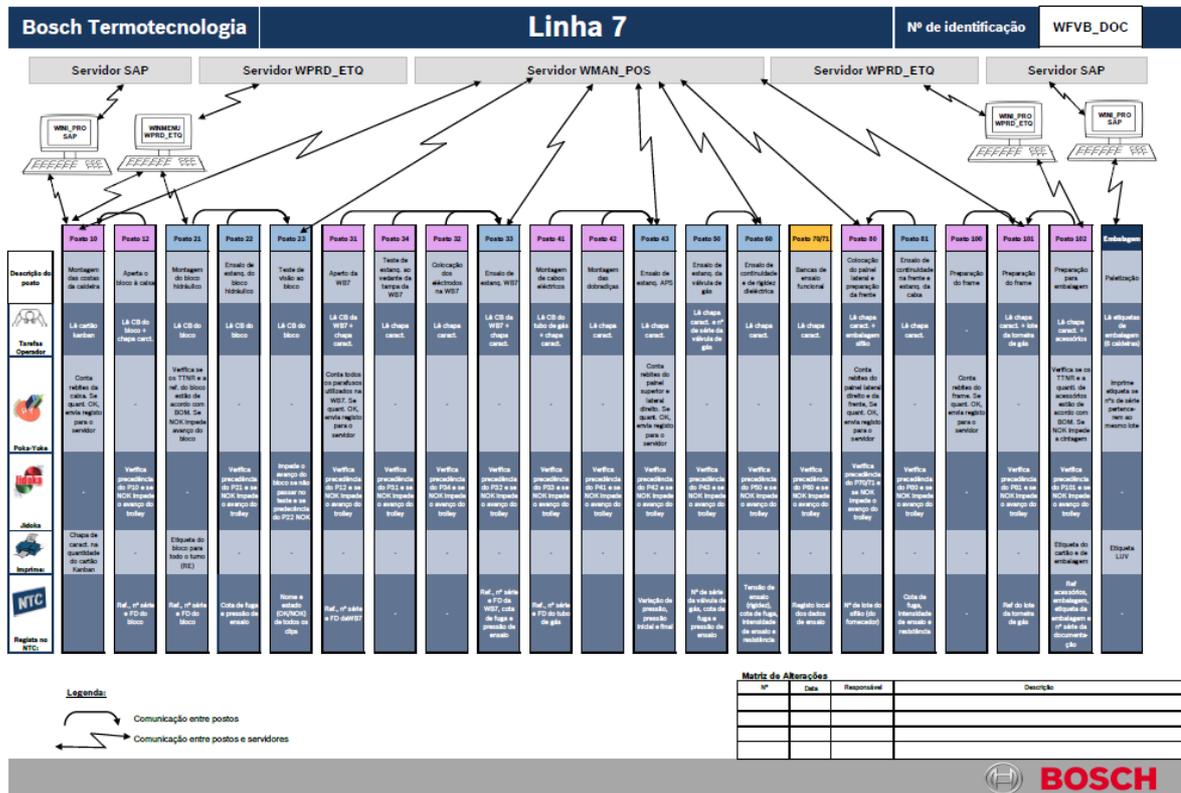


Figura 25 - Mapeamento de processos e sistemas da Linha A (ficha)

O layout e a ficha de mapeamento de processos refletem vários níveis de informação:

- **Complexidade das operações em cada posto** através da sua identificação pela cor da matriz de policompetências;
- **Atividades desenvolvidas em cada posto;**
- **Tarefas do operador ligadas ao NTC;**
- **Poka-Yokes e Jidokas**, descrevendo-os e identificando os postos que os contêm;

- **Registos no plano de controlo**, identificando os postos em que são realizados;
- **Impressoras** através do registo das diferentes impressões;
- **NTC** pela descrição dos diferentes dados guardados neste sistema;
- **Aparafusadoras e chaves dinamométricas**, identificando os postos que as usam.

Por fim, é de referir que foi implementada uma matriz de acompanhamento de versões e alterações da ferramenta de mapeamento de processos e sistemas de prevenção de erros, garantindo o conhecimento de responsáveis e a descrição e o rastreamento das melhorias implementadas. Para além disto, estas ferramentas vão ser integradas em documentos que atualmente já são seguidos de forma regular pelos Departamentos de Produção e de Qualidade (como planos de controlo), de forma a implementar alterações quando estas forem necessárias.

O projeto descrito foi apresentado ao coordenador da área BPS-*Make*, na qual se expõem novas práticas para aprovação. Este procedimento e a metodologia associada foram aprovados e estendidos a toda a fábrica, tornando ambos os documentos *standard*. Foram desenvolvidos os documentos para todas as linhas e serão expostos nos Pontos de Qualidade, possibilitando a qualquer indivíduo uma rápida perceção dos sistemas implementados e as suas funcionalidades.

## 5.2 Resultados

No que respeita a melhorias de qualidade, os resultados são dissociados em três grupos:

- Sistemas *Poka-Yoke* e *Jidoka*;
- Limites de reação;
- Ações TPM.

Quanto ao primeiro grupo, e como referido no capítulo 5, foram desenvolvidas duas ferramentas que, em conjunto, mapeiam e explicam as principais ferramentas BPS implementadas na linha em questão. Estas vieram aumentar a transparência da Linha A, tornando evidente as ações a efetuar nestes postos. Assim, a identificação e resolução de problemas é mais intuitiva: com o mapeamento é facilmente perceptível qual foi o desvio e, consequentemente, a razão para o mesmo é mais rapidamente desvendada. Por outro lado, a integração de novos elementos na equipa, nomeadamente engenheiros de processo, torna-se mais simples uma vez que transparece informações que, até então, eram apenas do conhecimento dos engenheiros de processo atuais (como por exemplo os registos no NTC). Por fim, ao explicar os diferentes sistemas, estas ferramentas vêm também auxiliar a explicação do funcionamento da linha a auditores (internos e externos), acelerando a sua integração.

Tendo em conta o período necessário para extração de conclusões, os limites de reação foram estabelecidos numa fase tardia do projeto. Porém, espera-se que estes venham aumentar a qualidade do produto, através de, inicialmente, a perceção dos problemas encontrados na linha e, mais tarde, da resolução dos mesmos.

Por último, as ações TPM implementadas e descritas no capítulo 5 permitiram uma maior organização, melhoraram as condições de trabalho dos operadores e aumentaram a sua segurança no local de trabalho.

## 6 Conclusões

Com este projeto foi possível observar o aumento da eficiência de uma linha de montagem através da implementação de metodologias *lean*. Isto veio sustentar a importância da aplicação deste tipo de processos num contexto de melhoria contínua. Ainda neste âmbito foi interessante perceber como é que uma empresa madura e estável consegue evoluir e ultrapassar-se constantemente. É de realçar que a orientação dos recursos humanos para este objetivo é fulcral para se atingirem resultados positivos.

Assim, sem investimento financeiro significativo aumentou-se a eficiência da Linha A em 18,8%, refletido num aumento de capacidade de 18 unidades por turno e num ganho de €140.000,00 anuais. A Tabela 2 sumariza os principais resultados do projeto.

**Tabela 2 - Resultados do projeto**

	<i>Antes</i>	<i>Depois</i>
<b>Tempo de ciclo dos operadores</b>	229 seg.	196 seg.
<b>Output real</b>	96	114
<b>Eficiência Linha A</b>	73,6%	92,4%
<b>Ganho monetário</b>	-	€ 140.000,00

Para alcançar o principal objetivo proposto (aumento da capacidade da Linha A em 15%), foi essencial uma visão global da linha e do processo de montagem e, por outro, um conhecimento aprofundado sobre as diferentes tarefas efetuadas. Com isto, foi possível perceber os maiores problemas da linha em questão e subsequentemente delinear estratégias para os resolver. Para além disto, sendo o período de confirmações de processo tão extenso, criou-se uma relação de confiança com os colaboradores, facilitando assim o processo de melhoria contínua. Atualmente são os próprios operadores que identificam e comunicam os problemas.

Por outro lado, foi possível observar o efeito das curvas de aprendizagem. Foi devido a este aumento de produtividade com o tempo que se detetou que o maior potencial de melhoria se encontrava na redução do tempo de execução de algumas tarefas e, consequentemente, na diminuição do tempo de ciclo dos operadores. No entanto, para se conseguir fazer estas alterações com sucesso, é preponderante a comunicação com os colaboradores. É fundamental explicar-lhes qual a oportunidade de melhoria encontrada, quais as ações necessárias e a sua importância para o sucesso das atividades.

Para além do objetivo principal, foram executados outros projetos de melhoria. No âmbito da qualidade, foram mapeados os sistemas de prevenção de erros e rastreabilidade de componentes. Com estas ferramentas, obteve-se uma maior transparência da Linha A, facilitando a integração de novos elementos na equipa. Num contexto diferente, procedeu-se a alterações que visavam proporcionar melhores condições de trabalho aos colaboradores, tanto a nível de organização como de segurança. Ao garantir estes aspetos, procura-se aumentar o nível de satisfação dos colaboradores e, potencialmente, a sua motivação.

Por fim, e como a presente dissertação proporcionou interação com diferentes departamentos, foi possível perceber o funcionamento de toda a cadeia de valor da linha em questão. Esta interação foi muito importante para a tomada de decisões, uma vez que é necessário considerar todas as perspectivas de modo a obter o melhor resultado para a empresa.

### **6.1 Trabalhos futuros**

Sendo um projeto de melhoria contínua, e como referido na seção 4.6, há ainda muito potencial para otimizar a Linha A. Neste sentido, é necessário avaliar as condições atuais e os estudos já efetuados, analisando a sua exequibilidade. Sendo possível desenvolver as ações propostas na seção 4.6, deve ser definido um plano de implementação, garantindo períodos de adaptação e estabilização.

Ainda no sentido de otimizar a linha em questão, seria importante a análise dos sistemas NTC. Como supra mencionado, registaram-se várias falhas nestes sistemas. Posto isto, é possível que existam alguns problemas ainda não expostos. Assim, ao fazer um estudo detalhado, prevenir-se-iam futuras paragens.

Por outro lado, as ações desenvolvidas na Linha A podem ser expandidas a outras linhas. A diminuição do tempo de ciclo dos operadores e consequente rebalanceamento são mais adequadas para linhas de produção ainda numa fase inicial, uma vez que linhas maduras já se encontram estabilizadas. No entanto, é sempre benéfico fazer confirmações de processo para identificar potenciais de melhoria.

Por último, o mapeamento de sistemas de prevenção de erros e rastreabilidade de componentes pode ser estendido a todo o Grupo Bosch. Esta expansão seria simples, considerando que muitos dos processos documentados são comuns ao grupo. De facto, quando o projeto foi apresentado a uma outra fábrica do grupo, o responsável tirou fotografias a este mapeamento para, possivelmente, o implementar lá.

## Referências

Alvarez, R. e Antunes Jr, J. (2001), “*Takt-time*: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção”, disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-30X2001000100002&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-30X2001000100002&script=sci_arttext&tlng=es), último acesso: 09 de maio de 2014, 11:57.

Antunes, J. (2008), “Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta”, Bookman, Porto Alegre.

Assis, R. (2011), “Balanceamento de uma Linha de Produção”, disponível em <http://www.rassis.com/artigos/Operacoes/Balanceamento.pdf>, último acesso: 13 de maio de 2014, 15:32.

Baudin, M. (2007), “Working with Machines: The Nuts and Bolts of Lean Operations with Jidoka”, Productivity Press, New York.

BOSCH (2014), “A Bosch em Aveiro”, disponível em [http://www.bosch.pt/pt/pt/our\\_company\\_10/locations\\_11/locations-detail\\_15104.html](http://www.bosch.pt/pt/pt/our_company_10/locations_11/locations-detail_15104.html), último acesso: 14 de março de 2014, 11:55.

BGN: Bosch Global Network (2014), <https://inside.bosch.com/irj/portal>

Chapman, C. (2005), “Clean House With Lean 5S”, Revista Quality Progress, Junho 2005 (página 27).

Franken, D. (2013), “Proposta de Balanceamento em uma Linha de Soldagem de uma Empresa do Ramo Metal Mecânico”, disponível em [http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro\\_Diogo.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro_Diogo.pdf), último acesso: 13 de maio de 2014, 16:18.

Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009), “Trading off between heijunka and just-in-sequence”, *International Journal of Production Economics* (páginas 501 a 507).

Kaizen Institute (2003), “Introduction to Total Productive Maintenance”, Manuais de formação Kaizen disponíveis nas instalações da Bosch Termotecnologia, S.A.

Madureira, V. (2011), “Normalização do Fluxo Produtivo de Acabamentos numa Linha de Produção de Carroçarias na CaetanoBus, S.A.”, disponível em <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63383/1/000149279.pdf>, último acesso: 13 maio 2014, 16:35.

MTM-UAS (2014), disponível em [http://mtm-association.org.za/?page\\_id=173](http://mtm-association.org.za/?page_id=173), último acesso: 12 de maio de 2014, 14:27.

Ohno, T. (1988), “Toyota Production System: Beyond Large Scale Production”, Productivity Press, New York.

Queiroz, J. (2011), “Produção Enxuta: Uma Síntese dos Aspectos Teóricos e Práticos”. Anais do XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Belo Horizonte.

Rahman, M., Abdullah, R. e Kamarudin, N. (2012), "Work Study Techniques Evaluation at Back-end Semiconductor Manufacturing”, disponível em [http://eprints2.utem.edu.my/6423/1/iDECON2012\\_method\\_evaluation.pdf](http://eprints2.utem.edu.my/6423/1/iDECON2012_method_evaluation.pdf), último acesso: 13 de maio de 2014, 16:39.

Shingo, S. (1986), “Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System”, Productivity Press, Portland, Oregon.

Shimbun, N. (1988), “Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects”, Productivity Press, Portland, Oregon.

Silva, L., Pinto, M. e Subramanian, A. (2007), “Utilizando o Software Arena como Ferramenta de Apoio ao Ensino em Engenharia de Produção”. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu.

Spear, S. and Bowen, H. (1999), “Decoding the DNA of the Toyota Production System”, Harvard Business review.

Thessaloniki (2006), “Kaizen: Definition and Principles in Brief”, disponível em [http://www.michailolidis.gr/index\\_en.html](http://www.michailolidis.gr/index_en.html), último acesso: 18 de março de 2014

Williamson, R. (2006), “Total Productive Maintenance: What It Is and What It Is Not”, disponível em <http://www.swspitcrew.com/articles/TPM%20What%20Is%20It%200606.pdf>, último acesso: 17 de março de 2014, 11:17.

Wireman, T. (2004), “Total Productive Maintenance”, Industrial Press, New York.

Zapfel, G. (1997), “Customer-order-driven production: Na Economical Concept for Responding to Demand Uncertainty”, disponível em <http://www-1sciencedirect-1com-1sciencedirect.rh-han.de.bosch.com/science/article/pii/S0925527397000807>, último acesso: 14 de maio de 2014, 10:31.

### ANEXO A: Tabela MTM com tempos *standard*

Exemplo de uma tabela disponibilizada pelo *Methods Time Measurement* que define tempos *standard* para diferentes tipos de movimentos, com três níveis de dificuldade. Neste caso, estes níveis estão associados à distância entre os objetos e o operador.

GET AND PLACE			DISTANCE IN RANGE IN CM	≤ 30	> 30 ≤ 50	> 50 ≤ 98
WEIGHT	CONDITIONS	PLACE ACCURACY	CODE	1	2	3
≤ 1 kg	EASY	APPROXIMATE	AA	20	35	50
		LOOSE	AB	30	45	60
		TIGHT	AC	40	55	70
	DIFFICULT	APPROXIMATE	AD	20	45	60
		LOOSE	AE	30	55	70
		TIGHT	AF	40	65	80
HANDFUL	APPROXIMATE	AG	40	65	80	
	APPROXIMATE	AH	25	45	55	
> 1 kg ≤ 8 kg	LOOSE	AJ	40	65	75	
	APPROXIMATE	AK	50	75	85	
	APPROXIMATE	AL	80	105	115	
> 8 kg ≤ 22 kg	LOOSE	AM	95	120	130	
	TIGHT	AN	120	145	160	

PLACE	CODE	1	2	3
APPROXIMATE	PA	10	20	25
LOOSE	PB	20	30	35
TIGHT	PC	30	40	45

HANDLE TOOL GET, PLACE AND PLACE ASIDE	CODE	1	2	3
APPROXIMATE	HA	25	45	65
LOOSE	HB	40	60	75
TIGHT	HC	50	70	85

OPERATE	CODE	1	2	3
ONE SINGLE OPERATION	BA	10	25	40
COMPOUND OPERATION	BB	30	45	60

MOTION CYCLES	CODE	1	2	3
ONE MOTION	ZA	5	15	20
MOTION SEQUENCE	ZB	10	30	40
SHIFT & 1 MOTION ( WITH REPOSITION )	ZC	30	45	55
FASTEN OR LOOSEN	ZD	20		

BODY MOTIONS	CODE	TMU
ONE MOTION	KA	25
BEND, STOOP, KNEEL, INCL. ARISE	KB	60
SIT AND STAND	KC	110
VISUAL CONTROL	VA	15

Figura 26 - Exemplo de uma tabela MTM

## ANEXO B: Quadro *Point* CIP/TPM

O presente anexo tem como objetivo apresentar e explicar a utilidade do Quadro *Point* CIP/TPM (Figuras 27 e 28).



Figura 27 - Quadro *Point* CIP/TPM



Figura 28 - Quadro *Point* CIP/TPM (verso)

Neste, apresentam-se, entre outras, as seguintes *frameworks*:

- 1- Acompanhamento Diário do OEE – Regista os valores obtidos em ambos os turnos para os diferentes índices (disponibilidade, velocidade e qualidade) e calculado o OEE. O objetivo atual é de 75%;
- 2- One Point List (OPL) – Ferramenta que pretende identificar eventuais problemas, as suas causas e delinear ações corretivas, registando eventuais necessidades de novos recursos. Estas ações necessitam de um responsável e uma data limite, sendo acompanhadas regularmente com ferramentas como o ciclo PDCA. A OPL vem de encontro aos princípios do BPS, nomeadamente ao envolvimento dos colaboradores, à delegação de tarefas, à transparência e à melhoria contínua;
- 3- Falhas Internas – Indica a quantidade produzida e a quantidade de falhas internas;
- 4- Auditoria Avançada – Acompanhamento de defeitos – Assinala os números de caldeiras produzidas, de caldeiras verificadas e de defeitos encontrados. O objetivo é alcançar zero defeitos;
- 5- Defeitos Detetados – Expõe os defeitos encontrados: em que posto e em que turno ocorreram, bem como as suas causas;
- 6- Cockpit Chart – Apresenta graficamente a evolução de indicadores como OEE, *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR), *Mean Waiting Time* (MWT) e disponibilidade do equipamento;

- 7- TOP3 – Para além de representar graficamente os diferentes índices constituintes do OEE mensal, contém um gráfico de Pareto com as principais perdas;
- 8- Evolução de Melhorias – Expõe sob a forma de gráfico a quantidade de oportunidades de melhoria detetadas em contraste com as que realmente foram implementadas;
- 9- Plano de Ações TPM – Quadro semelhante à OPL em que apenas são registadas ações referentes ao TPM.

Com este tipo de gestão garante-se o entendimento da produção por parte de todos, isto é, detetam-se desvios ao *standard* e analisam-se as suas causas, tomando ações corretivas. Paralelamente, a motivação de todos os colaboradores é fomentada, uma vez que os resultados são facilmente observáveis.

Em suma, este sistema vem garantir a troca de informação atualizada e de modo eficiente, o envolvimento diário e a definição clara de responsabilidades. Para além disto, o profissionalismo dos colaboradores é desenvolvido e a sua formação facilitada, com suporte constante dos líderes. Ao integrar todos os elementos na resolução de problemas, utilizando as suas ideias e experiência, potencia-se o foco num objetivo comum. Por fim, ao garantir a constante melhoria dos interesses dos colaboradores (como segurança e ergonomia), aumenta-se a satisfação dos mesmos e reduz-se a incidência de problemas no trabalho.

### ANEXO C: Modelo para confirmações de processo de tempo de ciclo

Modelo utilizado para registrar o tempo de ciclo verificado aquando das confirmações de processo.

Process Analysis of Cycle Time			Workshop	Date		
Line	Part number/Type family	Observed cycle	Min. cycle time	Max. cycle time	Cycle time duration	
No.	Cycle time [sec.]	Graphical representation of cycle time			Comment (reasons for fluctuations)	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Figura 29 - Modelo para confirmações de processo

### ANEXO D: Tempos de equipamentos registados

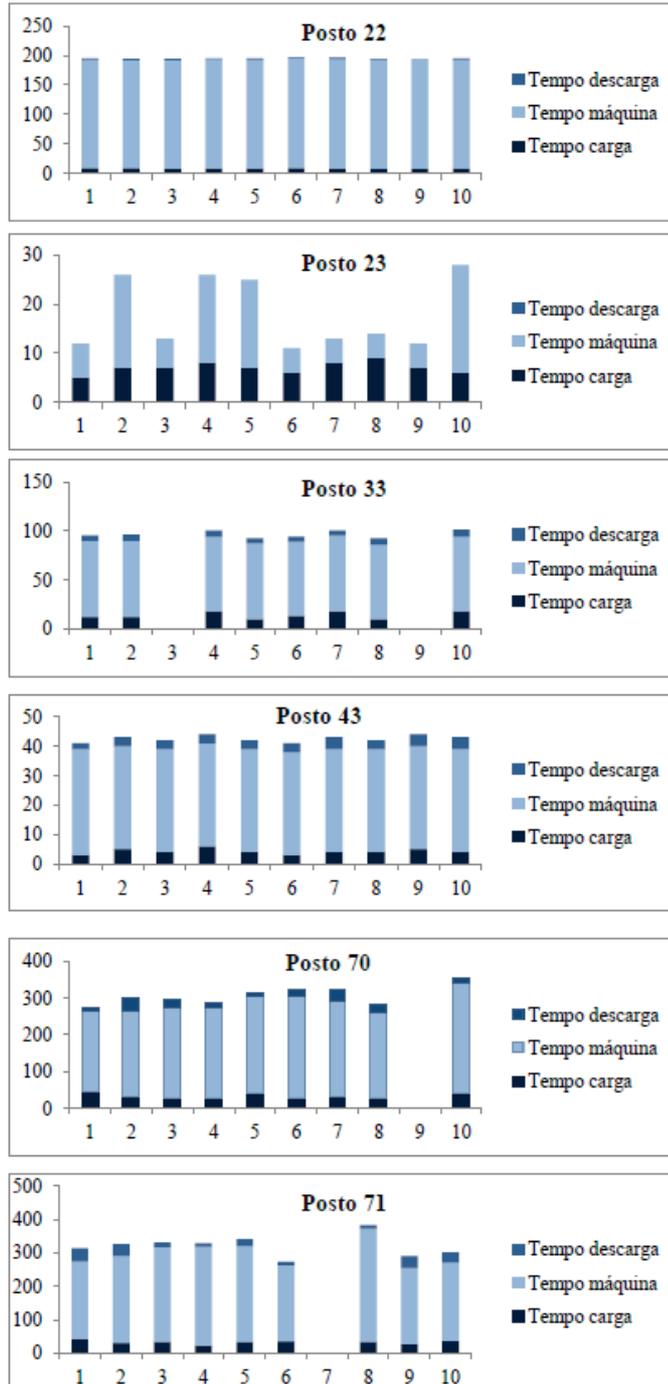


Figura 30 - Tempos de equipamentos registados

## **ANEXO E: Fichas de Melhoria**

Neste anexo são apresentadas as Fichas de Melhoria realizadas durante o projeto referentes à colocação de fitas de impressão no Carro TPM, à fixação de um suporte de um gabarito e a mudança do local de um botão de emergência.

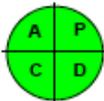
		<b>Ficha de Melhoria</b> Linha A															
<b>Sistema Sugestões - N°</b>		<input type="text"/>															
<b>Tema</b>		<b>Organização</b>															
<b>Problema</b>		Elevado tempo de paragem para trocar as fitas das impressoras.															
<b>Causa</b>		Inexistência de fitas de impressão no carro TPM.															
<b>Melhoria</b>		Colocação de fitas de impressão no carro TPM.															
<b>Resultado</b>		Diminuição do tempo de paragem para troca de fitas das impressoras.															
<b>Sugestão</b>		<b>Calendário Ano: 2014</b>													<b>Progresso</b>		
<b>Equipa</b>		<b>Semana</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
<b>Execução</b>		Previsto							X								
		Realizado							X								
<b>Antes</b>								<b>Depois</b>									
																	

Figura 31 - Ficha de Melhoria 1

		<b>Ficha de Melhoria</b> Linha A															
<b>Sistema Sugestões - N°</b>		<input type="text"/>															
<b>Tema</b>	<b>Segurança</b>																
<b>Problema</b>	Falta de fixação de um suporte para gabarito.																
<b>Causa</b>	Desgaste do posto.																
<b>Melhoria</b>	Fixação do suporte.																
<b>Resultado</b>	Maior estabilidade do gabarito e eliminação da possibilidade de deslocação do suporte.																
<b>Sugestão</b>	<b>Calendário Ano: 2014</b>													<b>Progresso</b>			
<b>Equipa</b>	<b>Semana</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
<b>Execução</b>	Previsto									X							
	Realizado									X							
<b>Antes</b>								<b>Depois</b>									
																	

Figura 32 - Ficha de Melhoria 2

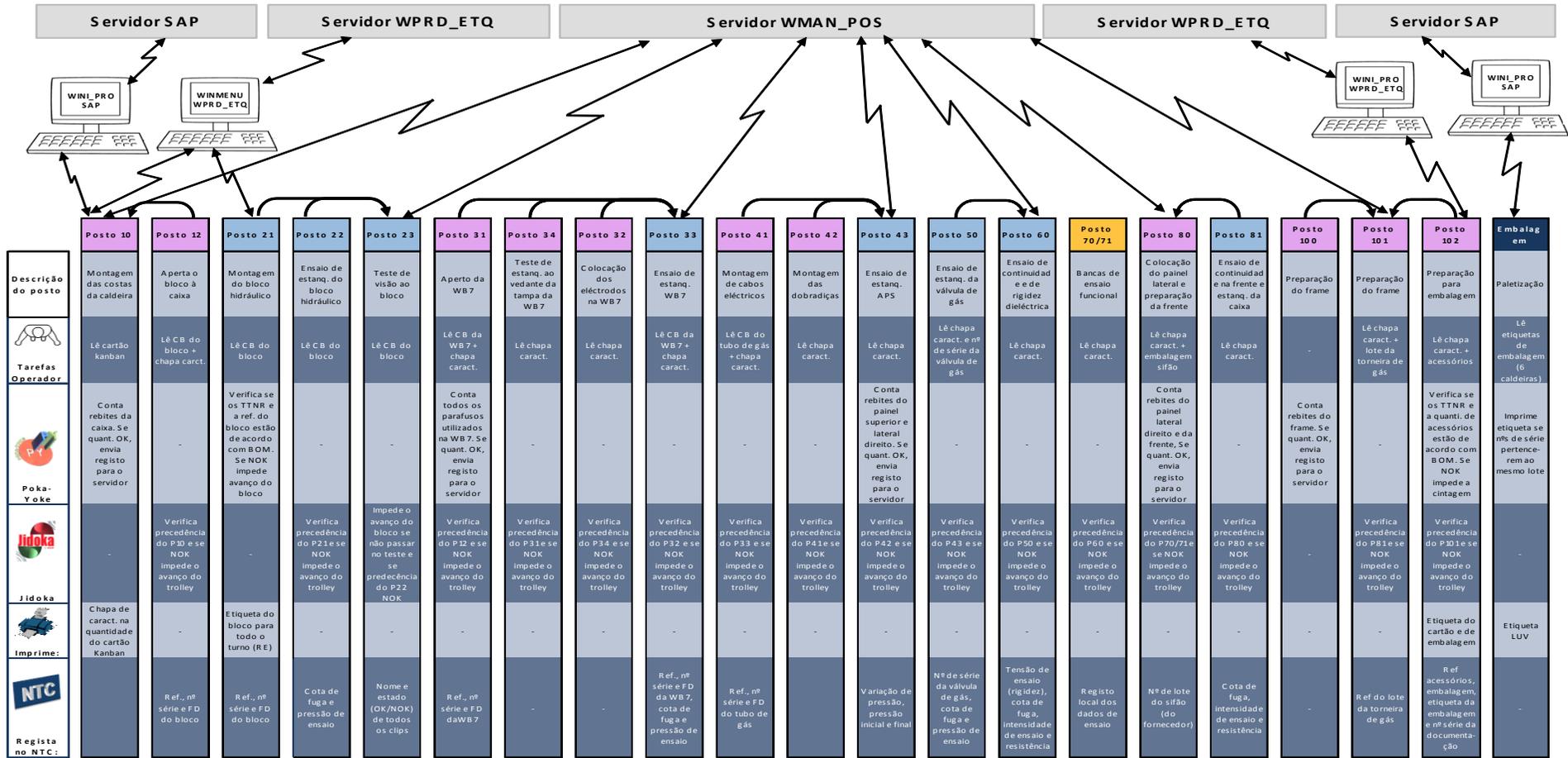
		<b>Ficha de Melhoria</b> Linha A															
		Sistema Sugestões - Nº <input type="text"/>															
<b>Tema</b>		<b>Organização</b>															
<b>Problema</b>		Botão de emergência acionado involuntariamente.															
<b>Causa</b>		Local do botão.															
<b>Melhoria</b>		Alteração do local do botão de emergência.															
<b>Resultado</b>		Eliminação da possibilidade de acionar o botão involuntariamente.															
<b>Sugestão</b>		<b>Calendário Ano: 2014</b>													<b>Progresso</b>		
<b>Equipa</b>		<b>Semana</b>	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
<b>Execução</b>		Previsto									X						
		Realizado									X						
		<b>Antes</b>							<b>Depois</b>								
																	

Figura 33 - Ficha de Melhoria 3

## **ANEXO F: Ferramenta de mapeamento e rastreabilidade de sistemas**

No presente anexo é exposta a ferramenta de mapeamento e rastreabilidade de sistemas desenvolvida.

**Bosch Termotecnologia** **Linha 7** Nº de identificação **WFVB\_DOC**



**Legenda:**  
 Comunicação entre postos  
 Comunicação entre postos e servidores

**Matriz de**

Nº	Data	Responsável	Descrição

