

***Lean* na performance do fluxo nos processos
BOSCH Termotecnologia, S.A**

José Miguel Soares Ribeiro

Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na BOSCH Termotecnologia, S.A.: Engenheira Carla Cardoso

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Julho 2011

Resumo

O presente projecto foi realizado na BOSCH Termotecnologia S.A., em Aveiro, tendo como tema o “*LEAN* na performance dos fluxos no processo”. Surgiu no âmbito de quatro subprojectos implementados na empresa, durante o período de quatro meses que envolveu as duas partes, e foram da responsabilidade dos departamentos ligados à gestão MOE1 e TEF.

O projecto global pretende mostrar uma visão geral da aplicação do *LEAN* nas várias fases de desenvolvimento de uma linha ou célula de montagem. Assim, os quatro subprojectos trataram sempre linhas de montagem, mas todas elas em diferentes estádios de desenvolvimento *LEAN*:

- Fase de projecto – Optimização da Linha 6
- Fase de implementação – *Just-in-time* na secção S855
- Fase de melhoria contínua – *Quick Change Over* nas células de montagem final
- Monitorização – Cálculo do *OEE* horário das secções de montagem

O primeiro subprojecto envolveu uma redefinição total do *layout* da linha 6 (linha de montagem final de caldeiras), sendo aplicadas técnicas e ferramentas que permitam uma orientação para o fluxo do produto, uma diminuição do desperdício e um consequente aumento da eficiência.

O segundo subprojecto teve o intuito de implementar um sistema *Pull* numa célula já existente, tornando assim o fluxo do processo mais claro e coerente com o resto da fábrica.

O subprojecto que envolveu a aplicação do *Quick Change Over* é um exemplo claro de um trabalho de melhoria contínua, aplicado numa secção com nível de desenvolvimento já bastante apurado, tal como manda a filosofia *LEAN*. A perfeição é o objectivo, mas nunca se chega a esse estado.

Por último, a criação de folhas de cálculo de *OEE* horário, apesar de não implicar mudanças nas linhas ou células de montagem, é importante na medida em que são os resultados fiáveis dos indicadores que permitem avaliar a performance dos processos e também validação de uma mudança como evidência de melhoria.

Em conclusão, este foi um projecto de agilização da produção através de acções de melhoria, orientadas para o fluxo dos processos de redução de desperdício, em diferentes linhas e células de montagem, em diferentes estados de desenvolvimento.

LEAN in process flow performance

Abstract

The present project was done under the theme 'LEAN in process flow performance', in BOSCH TERMOTECNOLOGIA,S.A., in Aveiro. It came up within the ambit of four subprojects implemented in this factory - during the period of four months when both parts were involved – and whose responsibility has been claimed by the departments linked to management MOE 1 and TEF.

The global project aims to show a general view of LEAN application at the different development stages of an assembly line or cell. Although these four subprojects have always dealt with assembly lines, each one was at different stages of LEAN development:

- Project Stage – Optimizing Line 6
- Implementation Stage – Just-in-time in section S 855
- Continuous Improvement Process – Quick Change Over in the cells of the final assembly
- Monitoring – Calculation of the OEE sheets for the assembly sections

The first subproject dealt with a total redefinition of the line 6 layout (the final assembly line of boilers). Techniques and tools were used to assure a product flow orientation, a decrease of waste and consequently an increase of efficiency.

The second subproject was aimed to implement a PULL system in an already existing cell so that it can make a clearer and more coherent process flow with the other sections of the factory.

The subproject which involved the application of Quick Change Over is a clear example of a work of continuous improvement applied to a section with a rather accurate level, as LEAN philosophy defends. The perfection is the goal, but you never reach that stage of improvement.

Finally, although it does not mean any changes in the assembly lines/cells, the creation of the hour-by-hour OEE calculus sheets is important as they are the indicators that validate if a certain change is 'for better' or not, and evaluate the flow process performance. The bet on reliable and detailed indicators may also be a good tool to detect improvement points.

In conclusion, this was a project to streamline the production through improvement actions focused to the processes flow and waste reduction, in different assembly lines and cells, at different development stages.

Agradecimentos

Ao Eng. Hermenegildo Pereira, pela disponibilidade demonstrada, sempre que solicitado, pelo empenho e conhecimentos partilhados. Ainda ao Prof. Manuel Pina Marques e ao Prof. Bragança de Oliveira, pela forma como fizeram decorrer todo o processo, no interesse dos alunos.

À Eng. Carla Cardoso, pela “arte de bem receber” e pela forma como me orientou em cada tarefa, com uma capacidade de liderança que a tornaram no “maior aliado” dentro da empresa.

À BOSCH Termotecnologia S.A. pela maneira como tornou fácil a minha integração no mundo de trabalho. A todos os colaboradores, directos e indirectos, envolvidos nos projectos, em particular os que integram os departamentos MOE 1, TEF 3 e TEF 6, com quem pude aprender muito do conteúdo que agora apresento neste documento.

A nível pessoal, à família, que proporcionou as melhores condições, a todos os níveis, para 17 anos de estudos, que culminam com a realização deste projecto.

À Catarina, incansável companheira das “noites de escrita LEAN”, que tornou mais fácil a difícil tarefa de escrever uma tese.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da BOSCH Termotecnologia, S.A.	2
1.2	A Localização do Projecto Curricular	5
1.3	“LEAN na performance dos fluxos nos processos”	6
1.4	Organização e Temas Abordados no Presente Relatório.....	10
2	Situação inicial e apresentação do problema tratado	12
2.1	Estado-da-arte	12
2.2	Apresentação Situação Inicial.....	14
2.2.1	Optimização da Linha 6.....	14
2.2.2	<i>Just-in-time</i> na secção 855.....	17
2.2.3	QCO nas células de montagem final	21
2.2.4	Cálculo do <i>OEE</i> horário das secções de montagem	24
3	Realização dos projectos	27
3.1	Optimização da linha 6.....	27
3.2	<i>Just-in-time</i> na secção 855.....	37
3.3	QCO nas células de Montagem final.....	43
3.4	Cálculo do <i>OEE</i> horário das secções de montagem	47
4	Discussão de resultados	52
4.1	Optimização linha 6.....	52
4.2	<i>Just-in-Time</i> S855.....	54
4.3	QCO nas células de montagem final.....	55
4.4	Cálculo do <i>OEE</i> horário das secções de montagem	58
5	Conclusões.....	59
6	Referências e Bibliografia.....	63
	ANEXO A: Plantas de aplicação de cada projecto	64
	ANEXO B: Instrução de Mudança de ferramenta.....	66
	ANEXO C: Instrução de preenchimento da folha de cálculo <i>OEE</i>	67

Índice de Figuras

Figura 1 - Instalações BOSCH Termotecnologia S.A., Aveiro	2
Figura 2 – Marcas BOSCH	2
Figura 3 – Esquentador Vulcano	3
Figura 4 – Caldeira Vulcano.....	3
Figura 5 – Painel Solar Vulcano	3
Figura 6 – Organigrama empresa	4
Figura 7 – Organigrama MOE1	5
Figura 8 – Organigrama TEF	6
Figura 9 – <i>Milk-run</i> de fábrica.....	8
Figura 10 – Célula de montagem final.....	8
Figura 11 – Robert Bosch	14
Figura 12 – Linha 6.....	14
Figura 13 – <i>Layout</i> actual linha 6	15
Figura 14 – Linha 6: carrossel	15
Figura 15 – Linha 6: banca de ensaio	16
Figura 16 – Linha 6: embalagem.....	16
Figura 17 – Célula preparações S855	18
Figura 18 – Destino do material preparado na S855	18
Figura 19 – Deslocação ao supermercado de produto acabado na S855	19
Figura 20 – Sequência de tarefas para repor material de armazém na S855.....	20
Figura 21 – Deslocação para repor componentes de produção interna, na S855	20
Figura 22 – Ferramentas e material das células de montagem final.....	21
Figura 23 – Local do <i>Point-CIP</i>	25
Figura 24 – Lado A do quadro <i>Point-CIP</i>	25
Figura 25 – Lado B do quadro <i>Point-CIP</i>	26
Figura 26 – Fluxo produtivo no processo da montagem de caldeiras	29
Figura 27 – Layout 1: fluxo na zona de embalagem.....	30
Figura 28 – <i>Mock-up</i>	31
Figura 29 – Vista total <i>Mock-up</i>	31
Figura 30 – <i>Layout 2</i>	33

Figura 31 – <i>Layout 3</i>	33
Figura 32 – <i>Layout 4</i>	34
Figura 33 – <i>Layout 5</i>	34
Figura 34 – Estudo do aproveitamento do espaço	35
Figura 35 – <i>Layout 6</i>	35
Figura 36 – <i>Layout 7</i>	36
Figura 37 – Princípio do <i>Just-in-time</i>	38
Figura 38 – Cartão <i>Kanban</i> azul.....	38
Figura 39 – Cartão <i>Kanban</i> amarelo	39
Figura 40 – Cartão <i>Kanban</i> branco.....	39
Figura 41 – Cartão de sequência verde	39
Figura 42 – Cartão de sequência amarelo	40
Figura 43 – Exemplo de gestão visual nos bordos de linha	42
Figura 44 – Rota de abastecimento interno da célula 3	42
Figura 45 – Rota Intersecções e armazém.....	43
Figura 46 – Curva de lote económico	44
Figura 47 – Quadro com registo de operações	45
Figura 48 – Exemplo de melhoria <i>QCO</i>	46
Figura 49 – <i>Open Point List QCO</i>	46
Figura 50 – Norma de mudança modelo	47
Figura 51 – As três dimensões do <i>OEE</i>	48
Figura 52 – Folha de cálculo <i>OEE</i>	49
Figura 53 – Folha de cálculo <i>OEE</i> pronta para uso	49
Figura 54 – Rota <i>milk-run</i> interno S855	54
Figura 55 – Ferramentas, dispositivos e material: células de montagem final.....	56
Figura 56 – Sequência de mudança no último posto (<i>bottleneck</i>).....	57

Glossário

- **5 S** – Metodologia de gestão que visa uma melhoria na organização do local de trabalho
- **AvP** – Designação do Grupo BOSCH para a empresa BOSCH Termotecnologia S.A., em Aveiro
- **BPS** – *BOSCH Production System*; são os princípios e metodologias de gestão desenvolvidos pelo Grupo BOSCH para aplicação nas suas empresas
- **Bordo de Linha** – Estantes que conferem um abastecimento de componentes às células de uma forma prática e rápida. O material entra nas “costas” desta estrutura e desliza, por meio de rolos, até ao ponto de uso nos postos
- **C1/ C2/ C3** – Células de montagem final da área *Confort*
- **Cartões Kanban** – Cartões colocados nas caixas de material abastecido em Kanban, contendo informações relativas ao material, secção de origem, secção de consumo, quantidade por caixa, localização no bordo de linha e referência do componente
- **Cartões Logísticos** – Cartões que acompanham as caixas de contentoras de material e garantem o fluxo de informação logístico entre secções.
- **CIP** – *Continuous Improvement Process*; é um dos pilares do *LEAN*, uma aposta na melhoria contínua dos processos
- **Confort** – Área do departamento MOE1 responsável pela produção de aparelhos de capacidade baixa e média.
- **Diagrama de spaghetti** – Ferramenta de gestão que permite a visualização dos percursos percorridos pelo(s) operadore(s) durante as operações.
- **FMEA** – Ferramenta da gestão da qualidade que define, por ordem de importância, as causas de um problema
- **Folha de picking** – Folha que passa pelos operadores de uma linha/célula aquando do início de produção de um lote, e que contém os principais componentes do referido aparelho
- **FRP** – Folha de Resolução de Problemas; Folha que serve como documento base de apoio na resolução de problemas produtivos de maior severidade
- **High Output** – Área do departamento MOE1 responsável pela produção de aparelhos de capacidade elevada.
- **IO** – Instrução operacional standard
- **JIT** – *Just-in-time*; Processo produtivo que visa uma redução de desperdício através de uma produção focada na procura do cliente. Funciona em “*Pull*”, ou seja, a ordem de produção para as células de montagem final é dada consoante as necessidades do cliente. Estas dão ordem às secções antecedentes e assim sucessivamente.
- **Kanban** – (em japonês: “cartão”) Sistema de abastecimento em que, através de um sistema de cartões se garante que não há rupturas nem excesso de determinado material, nos bordos linha.
- **Ky’zen** – (em japonês: *Ky*-“mudança” e *zen*-“melhor”) Filosofia impulsionada por Masaaki Imai, que orienta a gestão na procura constante de mudanças para melhor
- **Layout** – planta/desenho dos equipamentos de uma fábrica ou secção

- **Lead Time** – Tempo que demora a produção de um aparelho/componente desde que inicia até que acaba o seu processo numa célula/linha
- **LEAN** – (em inglês: “magro”) Modelo de gestão baseado na filosofia *Ky’zen*, que tem como principal objectivo a redução de desperdício a todos os níveis. É uma recente adaptação ocidental, a uma filosofia Japonesa já existente desde meados do séc. XX
- **M1** – Quantidade de lotes que são necessários produzir num dia para satisfazer as necessidades dos clientes. É um dos mais importantes indicadores de desempenho
- **Milk-run** – Habitualmente, comboio ou meio de transporte logístico que garante o abastecimento entre fornecedores e empresa. Neste caso particular considera-se como *Milk-run* os meios de transporte logísticos que fazem o abastecimento entre secções. Comummente, este tipo de meio de transporte interno é designado *Mizusumashi*
- **Mock-up** – Reprodução à escala 1:1, em material barato e versátil, do equipamento de uma linha/célula. Útil para uma mais fácil visualização daquilo que será o aspecto de um *layout* quando este ainda se encontra em fase de projecto.
- **MOE1** – Departamento responsável pela Engenharia da Produção das células e linhas de montagem;
- **MTM UAS** – *Method Time Measurement*; procedimento que permite estimar o tempo de uma operação, através de dados estatisticamente apurados que atribuem um tempo a cada movimento do operador;
- **OEE** – *Overall Eficiencia Equipment*; indicador que nos dá o valor da eficiência global do equipamento
- **OPL** – *Open Point List*; Folha com lista de acções tomadas para a resolução de problemas detectados
- **Poka Yoke** – (em japonês: “à prova de erro”) Ferramenta de gestão da qualidade, desenvolvida pelo Engenheiro japonês Shigeo Shingo, que tem como objectivo a garantia da correcta execução de cada operação. A sua função é detectar não conformidades dos componentes/aparelhos no local onde foram originados
- **PPM** – Partes Por Milhão; indicador de qualidade no qual é feita uma estimativa do número de aparelhos defeituosos por milhão de aparelho produzidos
- **QCO** – *Quick change over*; método que tem como objectivo a redução dos tempos de *setup*
- **S871** – Secção da área *Confort* responsável pela montagem final dos aparelhos
- **S872** – Secção da área *High Output* responsável pela montagem final dos aparelhos
- **Secção 855** – Secção da responsabilidade da área *Confort* onde são produzidas preparações e chaminés a serem consumidas em várias secções da fábrica
- **Ship to line** – Modo de abastecimento em que o material que chega do fornecedor é directamente descarregado na linha.
- **Sistema “Pull”** – Sistema produtivo que está na base do *Just-in-time*. Como o próprio nome indica, a produção é “puxada” pelo cliente. Este é que determina as quantidades diárias a serem produzidas pelas células e linhas de montagem final, requisitando estas, às secções fornecedoras, os componentes que necessários.
- **SMED** – *Single-Minute Exchange of Die*; Técnica desenvolvida por Shigeo Shingo, que tenta reduzir todas as operações de *setup* a um tempo máximo de cerca 10minuto. Para isso utiliza técnicas e ferramentas que garantam tal feito.

- ***Takt Time*** – Tempo de ciclo máximo que permita atingir os objectivos de procura
- **TEF** – Departamento técnico de apoio à produção e execução de novos projectos.
- **Termotecnologia (TT)** – Divisão do Grupo BOSCH dedicada à produção de aparelhos de aquecimento de água, domésticos.

1 Introdução

O projecto, realizado em ambiente empresarial, tem como objectivo a elaboração desta dissertação. Pretende-se que haja uma parceria entre aluno, instituição de ensino e empresa que permita a partilha de conhecimentos, de experiência e de trabalho.

A empresa escolhida foi a BOSCH Termotecnologia S.A., em Aveiro. Com o *LEAN* a imperar cada vez mais como modelo de gestão a seguir, o projecto global contém quatro subprojectos, baseados nesta filosofia, de melhoria contínua, que serão implementados durante ou depois do período de envolvimento com a empresa.

Estes projectos, trabalhados em paralelo e em diferentes secções da fábrica, reflectem os vários estados de desenvolvimento de uma linha ou célula e montagem que podem ser descritos pelas suas quatro fases: criação – implementação – melhoria contínua – monitorização.

O principal objectivo é perceber a abrangência do *LEAN*, durante estas várias etapas. Para isso procura-se sempre trabalhar no sentido de:

- Diminuir desperdício;
- Flexibilizar produção;
- Aumentar a eficiência;
- Permitir uma fácil adaptação da produção à procura;
- Clarificar e normalizar tarefas intrínsecas aos processos.

O contributo para a empresa prendeu-se sobretudo com um apoio directo à Engenharia do Processo e participação em projectos de melhoria de optimização. De entre todos os projectos realizados, aqueles que dão motivo a esta tese, são:

1. Optimização da linha 6 – redesenho e optimizações ao nível de processo produtivo da linha de montagem das caldeiras;
2. *Just-in-time* na secção 855 – implementação de um sistema *Pull* nesta secção;
3. QCO nas células de montagem final – estudo de *quick change over* para estas células;
4. Cálculo de *OEE* – alteração das folhas de cálculo de *OEE* utilizadas como indicador.

Após a implementação dos mesmos, pretende-se dar mais um passo no caminho de uma gestão agilizada da produção.

1.1 Apresentação da BOSCH Termotecnologia, S.A.

A BOSCH Termotecnologia,S.A., em Aveiro, é uma empresa do Grupo Bosch, da divisão de Termotecnologia. Esta empresa, fundada inicialmente com capital exclusivamente português, começou a sua actividade em 1977, sob a designação de Vulcano Termodomésticos SA. [1]



Figura 1 - Instalações BOSCH Termotecnologia S.A., Aveiro [1]

Actualmente, com uma produção para 55 países em todo o mundo, a empresa emprega cerca de 1200 colaboradores, é uma das líderes mundiais e líder nacional no fabrico de aparelhos de aquecimento de água domésticos.



Figura 2 – Marcas BOSCH [2]

Aquando do seu início, a fábrica produzia apenas esquentadores domésticos. Actualmente, devido às exigências do mercado, a BOSCH Termotecnologia, S.A. comercializa também caldeiras e colectores solares.

Com mais de 900 modelos diferentes, os esquentadores são o produto que representa o maior volume de vendas. Apesar de o conceito e o princípio base de funcionamento destes

aparelhos não serem recentes, várias foram as modificações e implementações desenvolvidas, tornando-os perfeitamente actuais e adaptados aos tempos modernos.



Figura 3 – Esquentador Vulcano [3]

A aposta nas caldeiras surgiu mais recentemente, havendo uma tendência de aumento na procura destas. Com cerca de uma centena de modelos diferentes, a empresa está empenhada em alargar-se neste mercado, estando já previsto o fabrico de novos modelos, a curto prazo.



Figura 4 – Caldeira Vulcano [3]

Em 2007, a aposta nas energias renováveis levou ao desenvolvimento e produção de colectores solares que alargam assim a gama de produtos produzidos na BOSCH Termotecnologia, S.A..

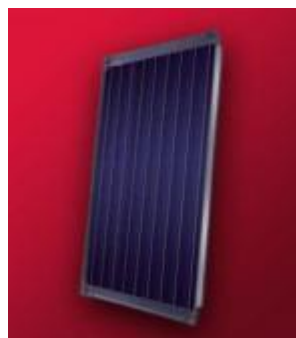


Figura 5 – Paine Solar Vulcano [3]

Organização

A BOSCH Termotecnologia, S.A., em Aveiro, a nível funcional e mesmo a nível de infra-estruturas está dividida em três áreas distintas:

Administração – tem a função de coordenar todos os projectos e actividades relacionados com a divisão de Termotecnologia, da BOSCH e os recursos da empresa.

Desenvolvimento – dedicado à investigação, inovação e desenvolvimento do produto e os seus aperfeiçoamentos funcionais, para responder ao mercado, satisfazendo as necessidades identificadas e expectativas do cliente.

Produção – dedicada à fabricação, onde colaboradores directos e indirectos trabalham diariamente com a gestão “no terreno” dos recursos disponíveis, em permanente contacto com os processos que realizam valor e os seus problemas. A constante procura de melhoria do processo produtivo, o cumprimento das metas estabelecidas, a garantia de qualidade do produto e a motivação dos colaboradores são o principal objectivo desta área da Empresa

Esta estrutura pode ser melhor visualizada através do organigrama da empresa.

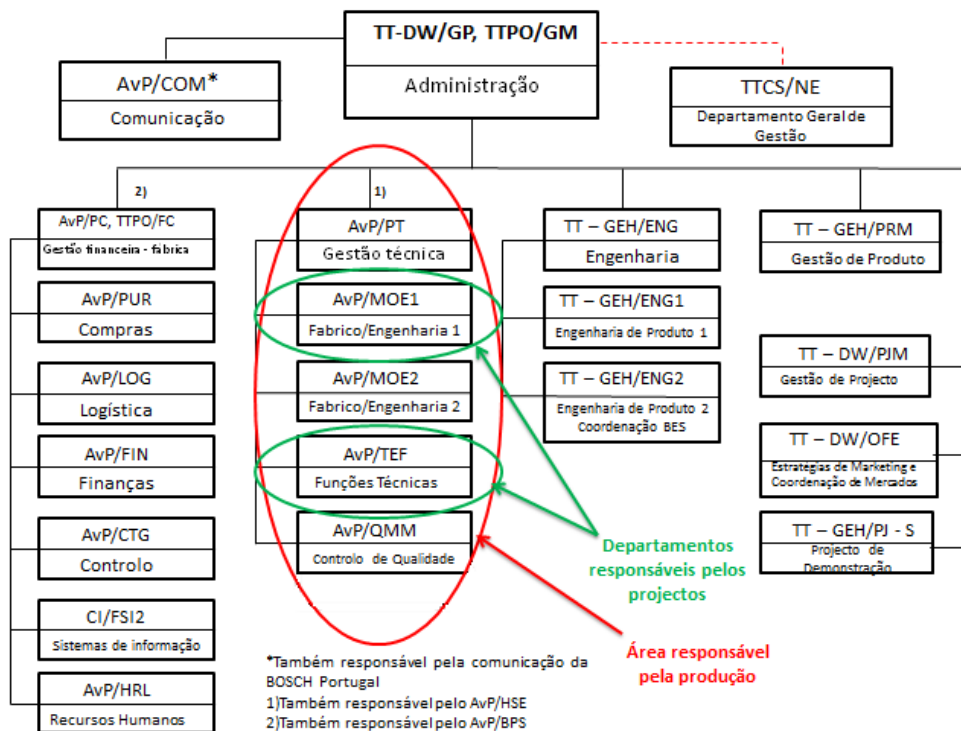


Figura 6 – Organigrama empresa [4]

As três áreas, apesar de terem diferentes funções, trabalham em parceria, apoiando-se mutuamente. Só assim é possível assegurar a continuidade da empresa na liderança de um mercado tão competitivo e exigente.

1.2 A Localização do Projecto Curricular

Os projectos realizados foram executados sob a tutela de dois departamentos: o MOE1 e o TEF (TEF3). Ambos pertencem à área de produção, trabalhando em estreita colaboração. As suas funções dentro da empresa são:

- MOE1 – Departamento dedica à engenharia do processo, sendo o seu objectivo produzir “os melhores produtos, os produtos certos a tempo e horas e apenas o que o cliente quer.”. Procura-se uma comunicação “clara e transparente (...) envolvendo cada colaborador no sucesso dos (...) objectivos.”. É responsável pelo funcionamento diário e melhoria contínua das secções de montagem e pré-montagem de esquentadores e caldeiras. Está dividido em duas áreas de produção de acordo com a gama de aparelhos produzidos: *High Output* e *Comfort*. [5]

No organigrama apresentado encontra-se destacada a principal área onde foi desenvolvido este projecto curricular, contudo todo o departamento teve uma quota-parte de envolvimento nos projectos realizados.

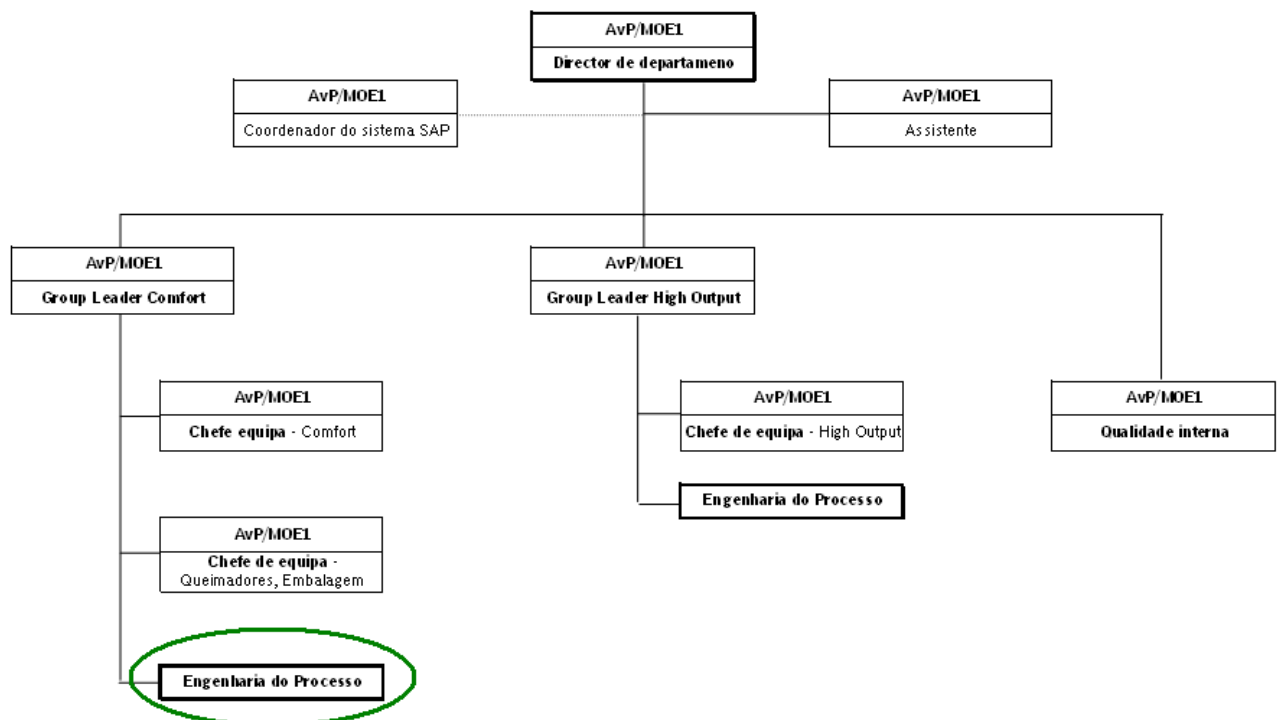


Figura 7 – Organigrama MOE1

- TEF – É um departamento que serve directamente a produção, dando apoio ao nível de: prestação de serviços, *know-how*, inovação e colaboração. Através do estudo das metodologias *LEAN*, pretende “atingir um elevado nível de compatibilização entre os objectivos da produção e dos departamentos. (...) Uma elevada optimização de recursos, que só pode ser alcançada actuando conjuntamente. Isto exige uma integração profunda e uma colaboração empenhada de todas as partes nas fases de definição, planeamento e execução de cada tarefa.” [5]

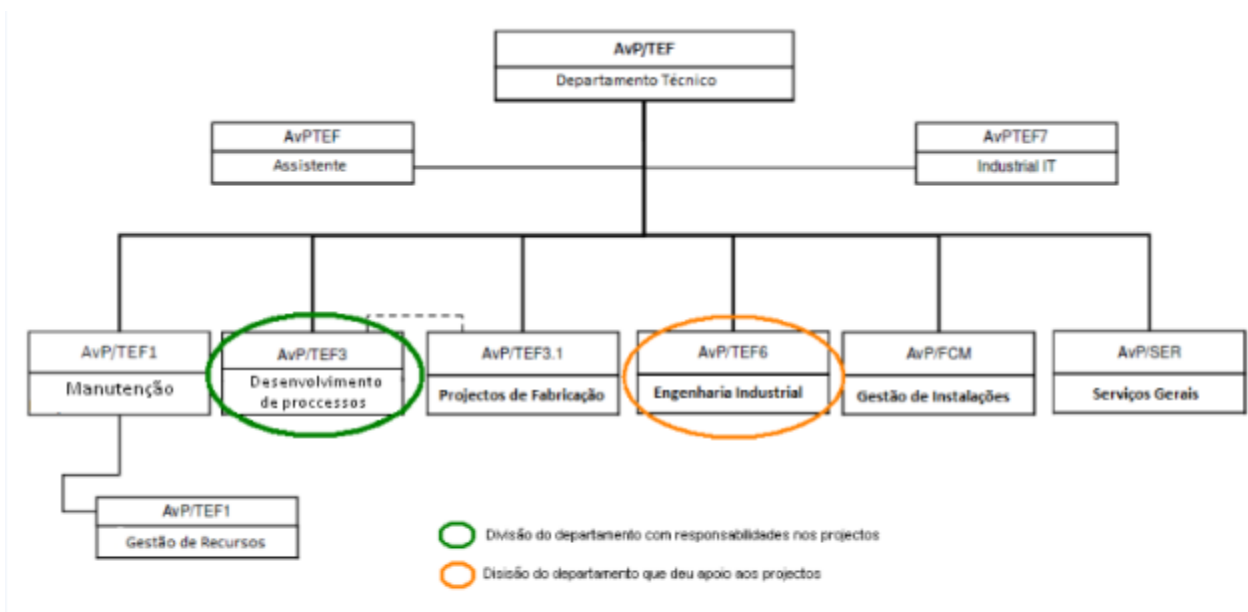


Figura 8 – Organograma TEF [5]

Para uma leitura adequada desta dissertação é importante notar que, devido à política de protecção de dados da empresa, foi evitada a colocação de valores absolutos nos resultados obtidos.

1.3 LEAN na performance dos fluxos nos processos

A BOSCH Termotecnologia S.A. é uma empresa que se empenha na constante procura de apuramento de resultados e alcance de objectivos. Como tal, e devido à sua dimensão, encontra-se continuamente em desenvolvimento de projectos de melhoria ao nível da produção. Vê-se assim na necessidade de apostar fortemente na engenharia da produção que garantam o melhor fim para tais projectos.

Seguindo em linha de conta com a filosofia *LEAN*, procura-se o envolvimento de todas as partes, funcionando os departamentos em conjunto, e desempenhando cada colaborador um papel específico e concreto nos projectos em que participa. Durante o período em colaboração com a empresa foi possível a participação em quatro projectos distintos, em diferentes fases de desenvolvimento, mas com uma característica comum: o *LEAN*. Seguidamente são apresentados os seus propósitos, objectivos e técnicas usadas.

No Anexo A podem-se consultar as áreas, da planta da fábrica, onde se desenrolou cada um dos quatro projectos.

Optimização da Linha 6

Devido à produção de um novo produto prevista para o próximo ano, a fábrica viu-se na necessidade de fazer uma remodelação do seu espaço. Uma das áreas afectadas foi a linha 6, onde para além disso, após um estudo desenvolvido com o instituto *Kaizen*, se viu também a possibilidade de reduzir o número de operadores envolvidos na produção e abastecimento desta linha.

Esta remodelação obrigou a uma reformulação quase total do *layout* da linha e a um aprofundado estudo dos balanceamentos de modo a obter uma redução de espaço e de operadores pretendida mas sem comprometer o “output” exigido pelo cliente.

“O objectivo de um *layout LEAN* é assegurar fluxo, minimizar os desperdícios intrínsecos aos processos, o desgaste das pessoas e melhorar a comunicação visual”, sendo para isso utilizadas as seguintes ferramentas: [6]

- *Mock-up* – no sentido de ter uma visualização mais concreta do espaço
- Diagrama de *spaghetti* – para facilmente visualizar as deslocações do operador que podem ser reduzidas
- Simulação de balanceamentos – para prever o número de operadores necessários e a eficiência da linha
- *Workshops* – onde se espera que o envolvimento de todas as pessoas relacionadas com o projecto traga novas ideias e soluções

Há ainda um objectivo claro de tornar o fluxo do processo mais visível e claro, com reduzido *WIP* e fácil manutenção.

***Just-in-time* na secção 855**

Sendo um dos principais objectivos de produção fazer toda a fábrica funcionar num sistema *Pull*, este era um trabalho fundamental neste sentido. Esta secção é uma das que fornece componentes para mais secções, tendo, no entanto um processo pouco claro e um abastecimento com desperdício.

Com o projecto pretende-se implementar uma nova rota de *milk-run*, adaptar outra, no sentido de tentar fazer desta célula uma parte integrante de um sistema *JIT*.

Para tal serão utilizadas as seguintes ferramentas:

- Identificação de prateleiras de supermercados e bordos de linha - **gestão visual**
- Utilização de cartões logísticos de *kanban* e sequência – **fluxo de informação**
- Definição de novas rotas de abastecimento – *milk-run*



Figura 9 – Milk-run de fábrica

Este trabalho não passa só por uma melhoria do abastecimento à célula, mas, em parte, pela criação de raiz de uma rota que permita um abastecimento interno e um fluxo de informação em linha de conta com o *JIT*.

Quick change over nas células de montagem final

Sendo as células de montagem final aquelas que preparam os aparelhos para o consumidor final, e produzindo centenas de modelos diferentes, merecem uma atenção especial, por parte da gestão da produção.

As três células da responsabilidade da área *Confort* contêm um grande número de postos e têm um balanceamento muito equilibrado, com um ritmo de trabalho bastante elevado. Na altura da sua criação estas foram consideradas como tendo um tempo de mudança nulo.



Figura 10 – Célula de montagem final

Este projecto surge com o intuito de aferir se o tempo de mudança é realmente nulo, criar uma normalização do processo e, a constar-se uma perda na mudança, tentar encontrar ideias e técnicas que permitam a sua diminuição.

O projecto seguirá a metodologia usual na BOSCH, que é o *QCO (Quick Change Over)*.

Esta é uma clara tarefa de melhoria contínua, em que se procura mais uma vez a interacção e a colaboração de todas as partes envolvidas, dividida em quatro fases: estudo, identificação de problemas, implementação de acções de melhoria e acompanhamento destas acções.

Mais uma vez o *LEAN* é o pensamento base e a abordagem para este projecto.

Cálculo do *OEE* horário das secções

Sendo o *OEE (Overall Equipment Efficiency)* um dos mais potentes indicadores na gestão da produção, a BOSCH Termotecnologia S.A. dá especial ênfase fazendo um acompanhamento constante dos seus valores.

Nesse seguimento emerge esta tarefa, que se propõe a criar folhas de cálculo de *OEE* com um registo horário deste indicador e a actualizar os tempos de ciclo utilizados no seu cálculo de modo a aumentar a precisão do mesmo.

O suporte informático utilizado para este trabalho será o *Microsoft Excel*. Serão introduzidos em cada folha de cálculo criada os algoritmos que permitem chegar ao *OEE*, sendo estas depois disponibilizadas na rede, para que cada responsável de secção faça o seu preenchimento a cada hora que passa. Ambiciona-se que este projecto seja implementado em todas as secções de montagem.

Visão Global do Projecto

Os objectivos globais inerentes a este tipo de gestão, foram consumados através de:

- Uma agilização geral dos processos produtivos com um fluxo de informação mais claro e exacto e um alargamento da produção em *Pull*;
- Uma maior transparência do processo com a normalização de procedimentos, aferição de tempos de mudança de ferramenta e apuramento de indicadores de processo;
- Redução do desperdício quer ao nível de distâncias percorridas pelos operadores, pelo produto ou espaço ocupado, quer pela diminuição de *WIP* na linha 6;
- Aumento global da eficiência da fábrica através da redução do número de operadores na linha 6, sem prejuízo do *output*;

Assim, retirando de cada subprojecto as técnicas e *know-how* utilizadas, é possível perceber de que forma a gestão *LEAN* é utilizada num projecto desde a sua criação até à sua implementação e posterior melhoria contínua.

1. Concepção de uma linha *LEAN* – Optimização da linha 6
2. Implementação de produção *Pull – Just-in-time* na secção 855
3. Melhoria contínua – *QCO* nas células de montagem final
4. Monitorização – Cálculo do *OEE* horário das secções

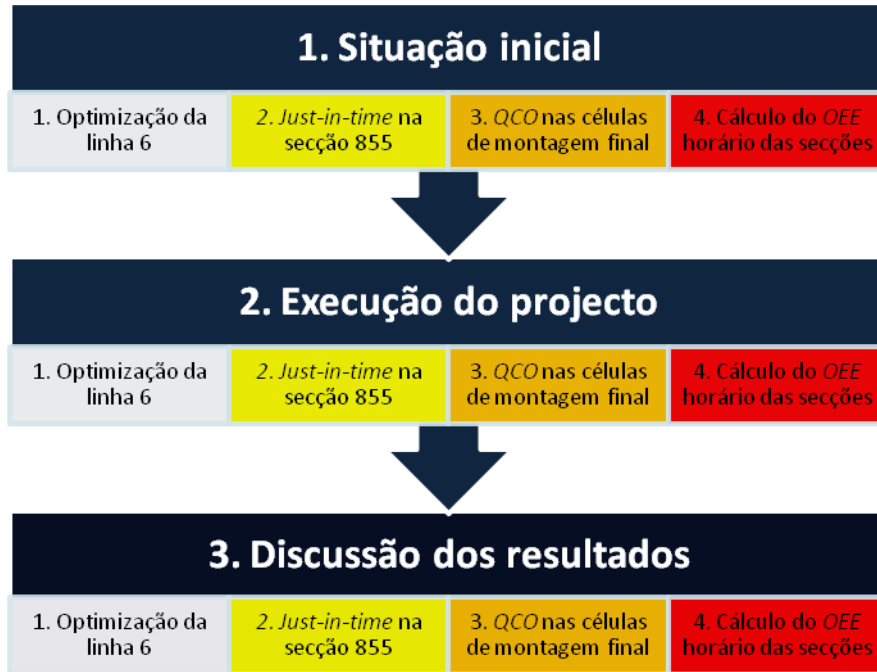


O projecto global na empresa incluiu portanto a participação num conjunto de quatro projectos, que permitem uma espécie de *overview*, uma visão mais global e menos detalhada sobre a gestão *LEAN*, os seus conceitos fundamentais e a aplicação dos mesmos num cenário prático e empresarial.

1.4 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

A estrutura global da dissertação pode ser dividida em várias fases, de acordo com o seu conteúdo – introdução, desenvolvimento e conclusão.

No desenvolvimento, a nível mais específico, o envolvimento em vários projectos torna a estrutura mais complexa. Assim será apresentado o estado de situação de cada projecto no mesmo capítulo, depois o relato dos procedimentos num outro capítulo, e por fim a discussão de resultados. No esquema seguinte pode ser mais facilmente verificada esta organização.



Conforme se pode verificar, a organização não é feita “por projectos”, mas por “fases de projecto”. Assim em cada capítulo correspondente a um estágio de projecto, existem quatro subcapítulos que descrevem esse estágio em cada um dos projectos realizados.

Será ainda feita uma referência ao estado-da-arte da empresa, a nível de gestão, que serve como indicador do grau de implementação da filosofia *LEAN* e das suas ferramentas.

Apesar das diferenças entre cada trabalho desenvolvido pretende-se que o ponto comum a todos eles – a filosofia *LEAN* – sirva de “fio condutor” deste documento.

2 Situação inicial e apresentação do problema tratado

2.1 Estado-da-arte

Para se manter no topo do mercado mundial a BOSCH Termotecnologia, S.A., faz uma forte aposta na vanguarda técnica, na investigação, num modelo de gestão LEAN, desenvolvendo assim *core capabilities* (competências diferenciadoras) como:

“**Qualidade** – Fazer e oferecer um excelente produto”

“**Fiabilidade de entrega** – Entregar quando prometido”

“**Lidar com as variações de procura** – Mudança é volume”

“**Flexibilidade e velocidade de oferta de novos produtos** – Mudança” [7]

Um dos factores essenciais na gestão *LEAN* da BOSCH é o *BPS – Bosch Production System*. Este sistema é desenvolvido e implementado em cada empresa do grupo por um departamento próprio, que funciona de acordo com as directivas dadas a todo o grupo BOSCH. Em Aveiro esse departamento é o BPS/AvP. “AvP/BPS é responsável pela coordenação da melhoria contínua dos processos em AvP. A Introdução e desenvolvimento progressivo do Sistema de Produção Bosch e dos Processos de Melhoria Contínua (*CIP*) são os pilares do AvP/BPS.(...) Formação e treino para os tópicos fundamentais asseguram a sua aplicação sustentável na organização.”

“Os (...) objectivos baseiam-se na redução de desperdício, melhoria da qualidade do produto e processos, assim como na satisfação dos colaboradores.” [8]

Os princípios *BPS* são:

- “Sistema *Pull*” – produzir apenas para a procura real do cliente;
 - Principais ferramentas: *kanban*, supermercados, *milk-run*;
- “Orientação do processo” – desenho, controlo e melhoria do processo total;
 - Principais ferramentas: *Layout* orientado em fluxo, *ship to line*;
- “Qualidade perfeita” – evitar falhas através de acções preventivas de forma a fornecer qualidade perfeita ao cliente;

- Principais ferramentas: 5 S, FMEA, *Poka Yoke*;
- “Flexibilidade” – flexibilidade olhando a volumes, variações de produto e gerações de produto;
 - Principais ferramentas: *QCO*, trabalho flexível;
- “Standardização” – realização de *World Class Standards*;
 - Principais ferramentas: trabalho normalizado;
- “Processos transparentes” – processos de negócio e procedimentos de produção são auto-explicativos. Desvios são imediatamente visíveis;
 - Principais ferramentas: gestão visual, sistemas de resposta rápida (*Andon*);
- “Melhoria contínua e eliminação de desperdícios” – não há nada que não possa nunca mais ser melhorado;
 - Principais ferramentas: *workshops*, *Open Point List (OPL)*, *Point CIP*;
- “Envolvimento dos colaboradores e delegação de poder” – clara transferência de responsabilidades e competências de forma a envolver os colaboradores que estão a trabalhar com os processos; [8]

Para garantir que estes princípios são seguidos pelas empresas do grupo, a BOSCH faz anualmente uma auditoria em que avalia cada empresa de acordo com estes oito pontos. No ano transacto, a BOSCH AvP classificou-se no topo do *ranking* das empresas da divisão TT do grupo.

Ao nível do estado de arte, a empresa procura a vanguarda da gestão, realizando ao longo dos últimos anos projectos que têm por base os princípios da gestão *LEAN*.

O reconhecimento desta perspectiva de gestão é ainda visível com a autentificação da empresa em conformidade com as normas:

NP EN ISO 9001- “especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade”

NP EN ISO 14001- especifica requisitos para um “sistema de gestão ambiental” [9]

Conclui-se portanto que a empresa utiliza as técnicas de gestão mais recentes no mundo ocidental, sendo este, contudo, um processo contínuo de implementação de melhorias, tal como manda a própria filosofia *LEAN*.

De notar ainda que um factor de grande importância para o sucesso da empresa é uma política de envolvimento de todos os colaboradores, sendo todos eles motivados e responsabilizados nas suas tarefas, dando cada um o seu contributo para o desenvolvimento da empresa. Esta é um dos princípios que a BOSCH mantém presentes desde a sua génese e que vão de encontro aos já centenários valores que o seu fundador, Robert Bosch, defendia.

“It has also been an established principle of mine to cultivate eager associates by letting each individual work independently as far as possible while at the same time delegating the responsibility that goes with the task.”

Robert Bosch



Figura 11 – Robert Bosch [10]

2.2 – Apresentação Situação Inicial

2.2.1 – Optimização da Linha 6

Conforme referido anteriormente, as caldeiras de aquecimento são um dos produtos criados na empresa, estando a sua produção ao encargo da Linha 6. Esta linha tem um *output* variável, de acordo com o cenário de balanceamento variável e produz dois tipos de caldeiras (AE e KE).



Figura 12 – Linha 6

Em 2010, surgiu a oportunidade de fabricar um novo modelo caldeira (GZT). Este modelo, tecnicamente mais evoluído e com novos componentes não pode ser integrado na Linha 6, prevendo-se um rearranjo do espaço/*layout* da fábrica de forma a tornar possível a incorporação de uma nova linha de montagem.

A nova linha será semelhante à já existente na fábrica da BOSCH TT, em *Worcester*, e o único equipamento que é possível tornar comum às duas linhas são as bancas de ensaio do modelo GZT que, através de uma adaptação simples (*downgrade*), tornam possível o ensaio dos modelos AE e KE.

Linha actual

O *layout* actual desta linha pode facilmente ser dividido em três partes de acordo com a figura:

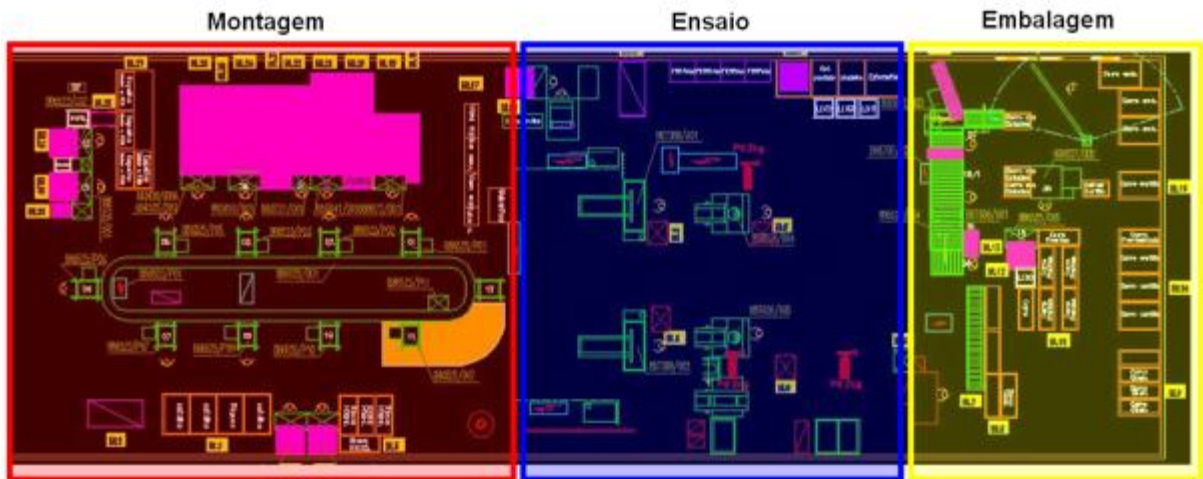


Figura 13 – *Layout* actual linha 6

Montagem – O aparelho é fixado num carrossel, que percorre 10 postos onde são montados os seus componentes. Nas bancas laterais são feitas algumas pré-montagens e preparações. O carrossel é nesta linha um elemento de extrema importância, pois é ele que dá *tackt* de ciclo.



Figura 14 – Linha 6: carrossel

Ensaio – é nesta zona que os aparelhos são testados em todas as suas funções. Sendo este teste demorado, são necessárias 4 bancas de ensaio que operam em paralelo.



Figura 15 – Linha 6: banca de ensaio

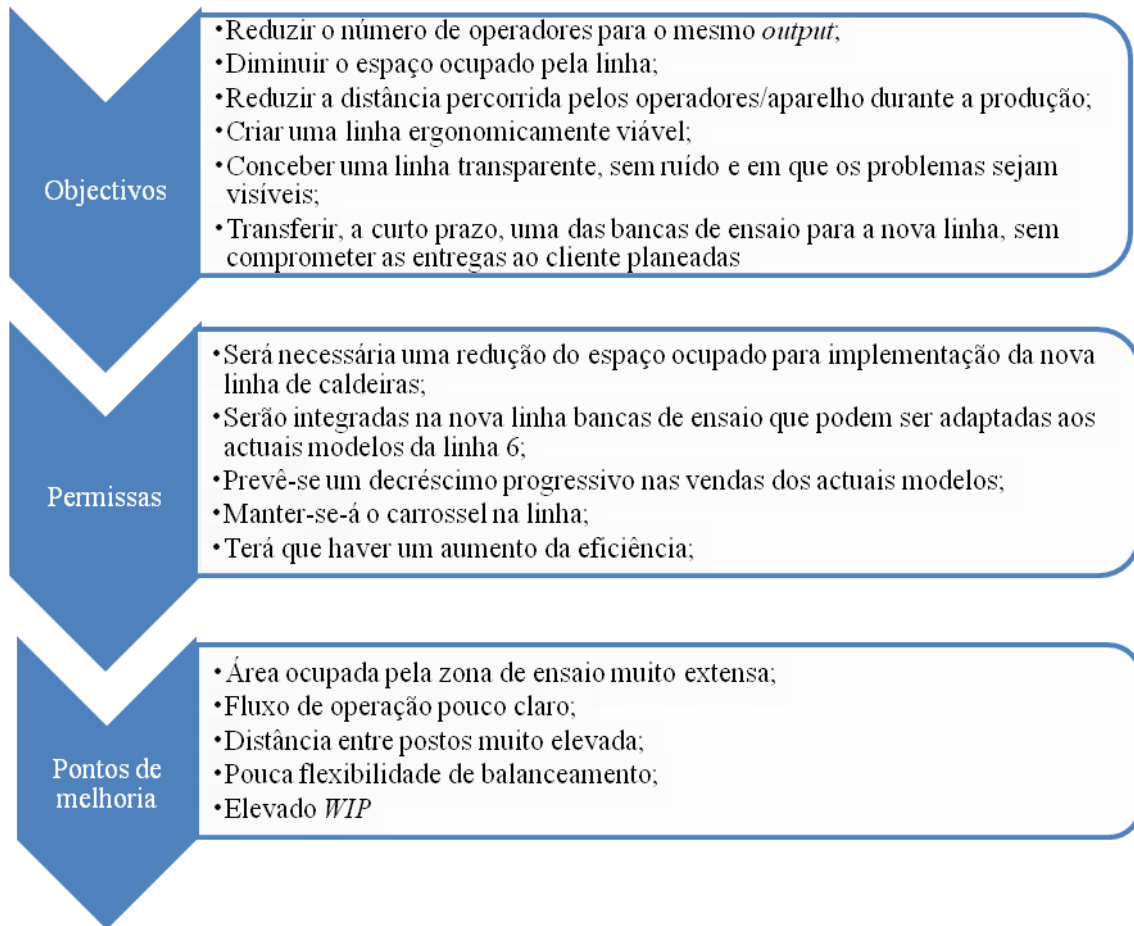
Zona embalagem – As caldeiras produzidas passam ainda por dois últimos ensaios (de estanquicidade) e são depois embaladas para irem para armazém.

É essencialmente sobre estas duas últimas zonas que a modificação do layout se debruça.



Figura 16 – Linha 6: embalagem

Fazendo uma análise do *layout* actual, acima representado, e um estudo da célula no local, foi possível partir para um projecto de optimização. Este projecto visa alguns pontos de melhoria, premissas e objectivos que se encontram descritos mais detalhadamente no esquema em baixo representado.



Pretende-se ainda, por uma questão de redução dos custos de investimento, que haja um aproveitamento máximo de todo o equipamento que se encontra neste momento na linha.

2.2.2 – *Just-in-time* na secção 855

A secção 855 é da responsabilidade do MOE1, área *Confort*. Está dividida em duas partes distintas:

- Chaminés – parte que se dedica ao fabrico das chaminés consumidas pelas células de montagem final, dos esquentadores *Confort*;
- Preparações – parte que está responsável por variadas pré-montagens (como pressostatos, mangueiras, limitadores de temperatura, etc), que são consumidas quer pelas células e linhas de montagem final (tanto *High-output* como *Confort*), quer pelas células de montagem de automáticos de água.

Ao nível das chaminés, a situação já se encontra bastante optimizada. Contudo, nas preparações, o abastecimento tem ainda alguns pontos que podem ser melhorados, sendo precisamente sobre esta parte da célula que irá incidir o trabalho.



Figura 17 – Célula preparações S855

Verifica-se portanto que é uma célula que trabalha com uma grande variedade de referências de peças, essencialmente ao nível das preparações, exigindo um abastecimento que garanta que todo o material esteja pronto a tempo e nas quantidades certas para a montagem. O mesmo é válido para a saída de produto acabado desta célula, que deverá ser precisa para evitar excessos de material nos bordos de linha das células finais ou, no caso contrário, a paragem das mesmas.

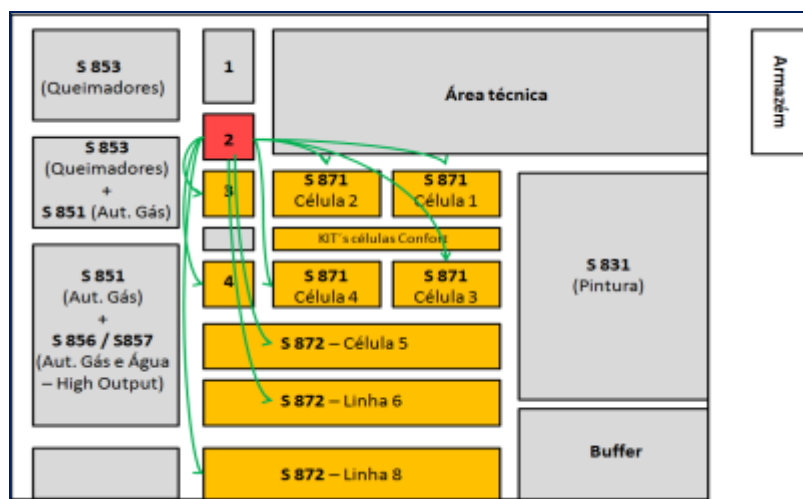


Figura 18 – Destino do material preparado na S855

Este projecto surge no seguimento de uma remodelação feita nesta célula. Esta mudança resultou de um trabalho conjunto de melhoria das secções S855, S871 e S872 e permitiu a redução de dois operadores, no conjunto global das três secções, sem comprometer o volume de produção.

Na secção de estudo (S855) houve a integração de dois postos de preparações, aumentando-se assim ainda mais a variedade de referências consumidas e produzidas nesta célula e tornando pertinente uma melhoria e clarificação do abastecimento.

Abastecimento das preparações

No cenário anterior, o processo logístico da célula desenrolava-se de acordo com os seguintes passos:

1º - Ordem de produção

Diariamente, no início do primeiro turno, é lançado o plano de produção para o referente dia. Esta produção apenas será gasta pelos consumidores internos no dia seguinte. Assim, o plano apenas traça as referências e quantidades que devem ser produzidas diariamente, mas sem uma ordem ou sequência definida.

2º - Produto acabado

Após produção, o produto acabado é colocado, pelo operador, no retorno do supermercado, obrigando assim a uma deslocação elevada (uma média de cerca de 16m entre ida e volta).

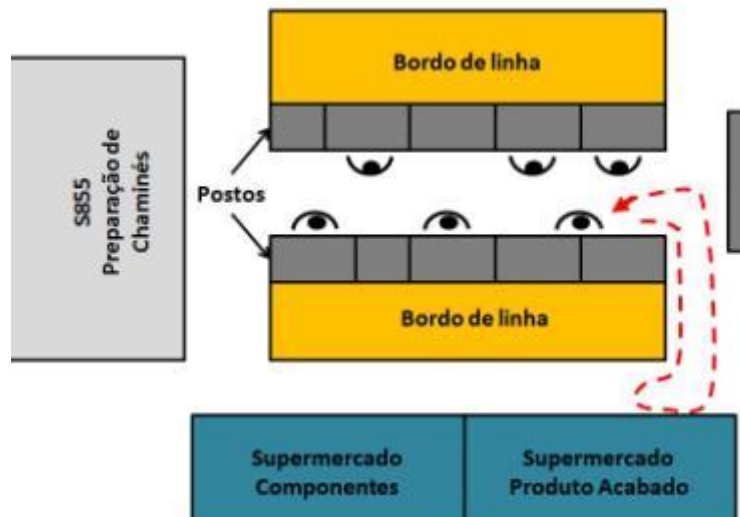


Figura 19 – Deslocação ao supermercado de produto acabado na S855

3º - Esgotamento de material de consumo

No caso de um componente de uma montagem esgotar-se no bordo de linha, duas coisas podem acontecer:

Trata-se de material de compra (em armazém) – o operador desloca-se ao supermercado, onde deixa a caixa vazia para retorno e vai buscar o componente esgotado. Quando regressa à célula, deixa o material no bordo de linha e faz um pedido ao *milk-run* de armazém, informaticamente, para que este reponha uma caixa do componente consumido no supermercado.

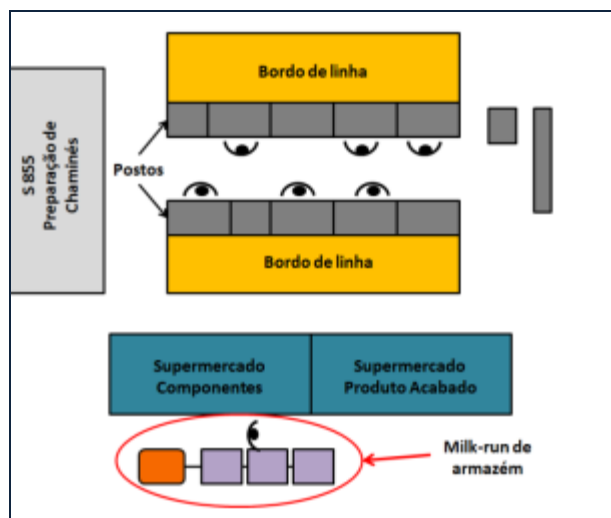
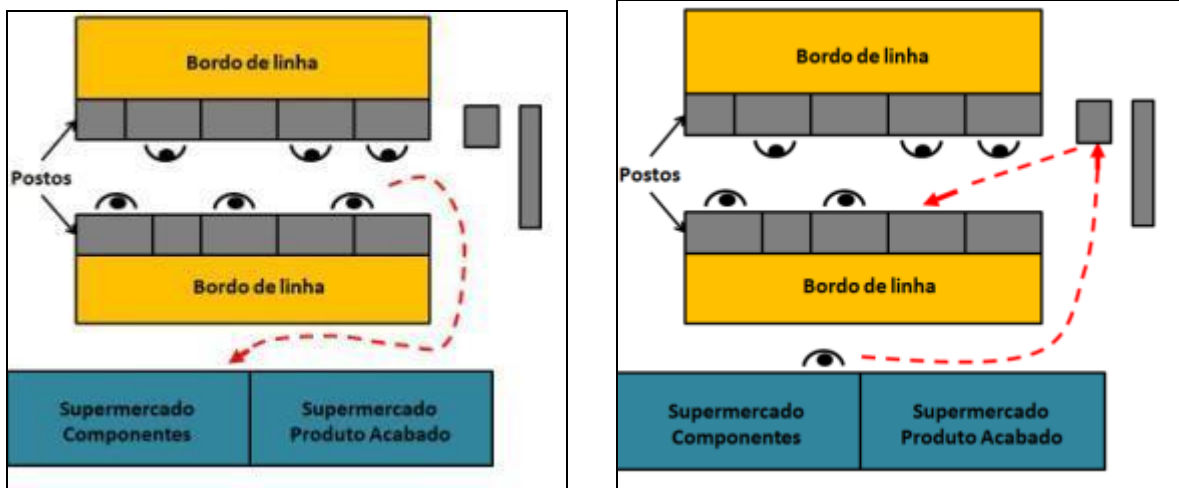


Figura 20 – Sequência de tarefas para repor material de armazém na S855

Trata-se de um componente de produção interna – o colaborador terá que se auto-abastecer, deslocando-se do seu posto até à secção de origem da peça deixando o material no bordo de linha quando chega.

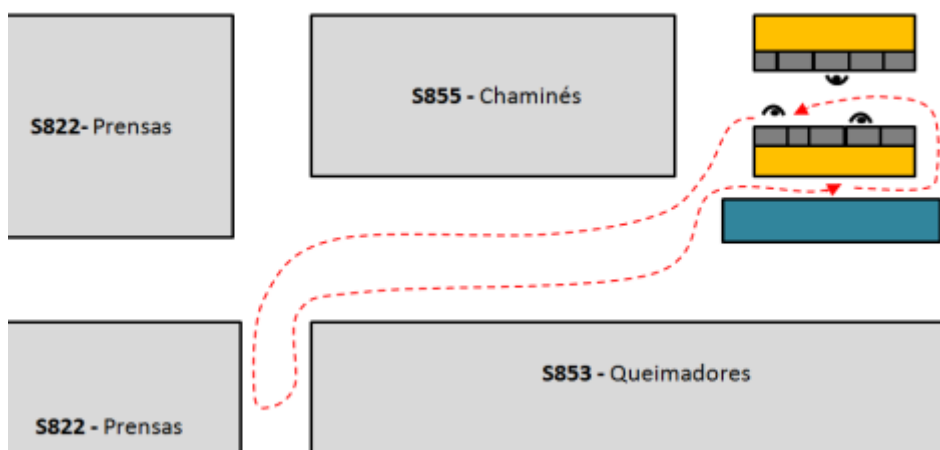


Figura 21 – Deslocação para repor componentes de produção interna, na S855

Fazendo um estudo deste caso, foi possível detectar vários pontos de melhoria possível para tornar o abastecimento mais *LEAN*:

- **Stocks elevados** – produtos eram produzidos num dia para só serem consumidos no dia seguinte
- **Processo pouco claro** – trabalho de abastecimento dividido entre a logística interna e os operadores da célula;
- **Elevado desperdício em deslocações** – secções de origem distantes da célula;
- **Não funcionamento em JIT** – não existe uma ordem de produção e há um dia de diferença entre a disponibilidade do produto acabado e o consumo deste por parte das células
- **Falta de informação** - falta de indicação, durante o dia, do que já foi produzido e o que não foi.

2.2.3 – QCO nas células de montagem final

O *QCO* (*quick change over*) é uma das mais importantes ferramentas de melhoria contínua da BOSCH. Em tudo semelhante ao *SMED* (*Single-Minute Exchange of Die*), tem como objectivo diminuir ao máximo o tempo de mudança de ferramentas, seja num posto, numa célula ou mesmo numa linha.

Um tempo de setup (tempo de mudança de ferramenta) reduzido permite um maior número de *setups* diários, e conseqüentemente uma maior versatilidade de produção, com eficiências mais elevadas.

Nesta situação particular, o objecto e situação de estudo foram as células de montagem final durante as trocas de modelo. Aquando da criação das células, foi-lhes atribuído um tempo de mudança de modelo nulo, visto as mudanças aparentes serem apenas ao nível de bordos de linha, com ligeiras trocas de material.



Figura 22 – Ferramentas e material das células de montagem final

Contudo, recentemente uma análise mais precisa e detalhada concluiu que, entre determinados modelos específicos, as mudanças eram mais profundas do que anteriormente

estava previsto. Assim, nas mudanças entre os modelos com maiores diferenças, entravam para o tempo de setup tarefas como:

- Mudanças de material
- Alteração de bancas de ensaio
- Substituição de gabaritos de aperto
- Trocas de carros porta paletes
- Troca da posição de algumas aparafusadoras

Todas estas mudanças tornaram a ideia inicial (de que o tempo de setup entre modelos era nulo), questionável. Na procura da melhoria contínua foi assim decidido reunir a equipa do QCO, e marcar três *workshops* (um para cada célula) para averiguar quais os tempos de setup e caso estes existam de facto, quais as melhorias que podem acelerar este processo.

Para levar a cabo este projecto foi importante, antes de mais, fazer um estudo prévio, para melhor compreensão do funcionamento das células e das operações de mudança dos postos, efectuadas entre modelos.

O estudo foi feito no último posto das células, contabilizando os tempos de vários ciclos, englobando ciclos de mudança de modelo, apresentando-se de seguida os resultados obtidos. Em cada gráfico, o eixo das abcissas corresponde ao número do ciclo e o eixo das ordenadas ao tempo de cada ciclo, relativo ao tempo médio de ciclo do produto.

Resultados do estudo

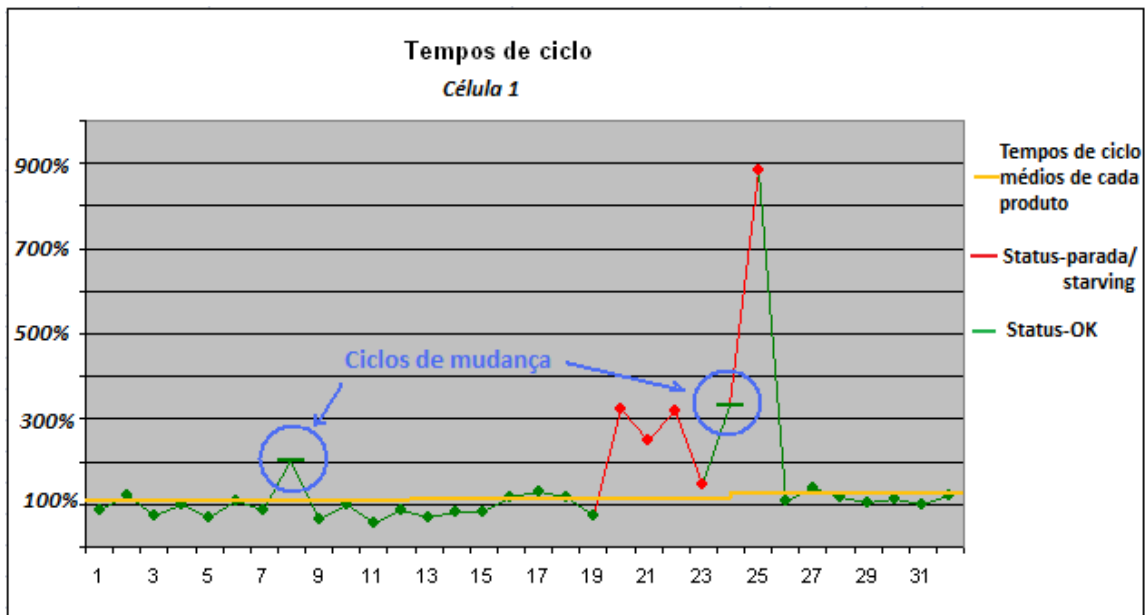


Gráfico 1 – Amostra de tempos de ciclo célula 1

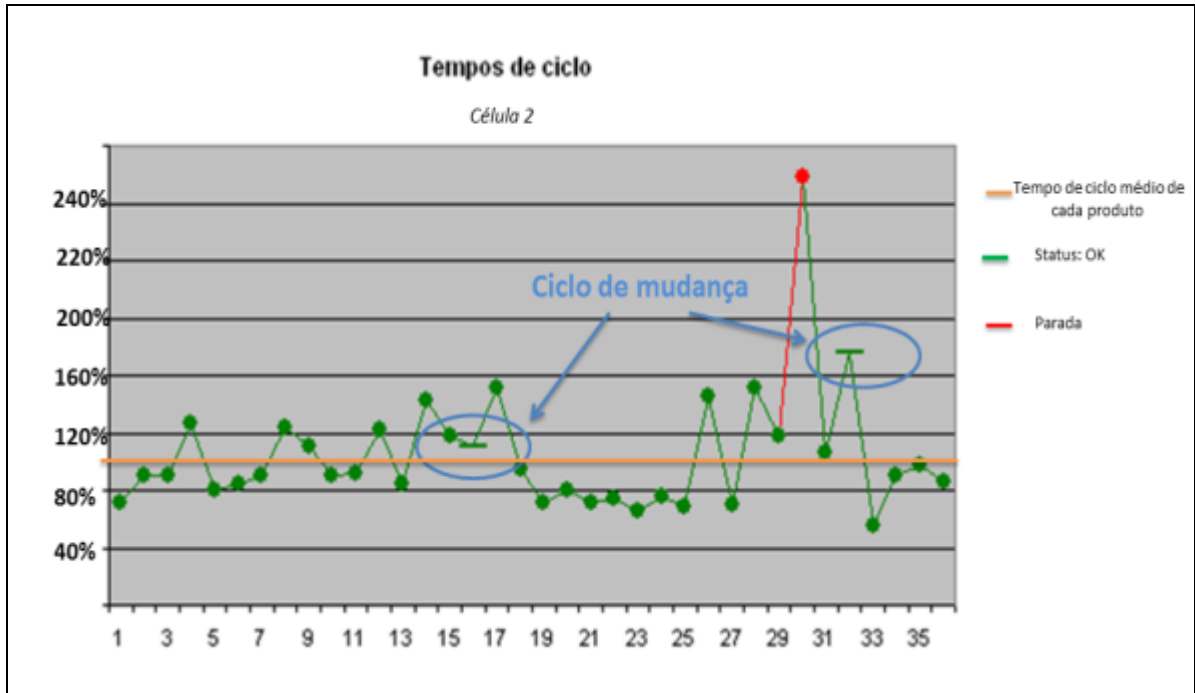


Gráfico 2 – Amostra de tempos de ciclo da célula 2

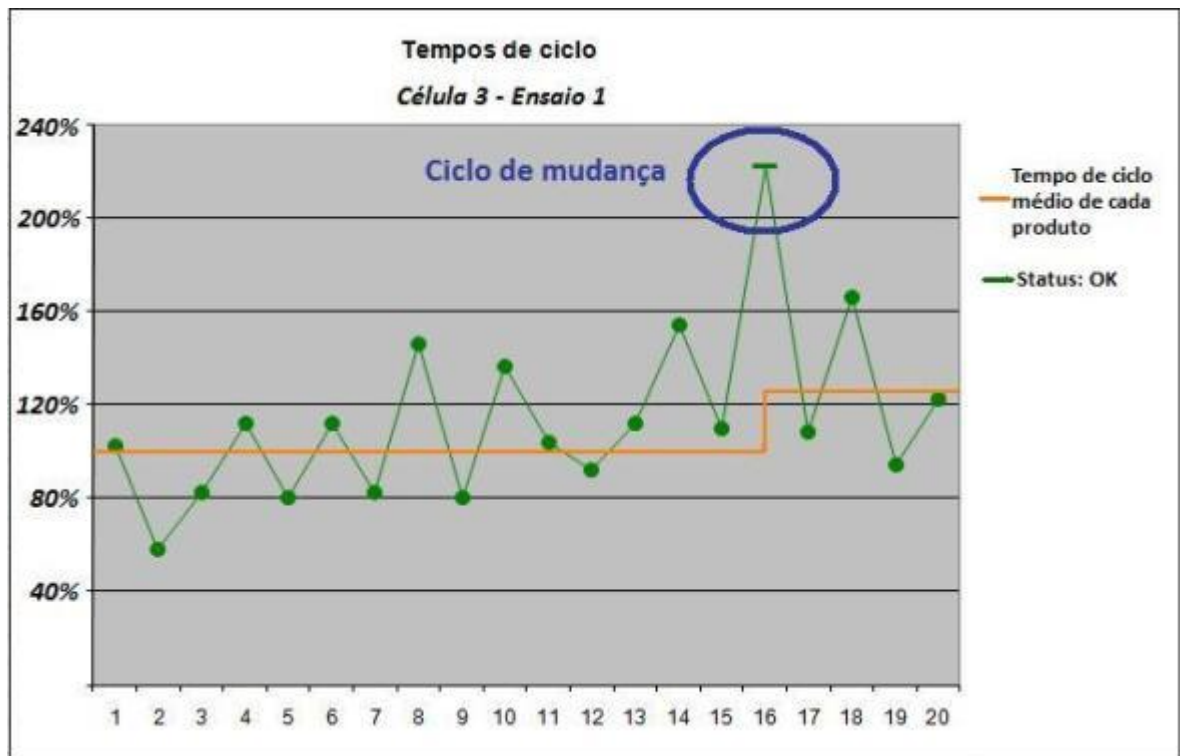


Gráfico 3 – Amostra de tempos de ciclo da célula 3

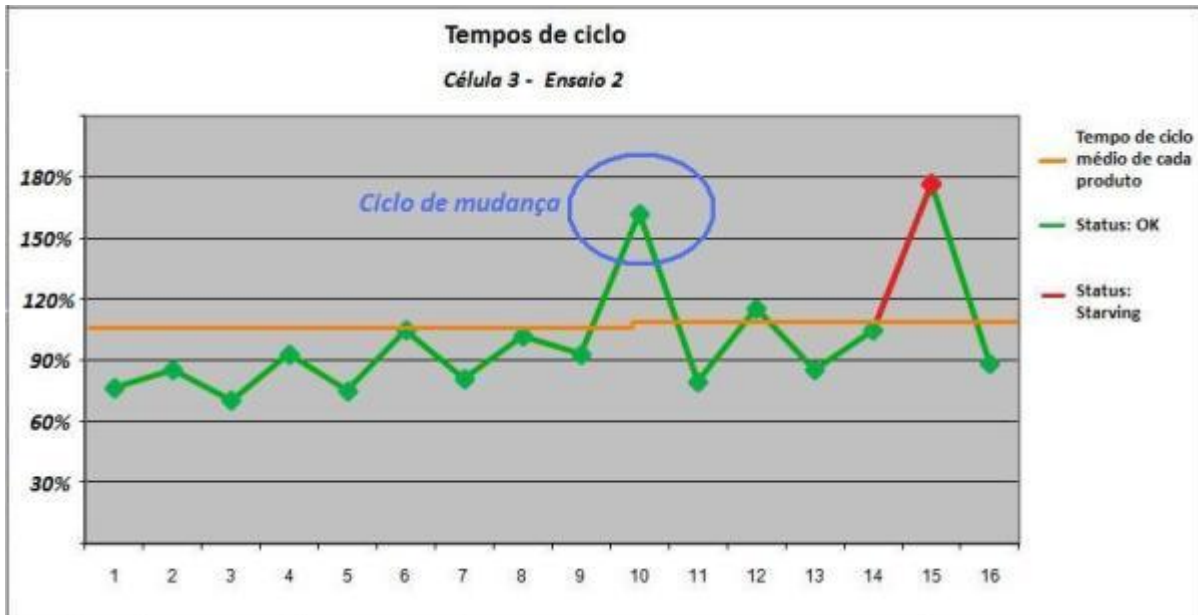


Gráfico 4 – Amostra de tempos de ciclo da célula 3

Como se pode verificar há um aumento do tempo do tempo de ciclo entre lotes. Este aumento contudo, em condições de funcionamento normais, não excede os 300% de um tempo de ciclo normal, ou seja “perdem-se” dois aparelhos na mudança com o tempo de setup mais alto, o que é um valor relativamente baixo para a situação em questão.

Outro facto importante retirado deste estudo é a acumulação de aparelhos antes do último posto (na maioria dos casos), o que faz com que seja o tempo de setup deste a determinar o tempo de setup total.

De notar ainda que para a célula 2, ao contrário dos restantes casos, o estudo foi feito para mudança de ciclo entre produtos iguais.

2.2.4 – Cálculo do OEE horário das secções de montagem

Sendo essencial, na gestão *LEAN*, um constante acompanhamento dos resultados, a BOSCH AvP faz uma forte aposta no registo, consulta, estudo e discussão de indicadores de produção. Estes são diariamente apresentados pelos responsáveis de equipa no *Point-CIP* (*Continuous Improvement Process*).

O *Point-CIP* é uma reunião curta, diária e matinal em que as partes envolvidas de uma secção se reúnem e discutem os problemas e resultados do dia anterior, com o envolvimento de toda a gente, procurando soluções, abrindo acções e verificando a implementação das já abertas. Torna-se portanto uma potente ferramenta de gestão, focada na melhoria contínua.



Figura 23 – Local do Point-CIP

Os principais indicadores de produção analisados são:

- **M1** – Objectivos de quantidade para o cliente;
- **OEE** – Eficiência global do equipamento;
- **PPM** – Partes Por Milhão (estimativa do número de aparelhos defeituosos por milhão produzido);
- **OPL** – Lista de acções abertas para implementação de melhorias;
- **FRP** – Folha de Resolução de Problemas, utilizada para solucionar problemas de maior importância.

Para uma melhor visualização dos resultados, estes são expostos num placar, dispostos da seguinte forma:

LADO A

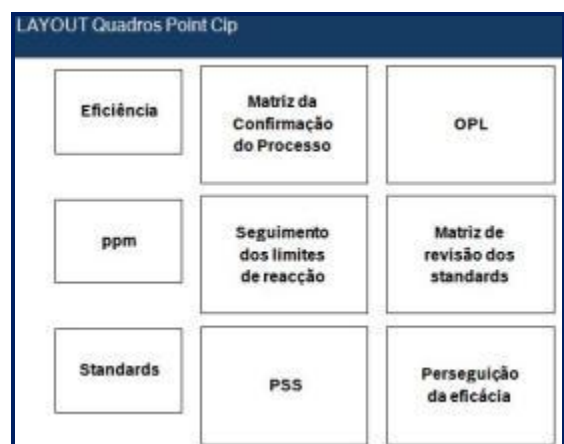


Figura 24 – Lado A do quadro Point-CIP [11]

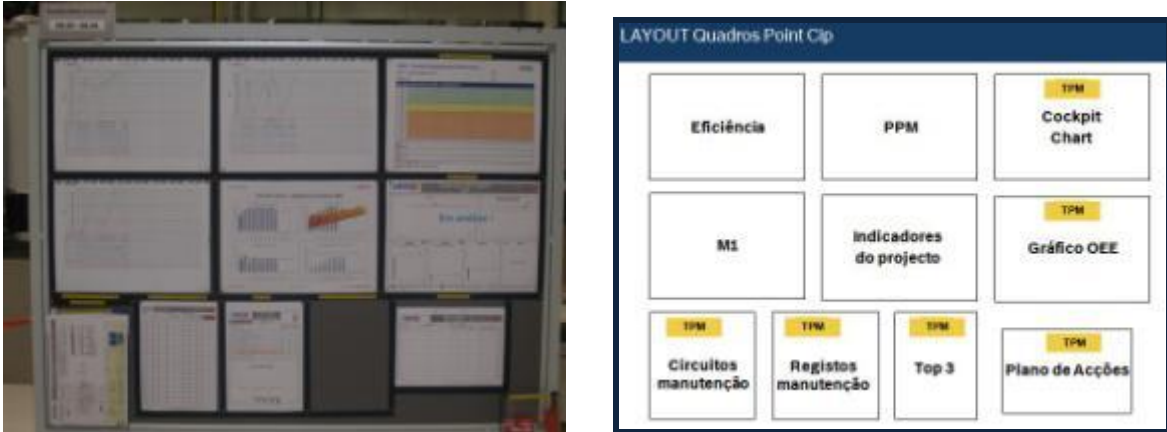
LADO B

Figura 25 – Lado B do quadro *Point-CIP* [11]

Um dos indicadores que contém mais informação e dá uma avaliação mais concreta relativamente ao rendimento de uma secção é o *OEE*.

O objectivo de *OEE* traçado pela empresa é de 90% e era calculado por turno, ou seja o intervalo mínimo de tempo calculado era de um turno. Este indicador, apesar de fiável não dava informação suficiente sobre as principais causas das quedas de eficiência, não sendo possível detectar, por exemplo, a diferença entre um abaixamento global ao longo de um turno inteiro ou uma descida bruta mas pontual durante uma hora.

3 Realização dos projectos

3.1 – Optimização da linha 6

Em qualquer projecto que implique a criação/remodelação de linhas de produção, a BOSCH utiliza uma metodologia – o *LEAN Line Design* – que, tal como o seu próprio nome indica, se baseia nos fundamentos da gestão *LEAN*.

LEAN Line Design é um “método para modificar ou desenhar um sistema (semi)manual de acordo com os princípios *BPS*. Os princípios são: eliminação do desperdício, orientação para o processo.” [12]

De acordo com esta metodologia, o processo de remodelação da linha, desenrola-se de acordo com os seguintes passos:

1. Cálculos iniciais;
2. Fluxo de operação;
3. *Layout* da linha;
4. Simulação (“*Mock-up*”);
5. Melhorias possíveis;
6. *Layout* definitivo;
7. Balanceamentos;
8. Envio da proposta para aprovação. [12]

Dependendo da sua resposta, os fundos para o projecto são libertados e passa-se ou não à fase seguinte, a implementação. Entretanto, paralelamente a estes passos, um ponto importante vai sendo estudado: o abastecimento.

De notar que este processo é sempre desenvolvido com o apoio e intervenção de todos os colaboradores implicados nesta área de produção.

Como ponto de partida, neste projecto, as cinco condições que era essencial respeitar eram:

- Redução de espaço;
- Ganhos de eficiência;
- Ergonomia;
- Objectivos do cliente;
- Clareza e normalização do fluxo de produção.

Optimização passo-a-passo

1. Cálculos iniciais

a. Dados do produto

- i) Número de modelos – 2 modelos (AE e KE)
- ii) Procura – Prevista uma redução na procura
- iii) Lotes – 5 unidades por Lote
- iv) Tempo de vida esperado – prevê-se uma longevidade do produto de pelo menos 5 anos

b. Definição

- i) Takt time – é o tempo de ciclo necessário para atingir a procura do cliente. É calculado através duma relação entre o tempo de produção anual (em segundos) e uma previsão de vendas anual.

$$takt\ time = \frac{220\ dias \times 26500\ segundo}{volume\ de\ vendas\ anual}$$

- ii) Número de operadores – sabendo o “lead time” do produto e o tempo de ciclo máximo é possível definir o número mínimo de operadores necessário.

Tempo de ciclo < Takt time

$$n^{\circ}\ de\ operadores = \frac{Lead\ time}{Tempo\ de\ ciclo}$$

Aos valores do tempo de ciclo adiciona-se uma margem de erro de 15% que permita uma maior segurança.

2. Fluxo de operação

Visto que os produtos fabricados se mantêm, não será necessária a integração de novas operações, sendo estas conhecidas e os postos adaptados da linha anterior. Assim, a construção do fluxo foi uma tarefa facilitada, visto ser sabida a sequência de operações necessária à construção das caldeiras, salvo pequenos detalhes.

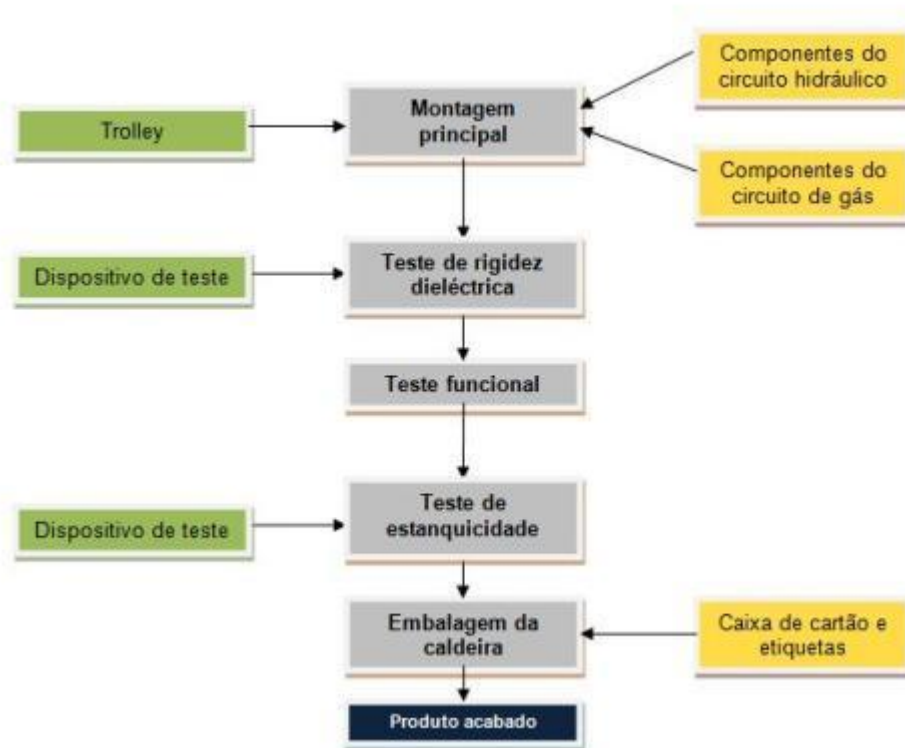


Figura 26 – Fluxo produtivo no processo da montagem de caldeiras

3. Layout

Perante a definição das condições apresentadas nos dois pontos anteriores, passou-se ao estudo de um *layout* que obedecesse a estas e não fosse em sentido contrário às premissas anteriormente definidas.

Uma vez que a zona de montagem junto ao carrossel tinha poucas possibilidades de alteração, sem a remoção deste, o estudo do novo *layout* focou-se essencialmente na zona das bancas de ensaio e de embalagem. Uma das novidades como pretendida para a nova linha é o transporte das caldeiras em *trolleys* especialmente desenhados para o efeito. Isto obriga a que o *layout* seja desenhado para que o *trolley*, após deixar a caldeira tenha que regressar ao carrossel, andando num circuito fechado.

A primeira proposta fez uma abordagem mais conservadora, mantendo muitas das configurações dos postos da linha actual, conforme é visível na figura.

Layout 1

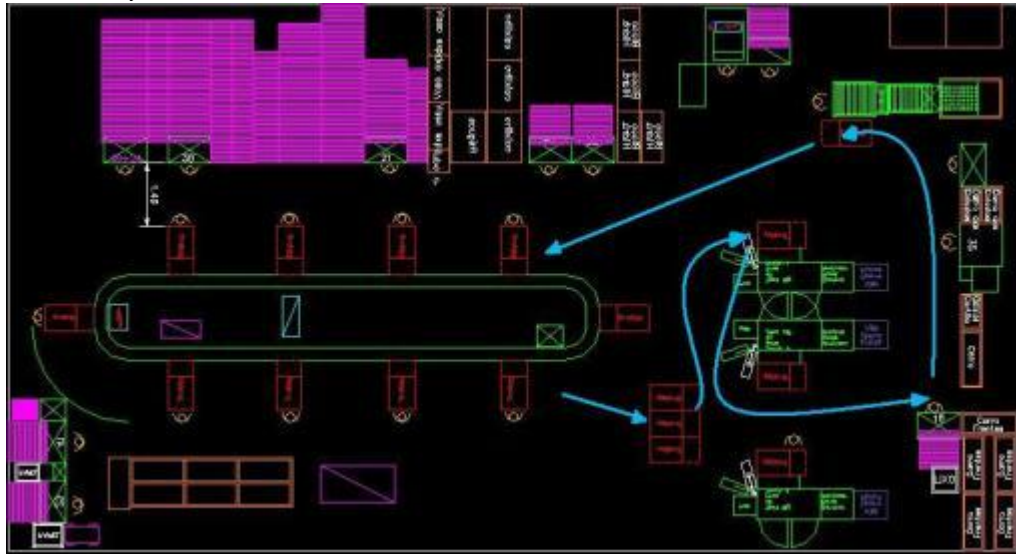


Figura 27 – Layout 1: fluxo na zona de embalagem

Nesta fase de trabalho não era imperativo que esta proposta inicial fosse a definitiva, daí a próxima etapa – a simulação – onde os principais defeitos são contabilizados e melhorados sendo que daí venha uma nova proposta de *layout*.

4. Simulação

O principal objectivo da simulação é ter uma perspectiva mais concreta daquilo que será, no futuro, a linha real. Através do fluxograma já construído simulam-se as várias etapas de produção de uma caldeira, pretendendo-se descobrir dificuldades e eventuais pontos de melhoria ao nível de:

- Rota do *trolley*
- Rota dos operadores
- Espaço disponível para equipamento
- Espaço disponível de operação
- Incompatibilidades de montagem
- Problemas de abastecimento.

Mock-up

A ferramenta utilizada para esta tarefa foi o *Mock-up*. O *Mock-up* é uma maquete à escala real, da linha, focada mais nas formas e dimensões dos equipamentos do que propriamente nos detalhes construtivos destes. A escolha do material de construção – tubo de PVC 32mm, fita adesiva e cartão – foi feita devido ao seu baixo custo, facilidade de construção e leveza.

A grande vantagem do *Mock-up* é possibilitar a experimentação de vários cenários e detecção dos seus problemas antes da implementação da linha, onde o custo das melhorias seria muito mais elevado. O objectivo é por isso tentar fazer uma linha de raiz com o mínimo de defeitos possível.



Figura 28 – *Mock-up*

Uma vez que o *layout* se debruçou essencialmente na modificação da zona de embalagem da linha, o *Mock-up* foi apenas construído para esta parte. A sua configuração, de acordo com a proposta inicial, encontra-se representada na figura 29.

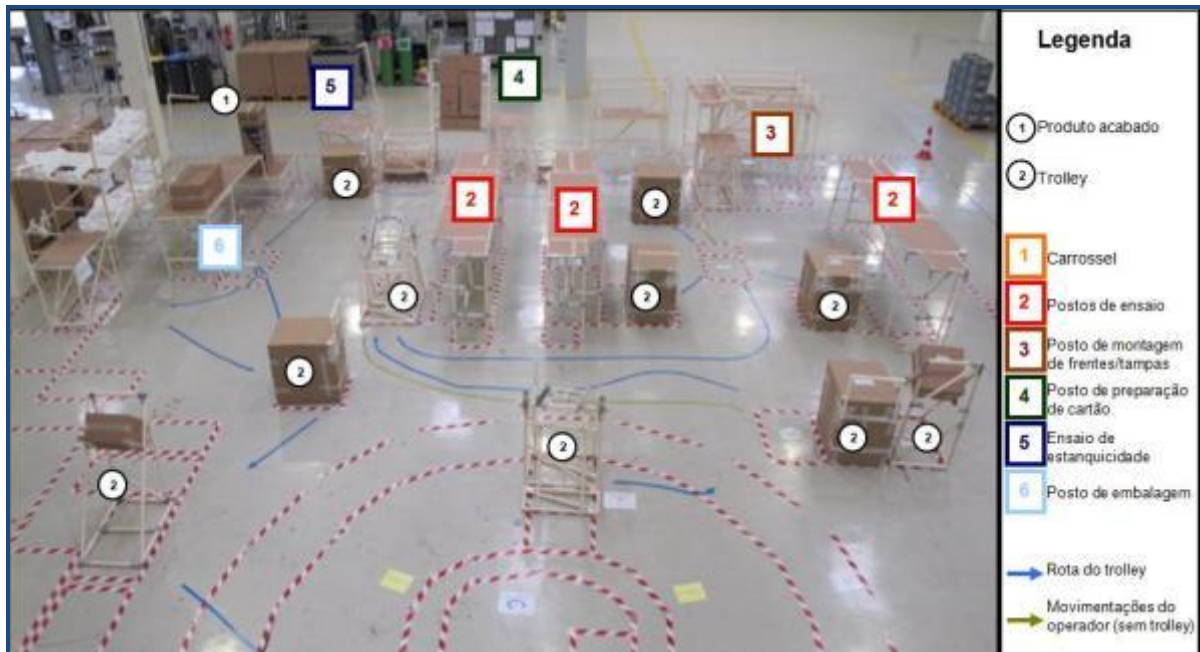


Figura 29 – Vista total *Mock-up*

O estudo prévio do *Mock-up* foi feito em parceria com o TEF 3 (área do departamento TEF especializada em “métodos e tempos”). Através da definição de rotas do operador/*trolley* e a medição da sua distância, foi possível, através do factor de conversão do *MTM UAS*, estimar um tempo para as deslocações na linha. O objectivo era reduzir ao máximo estes tempos, visto não trazerem qualquer tipo de valor acrescentado ao produto.

Após este estudo, passou-se à simulação *in loco*, convocando-se para isso todas as partes envolvidas no funcionamento da linha. Assim durante o percurso de operação simulado iam sendo apontados problemas e sugeridas melhorias, que foram registadas.

Relativamente à versão 1 do *layout*, as observações feitas foram:

- Distâncias percorridas pelo operador/*trolley* muito elevados;
- Disposição das bancas no interior da linha torna fluxo pouco claro;

- Cruzamento de percursos pode causar entropia;
- Demasiados espaços vazios;
- Ausência de *buffer* após ensaio funcional pode causar demasiadas pequenas paragens;

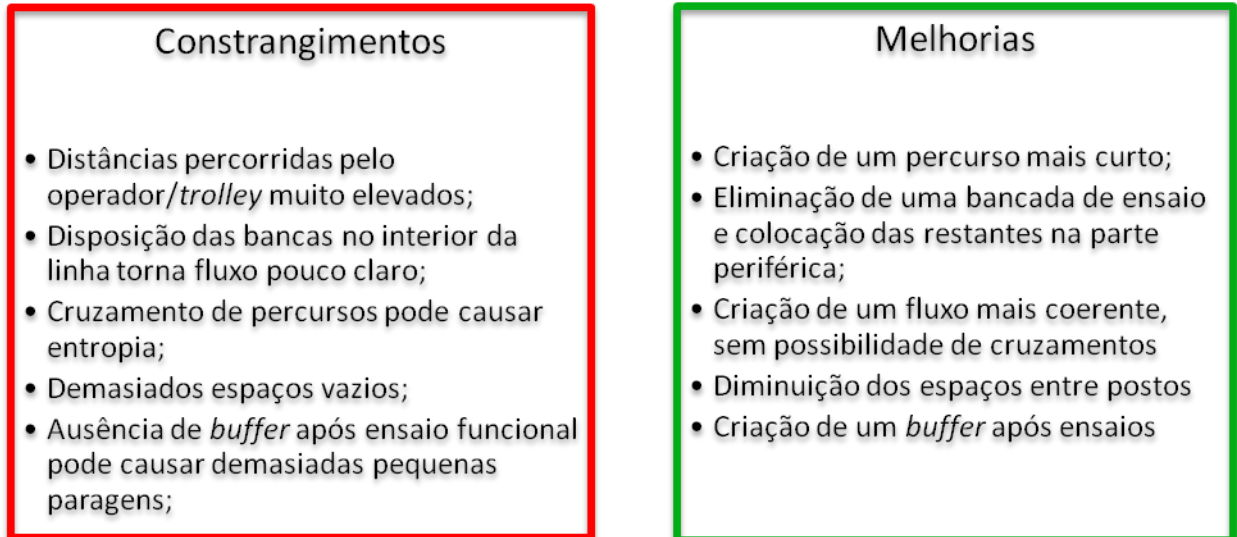
A fase seguinte do projecto seria procurar soluções que eliminassem estes problemas, redesenhar a linha e ensaiá-la novamente.

5. Melhorias

Esta sequência de tarefas (desenho do *layout* > ensaio > melhorias) é feita repetidamente até se chegar a um compromisso que garanta um bom funcionamento da linha.

Nesta fase do projecto, surgiram novos dados relativamente ao produto. A previsão de uma menor procura do que esperado levou a uma alteração do “*takt time*”. Este é agora suficientemente alto para que se possa retirar uma banca de ensaio, subindo assim o tempo de ciclo em cerca de 50%, mas sem comprometer as entregas. Durante picos de procura, se necessário, recorrer-se-á a um terceiro turno por dia.

A nova proposta de *layout* tem, portanto, em conta não só as propostas de melhoria que advêm do ensaio, como os dados do produto mais recentes. Ponto a ponto são descritas de seguida as alterações feitas perante os constrangimentos anteriormente referidos:



Daqui surgiu o *Layout 2* que se encontra de acordo com a figura.

Layout 2

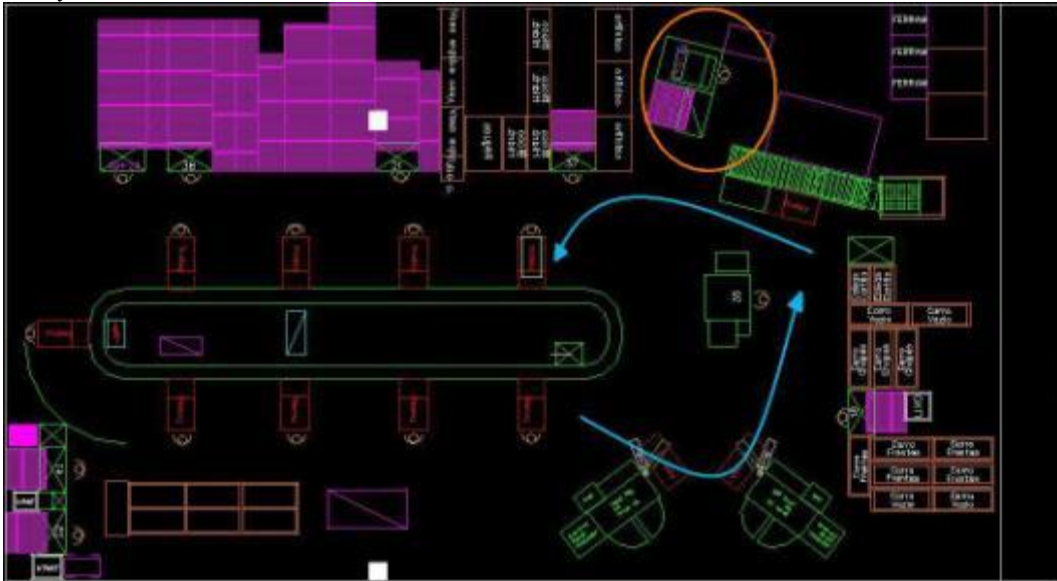


Figura 30 – Layout 2

Conforme referido, para cada proposta são apontados os principais pontos de melhoria, sendo daqui em diante descritos apenas os mais importantes referentes a cada *layout*.

No caso do *Layout 2*, conforme se pode verificar pelas setas de cor azul, o fluxo do produto na zona de embalagem tornou-se muito mais simples e claro. A atenção vira-se agora para o posto que se encontra mais isolado, assinalado na figura.

Mais duas propostas foram ensaiadas, tendo como base o *Layout 2*, seguindo-se o resultado dos ensaios.

Layout 3



Figura 31 – Layout 3

Apesar de se conseguir uma boa integração do posto no fluxo do produto, este teria que ser interrompido sempre que houvesse uma mudança de ferramenta no posto assinalado.

Layout 4

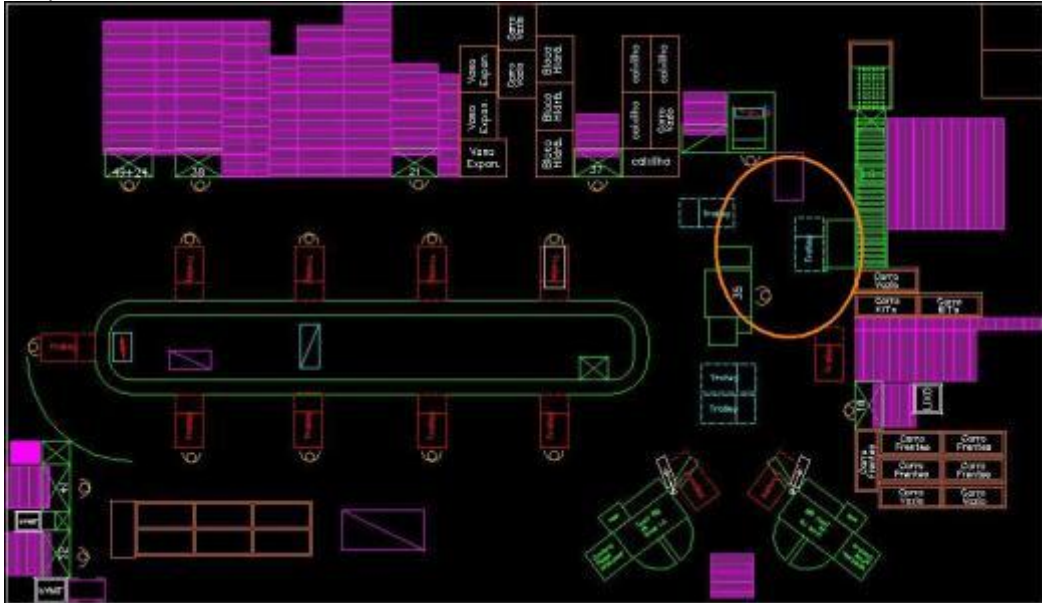


Figura 32 – Layout 4

O Layout 4 encontrava-se algo sobrecarregado na zona assinalada, o que causava constrangimentos de fluxo.

Após todos estes ensaios verificou-se que, apesar das soluções se encaminharem para o resultado pretendido, havia um problema por resolver – na zona de montagem (início da linha), as pré-montagens eram feitas muito longe dos postos em que eram montadas.

Layout 5



Figura 33 – Layout 5

Isto obrigou a olhar para a linha como um todo e não dedicar as alterações apenas à zona de embalagem, levando a uma outra proposta.

Aqui tentou-se concentrar o máximo de operações e pré-montagens no menor perímetro de carrossel possível, minimizando assim as deslocações efectuadas pelos operadores. Para isso tentou aproximar a área de montagem e embalagem à forma de uma circunferência.

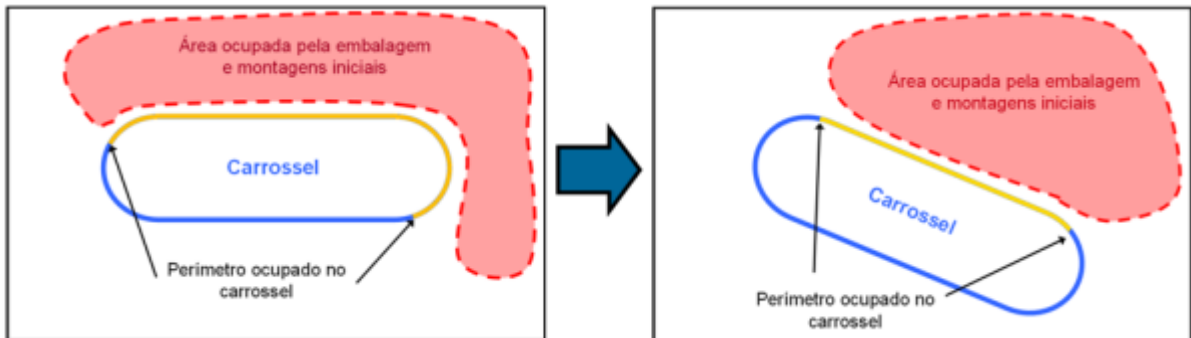


Figura 34 – Estudo do aproveitamento do espaço

Desta solução surgiu uma ideia pouco convencional mas que tenta jogar o melhor possível com o espaço disponível.

Layout 6



Figura 35 – *Layout 6*

Por último, e após um workshop com o Instituto Kaizen, algumas condições foram alteradas. A eliminação de dois postos do carrossel e o abastecimento em bordo de linha de algumas peças que antes chegavam à linha via carro logístico, foram as mais determinantes e levaram ao definitivo.

6. *Layout definitivo*

Perante os resultados anteriormente descritos, o *layout 7* surgiu com o aproveitamento das novas condições e optimização dos *layouts* anteriores. Era aquele que alcançava um

melhor compromisso entre todas as condições exigidas, sendo uma delas a proximidade entre os postos de pré-montagens e os correspondentes postos de montagem destes no carrossel.

Layout 7 (definitivo)

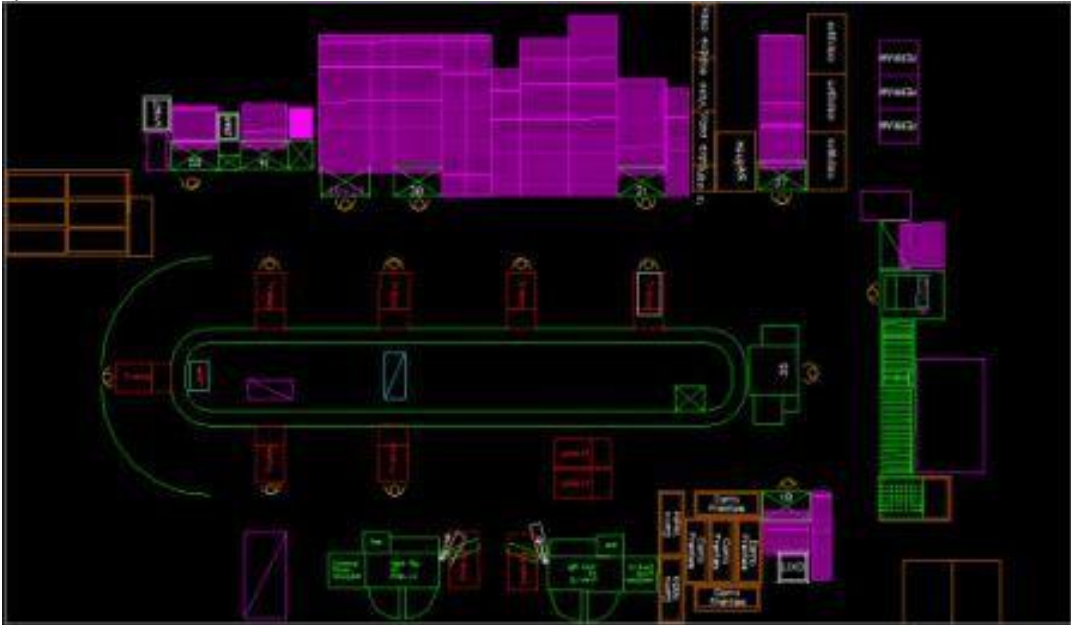


Figura 36 – Layout 7

7. Balanceamentos

Demonstram-se, de seguida, os cálculos que são necessários efectuar para obter o balanceamento:

$$T_{\text{ciclo ideal}} = \frac{\text{Lead time}}{n^{\circ} \text{ de op.}}$$

Sabendo este valor, o objectivo é distribuir as operações entre os operadores, de modo a tentar que, a cada operador corresponda um tempo de ciclo o mais próximo possível do tempo de ciclo ideal. O tempo mais alto irá corresponder ao *bottleneck*, que dará o tempo de ciclo total da linha.

A eficiência de um balanceamento é dada pela fórmula:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Lead time}}{n^{\circ} \text{ op} \times T_{\text{ciclo}}}$$

A construção destes balanceamentos foi uma tarefa complexa, uma vez que era necessário conjugar todas as operações sem que estas implicassem deslocações elevadas dos operadores (tarefas de valor não acrescentado) ou perdas de eficiência elevadas. O estudo para o *output* máximo foi feito para cenários de sete ou oito operadores. Embora trouxesse mais eficiência

um cenário de sete operadores, este teve que ser descartado devido a um aumento de tempo de ciclo que não garantia o *output* necessário. Optou-se assim pelo cenário de oito operadores que, mesmo assim, terá que trabalhar três turnos por dia para garantir as entregas durante os períodos de pico das encomendas.

8. Proposta para aprovação

Todo este processo culminou com o envio da proposta para pedido de aprovação, sendo considerado um sucesso caso este pedido tenha luz verde e sejam libertados fundos para a sua implementação.

3.2 – *Just-in-time* na secção 855

Hoje em dia, os clientes procuram nos produtos um variado leque de escolhas, na quantidade que procuram, com a qualidade que exigem e sem atrasos nas entregas. Além disso, os mercados são muito voláteis e aquilo que hoje é procurado amanhã pode ser rejeitado.

Assim, isto implica uma grande flexibilidade de produção por parte das empresas, para que os seus produtos possam acompanhar e satisfazer os desejos dos clientes no dia-a-dia.

Numa abordagem clássica de produção em massa procura-se produzir grandes quantidades de produto idêntico, armazená-lo e mais tarde enviar para os clientes consoante a sua procura. Este tipo de produção leva-nos a elevado número de produto em inventário, o que se traduz em desperdício. [13]

É precisamente para contrariar esta tendência que surge o *just-in-time* (também designado como *JIT*). Esta abordagem de gestão baseia o calendário de produção nas necessidades do cliente, levando a menores quantidades e maior variedade de produto com menor *lead time*. [13]

Há uma focagem da gestão não na produção em grande escala, mas sim numa forte redução dos custos, sendo esta a única maneira de aumentar os lucros sem aumentar o preço do produto. [13]

Contudo, este tipo de produção exige um sincronismo muito elevado entre as células/linhas de produção e a logística interna para garantir que não há rupturas por falta de abastecimento ou falta de comunicação entre secções. [13]

Numa produção a operar num *JIT* completo, sabendo o calendário de produção das células finais, estas dão a ordem de produção aos seus fornecedores internos (como células de pré-montagens) e assim sucessivamente até se chegar às secções base, de transformação de matéria-prima, ou mesmo aos fornecedores externos.

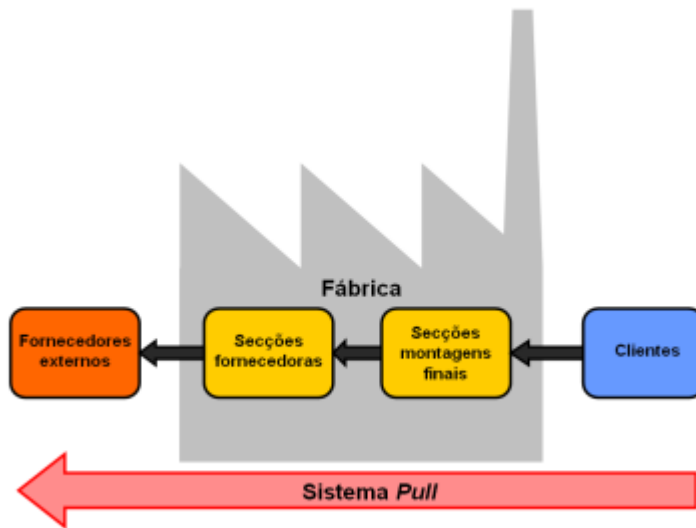


Figura 37 – Princípio do *Just-in-time*

Conforme referido anteriormente, a cadeia de produção da fábrica procura um funcionamento em *just-in-time*.

Os abastecimentos às células podem ser feitos de dois modos: em *Kanban* ou sequência. No primeiro, o material é repostado conforme vai sendo consumido, havendo um *stock* de segurança controlado que evita a ruptura. No segundo caso, o material é abastecido segundo uma ordem específica, determinada pelos planos de produção.

Parte essencial de um processo deste tipo é os cartões de abastecimento. Eles garantem um fluxo de informação inequívoco entre secções abastecidas e abastecedoras. Há cinco tipos de cartões diferentes, divididos pelos tipos de abastecimentos: sequência e *kanban*.

Cartões azuis – para fornecimentos internos. Encontram-se normalmente no bordo de linha, excepto aquando do abastecimento, e são utilizados para que o *milk-run* interno saiba o que deve abastecer, onde deve ir buscar o material e a sua posterior localização no bordo de linha. São da responsabilidade da logística interna.



Figura 38 – Cartão *Kanban* azul

Cartões amarelos – acompanham o produto acabado, excepto quando vão para o quadro sequenciador. Aqui dão a indicação ao operador do que deve produzir e quando. Quando recolhidos pelo *milk-run* de abastecimento das células precedentes, este deixa-os dentro da

célula para informar o responsável de equipa do material que necessita de repor. São da responsabilidade do MOE.



Figura 39 – Cartão *Kanban* amarelo

Cartões brancos – são cartões de abastecimento *Kanban* que se encontram nos supermercados do armazém. Aqui, as caixas de componentes contêm dentro um branco e coloca-o na caixa vazia que trazia da célula que abastece. Assim, o cartão volta para o supermercado, onde os operadores logísticos do armazém verificam o material que é necessário repor. São da responsabilidade da logística do armazém.



Figura 40 – Cartão *Kanban* branco

Cartões verdes de sequência – Estes cartões são impressos no final de cada dia, de acordo com o plano de produção. São referentes apenas às secções de montagem final e reflectem o output diário da fábrica. São dispostos, pelos responsáveis de turno, na caixa de nivelamento juntamente com uma folha de *picking*, a partir do início do dia. O *milk-run* de abastecimento a estas secções, ao passar, recolhe um cartão e vai-se buscar os componentes que se encontram na lista *picking*, onde se encontra todo o material que entra em sequência. Quando chega as linhas/células finais, o cartão entra em sequência, percorrendo todos os postos, para informar os operadores do que devem produzir. No final não é reaproveitado, sendo destruído.



Figura 41 – Cartão de sequência verde

Cartões amarelos de sequência – aquando da impressão dos cartões verdes, também estes são impressos. Indicam às células anteriores às finais, a ordem pela qual deve ser feita essa produção. São dispostas também numa caixa niveladora, pelo responsável de secção, e sofrem um processo idêntico aos cartões verdes.

BOSCH		BOSCH	
(1) REFERÊNCIA Referência	(2) DESIGNAÇÃO PUL de GÁS ARG CPL compact comp1.	(3) MILK-RUN Milk-run	
(4) FORNECEDOR 851 CPT-PA	(5) CLIENTE 871 C3-BL	(6) LOCAL FORN. Localização Forn.	
(7) QUANTIDADE Quantidade	(8) UNIDADES UNI	(9) TIPO DE EMBALAGEM Tipo de caixa	(10) LOCAL CLI. Localização cliente
(11) CODIGO BARCODE			
			
(12) PROD. REP.	(13) NÚMERO	(14) TOTAL	(15) EMISSÃO
(16) DATA			

Figura 42 – Cartão de sequência amarelo

Na BOSCH AvP actualmente procura-se que toda a produção trabalhe em *Pull*, sendo a célula em estudo uma das raras excepções.

Assim, de modo a que o funcionamento da célula de preparações da secção 855 ficasse mais adequado ao *JIT*, foi necessário implementar mecanismos de abastecimento e fazer algumas alterações ao nível dos bordos de linha. Para isto sabe-se, à partida, que é necessário:

- Implementar uma nova rota de *milk-run* para abastecimentos internos;
- Adaptar uma rota já existente;
- Adquirir uma caixa de nivelamento;
- Produzir cartões *kanban* e cartões de abastecimento em sequência.

Para compreensão do abastecimento, é importante notar que a cada peça/preparação/produto acabado está associado um e só um código, que se encontra registado no software interno com informação mais detalhada.

Passo-a-passo é agora possível demonstrar de que forma se converteu o abastecimento e o fluxo de informação entre esta célula e os seus fornecedores/clientes internos.

1º Passo – Levantamento de todas as referências de peças e em que postos são utilizadas.

Este trabalho foi facilitado pela aplicação informática da BOSCH – o *WinMenu* – onde foi possível retirar grande parte da informação. Foi apenas necessário acrescentar novas referências que apareceram com os postos, provenientes das células de automáticos de gás e de água.

2º Passo – definir tipo de abastecimento destas referências de peças (*Sequência* ou *Kanban*)

A selecção do tipo de abastecimento é feita de acordo com as seguintes características.

Tabela 1 – Características dos modos de abastecimento: *kanban* e sequência

	<i>Kanban</i>	Sequência
Frequência de utilização	Muito Consumo	Baixo Consumo
Nº de produtos comuns à peça	Elevado	Reduzido
Quantidade por caixa	Elevada	Igual ao lote
Limitações espaciais do BL	Muito espaço	Pouco espaço
Peças críticas de qualidade	-	Em sequência

Feita esta selecção, é possível definir completamente os bordos de linha ao nível da profundidade, com o número de caixas de stock de segurança que são necessárias.

- *Kanban* – a partir da fórmula:

$$k = \frac{DL(1 + S)}{C}$$

k – número de *kanbans*

D – procura média num período de tempo

L – tempo de reposição

S – stock de segurança

C – Capacidade do contentor

Chega-se a um valor que é adaptado à realidade prática da fábrica, obtendo-se o valor pretendido.

- Sequência – aqui as normas BOSCH exigem que estejam sempre no bordo de linha peças suficientes para 3 ciclos mais uma peça.

3º Passo – gestão visual

Uma boa gestão visual reduz o tempo de procura de referências e diminui a probabilidade de troca das mesmas. Nesta perspectiva, todos os bordos de linha foram identificados com um número, assim como os níveis e os seus respectivos locais. No *software* interno de gestão logística, a cada referência está associado um código com o local de entrada da peça com essa referência.



Figura 43 – Exemplo de gestão visual nos bordos de linha

4º Passo – criação dos cartões logísticos

A criação dos cartões *kanban* foi feita em colaboração com o departamento de logística interna. São depois colocados nas respectivas caixas, sendo que para a área da célula apenas foram criados cartões amarelos e azuis.

Os cartões de sequência, conforme explicitado são criados diariamente de acordo com o plano de produção

5º Passo – adaptação/criação de rotas *milk-run*

Todos os *milk-runs* internos de abastecimento às células/linhas de montagem final param nas preparações de secção 855 para recolher produto acabado, que se encontra no supermercado. Na imagem abaixo ilustrada pode-se ver um exemplo dessas rotas, neste caso a do *milk-run* interno da Célula 3.

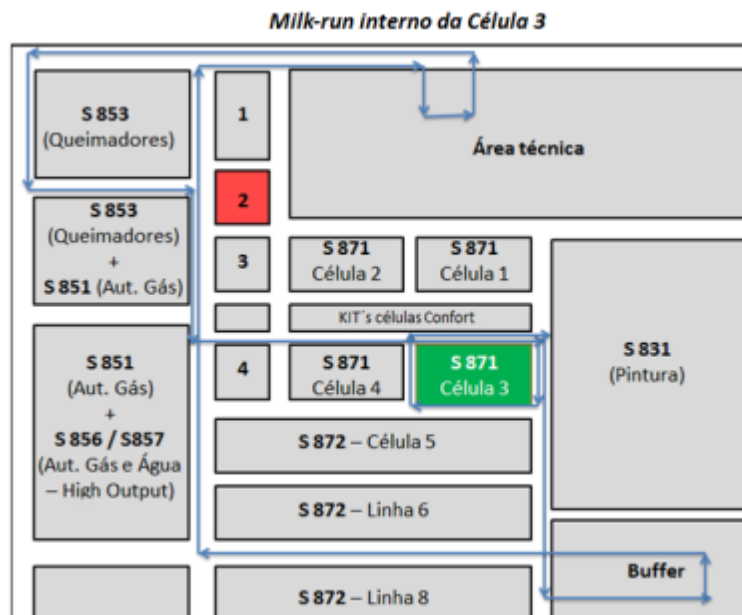


Figura 44 – Rota de abastecimento interno da célula 3

O *milk-run* intersecções tem como missão abastecer as secções entre si (excepto as secções de montagem final) e com componentes de armazém, tendo uma rota traçada com esse objectivo. Esta rota passa junto às células de preparações, contudo no seu ciclo não está contemplada uma paragem aqui.

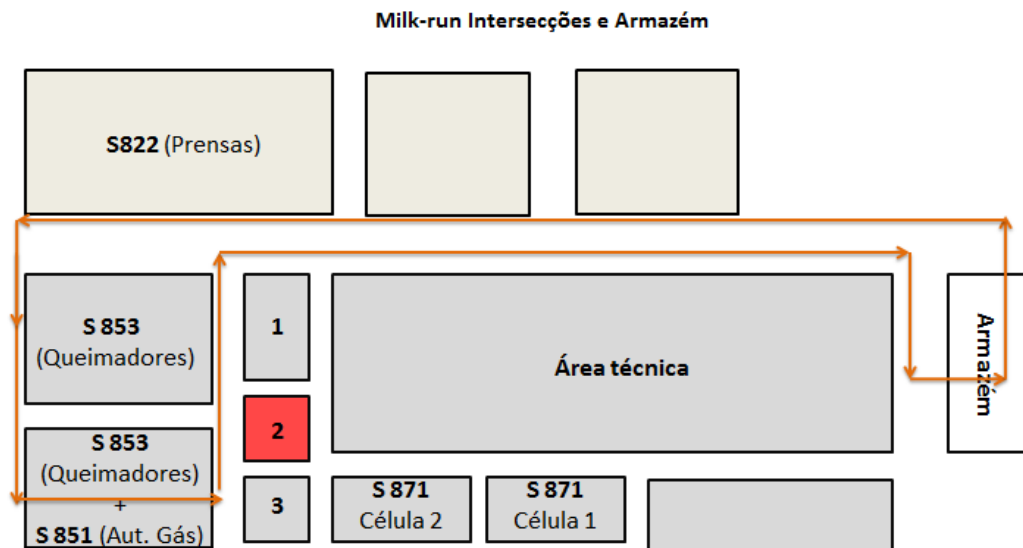


Figura 45 – Rota Intersecções e armazém

Um dos objectivos traçados neste projecto passa por adaptar esta rota, para evitar as deslocações dos operadores às células fornecedoras, quando acaba o material.

Por fim será ensaiada uma nova rota de *milk-run* (apeado), que fará as trocas de material entre bordo de linha e supermercado e abastecimento das células de montagem de automáticos de água.

3.3 – QCO nas células de Montagem final

Com a introdução da mentalidade *LEAN*, começou a aposta na produção em variedade em detrimento da quantidade. A aposta em pequenos lotes, baixos *stocks*, produção diversificada e o mais versátil possível tornou-se no objectivo. Para tornar isto possível uma condição era essencial – diminuição dos tempos de mudança de ferramenta. [14]

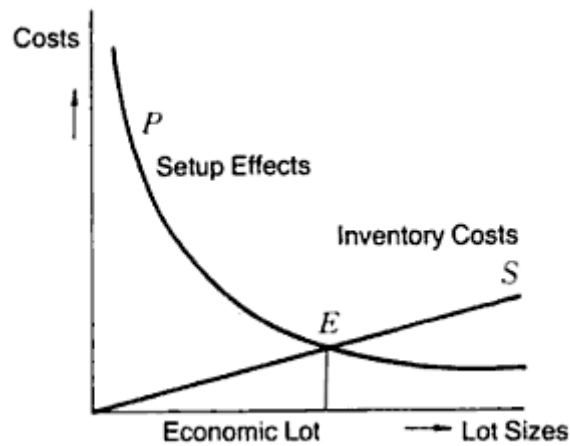


Figura 46 – Curva de lote económico [14]

Antes, como se verifica no gráfico, o tamanho dos lotes era determinado pela intersecção da curva de custos de *stock* e de *setup*. Este conceito deixou de ser válido quando se começaram a verificar mudanças drásticas nos tempos de *setup*, uma vez que o custo acrescentado destes para pequenos lotes deixou de ser uma curva tão acentuada.

Como o próprio nome indica, *quick change over* é o método *LEAN* da *BOSCH* que tem como objectivo tornar as mudanças de ferramenta o mais rápido possível. Em tudo semelhante ao *SMED*, o *QCO* leva a um aumento directo da produtividade com a redução do tempo de produção e diminuição dos custos de *stock*. Este método vai na linha de pensamento de todas as restantes ferramentas de gestão *LEAN* – a eliminação do desperdício.

Nas células de montagem final, a implementação do *QCO* foram feitas três sessões (uma para cada célula), acompanhadas por *workshops*. Durante as sessões, a equipa junta-se nas células e aproveita as mudanças de modelo mais críticas (aquelas que implicam maiores alterações) para acompanhamento. Um membro da equipa filma todo o processo, enquanto os restantes, posto a posto, registam os detalhes ou procedimentos mais significativos. Ao todo cinco mudanças diferentes foram estudadas.

Após esta fase, a equipa reúne-se numa sala, onde durante visualização do vídeo e exposição dos apontamentos tirados se debatem soluções, propõem-se melhorias e registam-se todas as operações de mudança necessárias. No final abrem-se acções às quais se atribui um responsável e um prazo de entrega.

O procedimento será descrito de uma forma mais detalhada de seguida.

Com este projecto de *QCO*, levado a cabo nas células de montagem final, pretendia-se que, após a sua conclusão, se atingissem os seguintes objectivos:

- Ter um registo dos valores de tempo de *setup*;
- Tornar esse tempo mais curto;
- Criar uma instrução normalizada de mudança de ferramenta;

Com a informação recolhida e tendo sempre em vista os objectivos, foi possível passar à próxima etapa do projecto - implementação do *QCO*. A metodologia utilizada para alcançar este fim pode-se descrever em oito etapas:

1. Registrar e descrever o tempo de todas as actividades;

Durante os *workshops* analisaram-se as filmagens efectuadas durante a mudança e registaram-se todas as operações.



Figura 47 – Quadro com registo de operações

2. Demonstração gráfica do processo – Diagrama de *spaghetti*;

Neste caso esta ferramenta não foi utilizada, uma vez que as deslocações entre postos são muito reduzidas.

3. Classificar as actividades de internas e externas;

Tarefas internas – apenas podem ser executadas quando a máquina está parada;

Tarefas externas – podem ser executadas com a máquina em funcionamento;

Neste ponto concreto não se identificaram tarefas externas, que pudessem ser executadas sem paragem da produção.

4. Retirar actividades externas do *setup*;

Arranjar condições para que as actividades externas já estejam preparadas aquando das operações de mudança

Em consequência do ponto anterior também este não se aplica a este caso.

5. Analisar actividades e propor melhorias que reduzam o tempo;

Brainstorming – juntar equipa para debater ideias que se concretizem em pequenas melhorias.

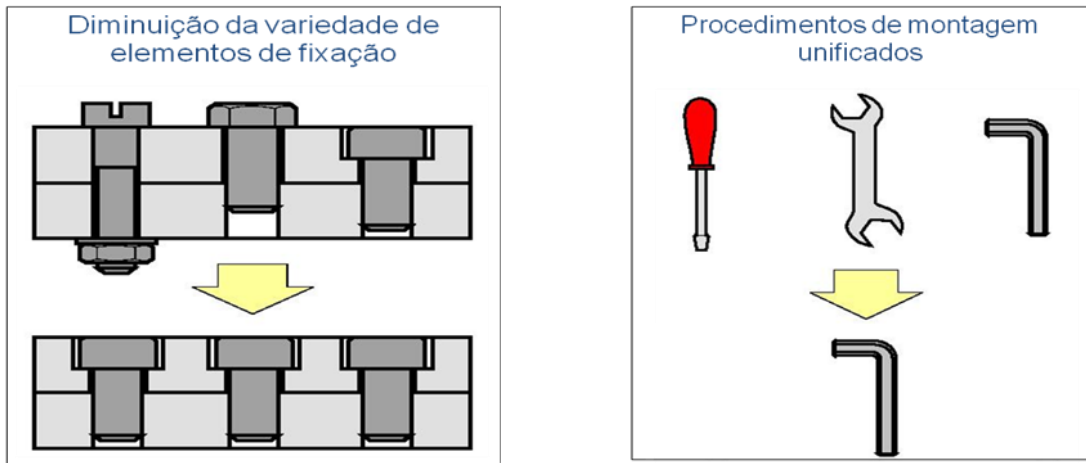


Figura 48 – Exemplo de melhoria QCO [15]

As figuras representam dois exemplos típicos de procedimentos usados no *quick change over* para agilização dos processos de *setup*. Contudo no que toca às células de montagem final os processos executados não foram tão profundos, tendo-se resumido essencialmente a pequenas melhorias no que toca ao abastecimento, com a implementação de uma gestão visual que permita uma fácil identificação dos componentes, e o acrescento de rolos que evitem que o material não deslize no bordo de linha.

6. Elaborar plano de acções

A elaboração do plano de acções ficou registada numa *OPL*, que define tarefas, responsáveis e prazos para a implementação das mesmas.

Nº	Data abertura	Problema	Acção correctiva	Responsável	Data limite	Data fecho	Estado	Observações	Desperdício [segundos]	Posto	Célula
1	xxxx	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxx	XX-0X-2011	XX-0X-2011			.	x	1,2e3
2	xxxx	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxx	XX-0X-2011	XX-0X-2011	F		.	x	1

Figura 49 – Open Point List QCO

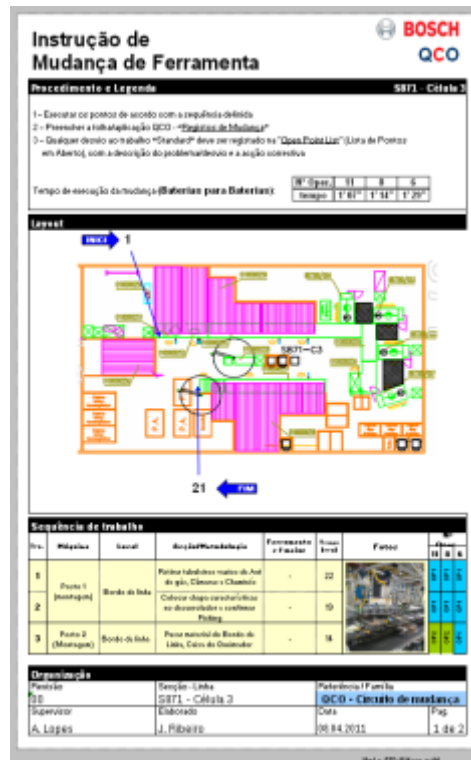
7. Acompanhamento dos resultados

O acompanhamento das implementações, a comparação com a situação anterior e uma melhoria contínua são essências para o *QCO*, sendo assim feita uma revisão regular da *OPL* que as acções estão a ser implementadas correctamente e dentro do prazo esperado.

8. Criar procedimento

O trabalho é ultimado com a criação de uma instrução *standard* de mudança de ferramenta. Só assim é possível garantir que os operadores sabem como devem proceder para garantir o tempo de *setup* pretendido.

Conforme dito anteriormente, o projecto dá-se por encerrado com a criação de uma instrução operacional para a mudança de modelo.



Estas instruções são afixadas nas respectivas células para que os operadores possam seguir uma sequência de operações normalizada. (consultar Anexo B)

3.4 – Cálculo do OEE horário das secções de montagem

É de extrema importância numa gestão *LEAN* traduzir as melhorias e metodologias usadas em valores numéricos e concretos. Só assim é possível aferir quantitativamente o resultado de uma melhoria ou de um projecto. Um dos indicadores mais potentes a nível de gestão é o *OEE*. [16]

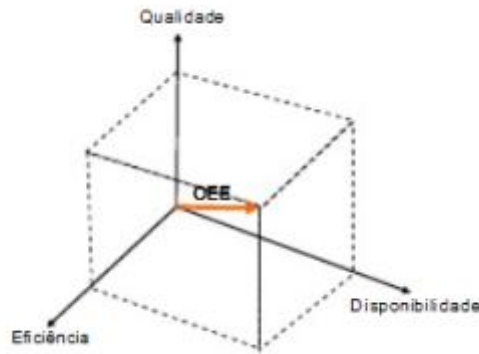


Figura 51 – As três dimensões do OEE [16]

Este indicador resulta de uma multiplicação directa de três factores – velocidade, qualidade e disponibilidade.

OEE - Dá-nos a eficiência global de uma célula. É uma multiplicação directa de todos os parâmetros.

Cálculo: $OEE = \text{Velocidade} \times \text{Qualidade} \times \text{Disponibilidade}$

Numa perspectiva mais detalhada destes parâmetros, a forma de cálculo do OEE é feita da seguinte forma:

Velocidade - Traduz o tempo de ciclo atingido relativamente ao tempo de ciclo balanceado, sem contar com as perdas por paragens não planeadas ou defeitos.

Cálculo: $Velocidade = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Tempo de abertura} - \text{Parag. não planeadas}}$

Qualidade - Traduz as perdas de eficiência obtidas por produção de aparelhos com defeitos.

Cálculo: $Qualidade = \frac{\text{Número de aparelhos produzidos sem defeitos}}{\text{Número total de aparelhos produzidos}}$

Disponibilidade - Traduz a relação entre o tempo previsto de produção e o tempo efectivo de produção.

Cálculo: $Disponibilidade = \frac{\text{Tempo efectivo de produção}}{\text{Tempo de abertura}}$

Este indicador encontra-se já implementado na BOSCH AvP a larga escala. Entre secções, as folhas cálculo têm uma base teórica comum, aspecto semelhante, mas ligeiras diferenças de adaptação a cada caso.

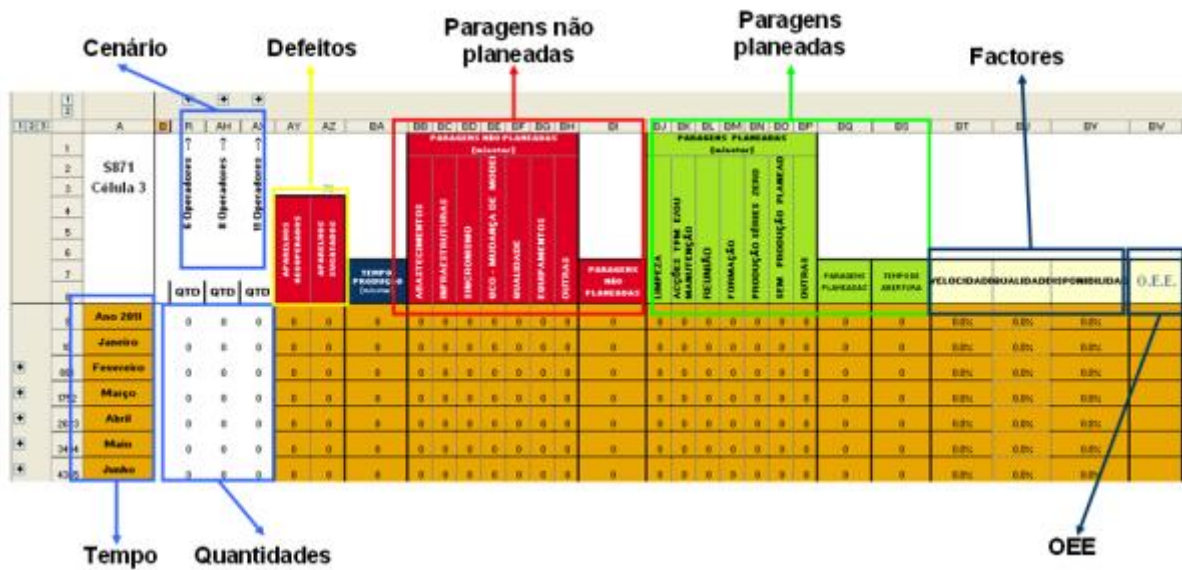


Figura 52 – Folha de cálculo OEE

Este é o aspecto da folha quando não está em uso. Quando escolhida a hora do dia em questão e o cenário de produção, a folha pode ser preenchida, ficando com o seguinte aspecto:

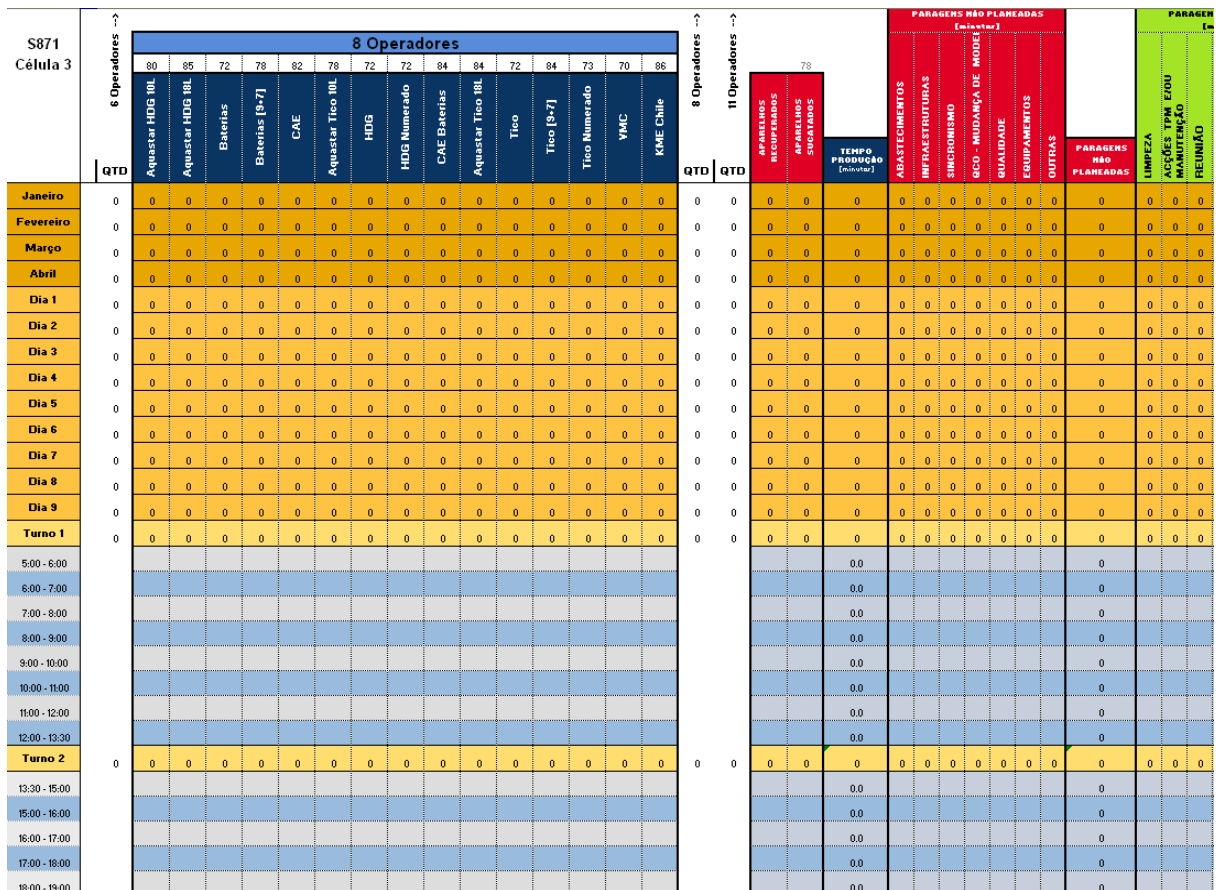


Figura 53 – Folha de cálculo OEE pronta para uso

Nesta fase a actualização das folhas foi feita para as seguintes secções:

- Células de montagem final (*Confort*)
- Linha de montagem final (*High output*)
- Células de pré-montagem de automáticos de água (*Confort*)
- Células de pré-montagem de automáticos de gás (*Confort*)

Estas folhas de cálculo foram semelhantes entre si para as duas primeiras secções e para as duas últimas, devido às semelhanças operacionais entre elas. Assim pode-se dividir em duas partes a execução desta tarefa:

1. OEE das células/linha de montagem final (*Confort e High output*)

Neste caso, a maioria dos aparelhos com defeitos são reparados por um ensaiador, havendo poucos sucitados. É atribuído um tempo de reparação, que multiplicado pelo número total de máquinas avariadas, entra nos cálculos como tempo de produção, influenciando portanto o factor velocidade.

$$Velocidade = \frac{(n^{\circ} \text{ aparelhos} \times T_{\text{ciclo}}) + (n^{\circ} \text{ sucitados} \times T_{\text{reparação}})}{T_{\text{útil}}}$$

Já os aparelhos sucitados entram para as contas do *OEE* no factor qualidade, fazendo diminuir o *OEE* quanto maior o seu número.

$$Qualidade = \frac{n^{\circ} \text{ aparelhos} - n^{\circ} \text{ sucitados}}{n^{\circ} \text{ produzidos}}$$

O factor disponibilidade é calculado de forma igual para todas as folhas.

2. OEE das células de pré-montagens de automáticos (gás e água)

Neste caso os automáticos com defeito são reparados por um operador dedicado exclusivamente a isso, ou então sucitados. Neste caso o automático é desmontado e um novo aparelho de substituição deve ser produzido. Assim os automáticos sucitados são contabilizados duas vezes: uma pelo aparelho que desmontado e outra pelo automático de substituição. Por sua vez entram “a descontar” no factor da qualidade.

$$Velocidade = \frac{(n^{\circ} \text{ aparelhos} \times T_{\text{ciclo}}) + (n^{\circ} \text{ sucitados} \times T_{\text{ciclo}})}{T_{\text{útil}}}$$

$$Qualidade = \frac{n^{\circ} aparelhos - n^{\circ} sucatados}{n^{\circ} aparelhos}$$

Só assim se pode garantir que o *OEE* não fica prejudicado na velocidade, nem beneficiado na qualidade.

De notar que os automáticos recuperados não entram nas contas, uma vez que a operadora que se encontra dedicada a estes não está contabilizada nos balanceamentos.

Se é verdade que um indicador tem extrema importância para nos guiar no caminho correcto de uma gestão *LEAN*, também é verdade que estes podem ser extremamente enganadores quando mal calculados. Assim, a instrução (consultar Anexo C), foi distribuída por todos os colaboradores com responsabilidades no preenchimento destas folhas de cálculo e foi feito um forte acompanhamento no início da implementação deste documento.

4 Discussão de resultados

4.1 Optimização linha 6

Conforme se pode verificar pelas consecutivas propostas de *layout* apresentadas, procurou-se neste projecto uma constante optimização do espaço, da coerência do fluxo, da distância percorrida pelos operadores e produto, dos abastecimentos e da versatilidade de balanceamentos. Ao nível das distâncias percorridas pelo produto, a diminuição deste valor está limitada pelo carrossel, que representa uma deslocação correspondente a 48% da distância total percorrida no *layout* actual. Ou seja, mantendo o carrossel na linha, a diminuição máxima que teoricamente é possível obter é de 52%

O workshop realizado em parceria com o Instituto Kaizen, permitiu reforçar algumas mudanças e melhorar os seguintes pontos, com implicações directas na versão final do *layout*:

1. Eliminação de dois postos do carrossel;
2. Troca de alguns carros de abastecimento por bordos de linha.

Da primeira proposta de *layout* (*Layout 1*) até à definitiva várias melhorias foram sendo implementadas. Relativamente à actual versão da linha 6, as diferenças são ainda mais significativas. A este factor ajudou a redução do número de bancas, que se prevê suficiente para os cenários a médio prazo.

Na tabela abaixo demonstrada pode-se verificar os resultados comparativos entre as várias versões, encontrando-se a verde os resultados correspondentes a melhorias relativas às versões anteriores e a vermelho aqueles que não o são.

Tabela 2 – Resultados comparativos dos layouts

	Área Ocupada	Distância percorrida pelo produto	WIP Total	Lead Time
<i>Layout actual</i>	100%	100%	100%	100%
<i>Layout 1</i>	- 37,7%	+ 9,3%	- 19%	- 4,5%
<i>Layout 2</i>	- 41,9%	- 31%	- 33%	- 11,3%
<i>Layout 3</i>	-42,3%	- 32,2%	- 29%	- 11,3%
<i>Layout 4</i>	- 41,9%	- 34,7%	- 29%	- 11,6%
<i>Layout 5</i>	- 43,8%	- 30,9%	- 29%	- 11,0%
<i>Layout 6</i>	- 41,9%	- 36,7%	- 29%	-11,9 %
<i>Layout 7</i>	- 46,5%	- 42,4%	- 43%	- 12,9%

* Calculado para o percurso mais longo

Encontram-se cumpridos os objectivos e premissas que serviram como ponto de partida para este projecto, apesar de a sua implementação estar agora dependente da aprovação do projecto, por parte da divisão do grupo BOSCH que financia este tipo de trabalhos.

Fazendo um balanço final, pode-se dizer que o *LEAN* foi encarado como a palavra de ordem em todo o projecto de optimização da linha 6, manifestando-se nos seguintes pontos:

- * Desenho da linha orientado para o fluxo do produto e não para o equipamento;
- * Procura constante na redução de espaços e trajectos;
- * Diminuição *WIP*;
- * Envolvimento de todos os responsáveis relacionados com a linha 6;
- * Tentativa de fazer tudo bem à primeira;
- * Balanceamentos flexíveis e adaptáveis a vários cenários;
- * Standardização das operações;
- * Linha desenhada com base nas necessidades do mercado e não na produção em massa;
- * Criação de um protótipo que permita simular uma situação real e detectar defeitos.

4.2 Just-in-Time S855

Neste momento, o projecto encontra-se em fase de implementação, estando agora a secção 855, ao nível de abastecimentos, em sintonia com aquilo que é usual na maioria das secções da fábrica.

Passa-se de uma situação em que o plano produtivo do dia estava inteiramente ao critério do responsável de equipa, para uma situação em que o plano produtivo, para esta secção, segue a sequência do plano das células/linhas de montagem final, excepto no que toca ao abastecimento *kanban*.

Relativamente aos objectivos traçados para este projecto, considera-se que os seguintes resultados foram atingidos:

- Fluxo de informação mais claro e fiável;
- Standardização dos abastecimentos;
- Implementação de um plano produtivo sequenciado;
- Redução das distâncias percorridas pelos operadores e consequentemente dos tempos de ciclo;
- Maior facilidade na detecção de falhas de produção;
- Abastecimentos da responsabilidade exclusiva da logística.

O resultado final do projecto, a nível de *milk-runs*, culminou com a alteração da rota intersecções e a criação de uma nova – *milk-run* interno S855 – representado na Figura 54.

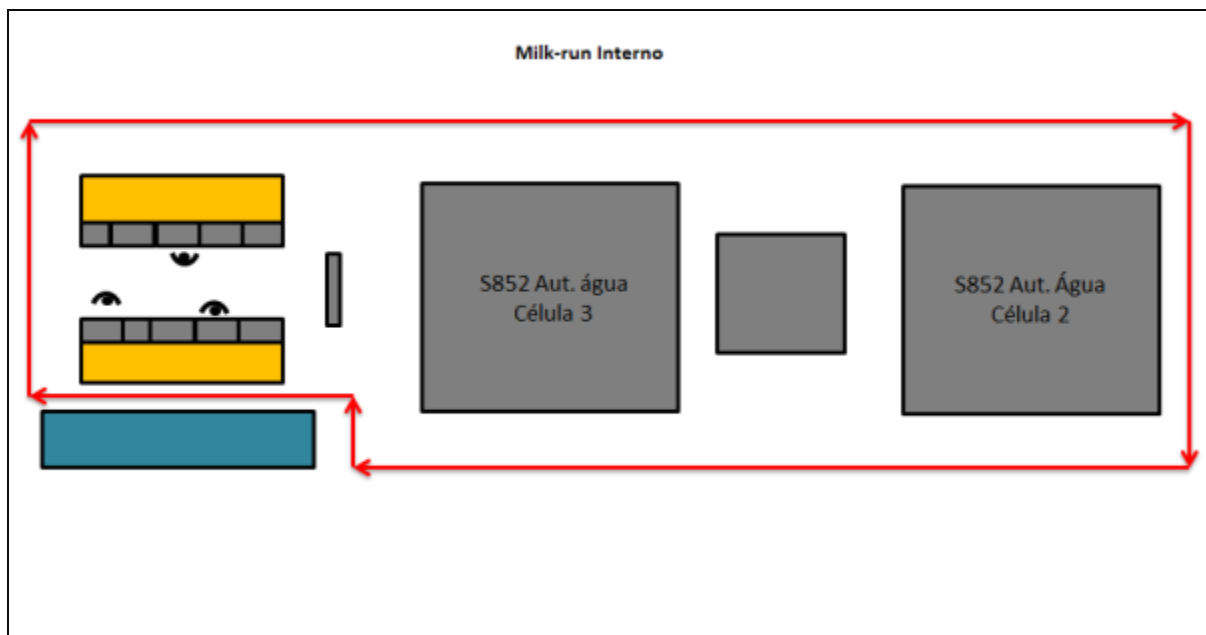


Figura 54 – Rota *milk-run* interno S855

Apesar da produção funcionar de acordo com o *just-in-time*, não se pode considerar um *JIT* perfeito. O facto de haver vários planos de produção distribuídos pelas várias secções mesmo que de acordo com a produção das secções de montagem final, faz com que não haja um sistema *Pull* completo.

Após implementação do projecto, a linha encontra-se agora em maior concordância com aquilo que são os princípios *LEAN*. A implementação da nova rota de *milk-run* (interno), e a alteração do *milk-run* intersecções permitiram à célula uma melhor performance:

- **Diminuição dos tempos de ciclo:** deixam de ser os operadores a percorrer a distância das secções fornecedoras até à sua, para os abastecerem;
- **Maior clareza e transparência de processo:** a tarefa de abastecimento é da exclusiva responsabilidade dos operadores logísticos.

De futuro, a intenção é lançar um plano de produção apenas para as secções finais, dando estas posteriormente as ordens às suas secções fornecedoras, com um desfasamento de poucas horas, que permita uma margem suficiente para não haver nem excesso de *stock* nem rupturas.

Esta situação já existe na BOSCH TT AvP, mas apenas aplicada no abastecimento de uma das células finais.

4.3 QCO nas células de montagem final

As acções abertas não implicaram alterações muito profundas, visto estas linhas já se encontrarem muito optimizadas ao nível da mudança de modelo. Na verdade, entre cada lote de modelos diferentes, as mudanças dão-se essencialmente ao nível de:

- Bordos de linha - Mudanças ao nível do material
- Reposicionamento de ferramentas – São retiradas ou posicionadas aparafusadoras nos postos
- Alteração de postos de ensaio – Recolha ou posicionamento de dispositivos de ensaio
- Reabastecimentos – Mudanças de carros/caixas vazias por carros/caixas cheias de material.

O tempo poupado relativo à situação inicial, em cada mudança estudada, encontra-se descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Ganhos nos tempos das operações de mudança

Tempo total de todas as as operações de mudança				
Célula 1		Célula 2	Célula 3	
Mudança 1	Mudança 2	Mudança 3	Mudança 4	Mudança 5
10%	1%	21%	16%	11%

Conforme se pode verificar pelos valores, os ganhos não foram elevados. Os dois principais motivos que contribuíram para esta situação foram:

- O avançado estado de otimização das células - aquando da sua concepção este aspecto de mudança rápida já havia sido contemplado. Assim, todos os equipamentos utilizados em cada modelo já se encontravam disponíveis para um rápido posicionamento.



Figura 55 – Ferramentas, dispositivos e material: células de montagem final

- Existência de *bottleneck* no último posto – Conforme se pode ver pela sequência de imagens apresentada de seguida, quando existe uma acumulação muito grande de esquentadores antes deste posto, o tempo de mudança deste é o que determina o tempo de mudança de modelo.

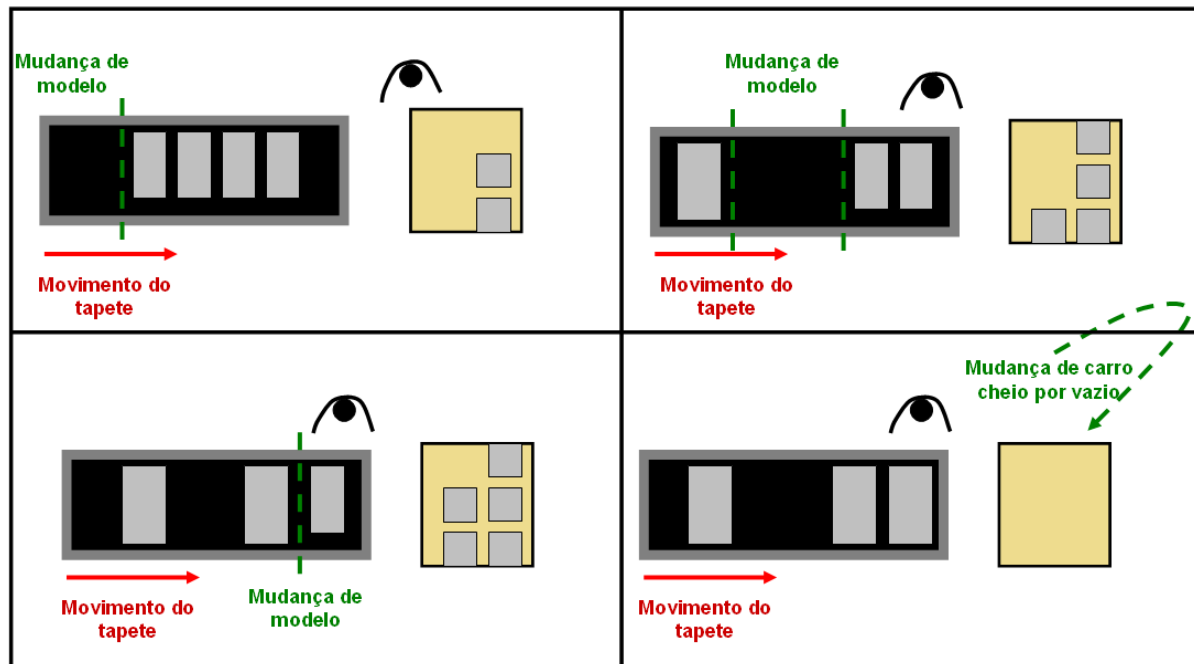


Figura 56 – Sequência de mudança no último posto (*bottleneck*)

Pode assim concluir-se que, nestes casos, as maiores perdas na mudança de modelo devem-se à substituição do carro de transporte de produto acabado por um carro vazio. Neste sentido, foi feita uma instrução visual que tem por objectivo normalizar esta sequência de movimentações, de forma a que todos os operadores a façam da forma mais rápida possível.

Deste ponto de vista, entende-se que nem sempre o tempo mais alto de mudança de um posto é aquele que determina o tempo de mudança real. De facto, isto só acontece se não houver aparelhos acumulados entre postos, que “absorvam” o tempo de mudança do posto anterior.

É ainda importante referir que tanto o estudo prévio como as sessões de *QCO* foram feitas com as células balanceadas com 11 operadores, que é como normalmente se encontram a funcionar. Na instrução de mudança realizada foi feita uma distribuição de tarefas para os restantes balanceamentos, de forma a tentar equilibrar os tempos de mudança de cada posto.

As intruções de mudança e instruções visuais já se encontram nas células que foram alvo de intervenção. Para garantir que estas são consultadas pelos colaboradores, são feitas esporadicamente confirmações do processo.

Embora não tenha sido efectuada uma melhoria de rácio, dá-se assim mais um passo na clarificação e standardização do processo produtivo. Este projecto também importante para concretizar um estudo que apresente valores concretos e fidedignos relativos à mudança de modelo, que possam ser utilizados em qualquer processo.

4.4 Cálculo do *OEE* horário das secções de montagem

A nível do *OEE*, a implementação das novas folhas de cálculo obrigou a um acompanhamento muito próximo durante os tempos iniciais. O facto desta folha ter informação muito detalhada, levou a uma adaptação não imediata dos operadores.

Após lançamento, esta começou a revelar alguns valores de *OEE* algo dispares daquilo que vinha sendo habitual e da informação fornecida por outros indicadores, o que levou a uma procura das causas desta situação. Em contacto com os responsáveis de equipa (operadores responsáveis pelo preenchimento horário da folha de cálculo) e depois de uma revisão do ficheiro, verificaram-se as seguintes irregularidades:

- Erro no preenchimento das folhas - quando havia uma mudança do número de operadores durante o turno, não se fazia essa correspondência no cenário no cálculo do *OEE*.

A não adaptação do cenário acarretava com alterações naturais no factor velocidade.

- Erro nas fórmulas – durante a revisão foi detectado um erro nos minutos atribuídos às horas de trabalho. Ou seja, períodos de uma hora de trabalho estavam erradamente contabilizados como tendo um intervalo de 10 minutos para pequeno-almoço.

Esta situação levava também a um resultado errado do factor velocidade. A correcção foi feita na hora em todas as folhas em uso.

Para controlo destes valores, foi feita uma reunião com a presença das partes envolvidas (MOE1, TEF6 e engenheiro especializado no cálculo do *OEE*), tendo sido acordados os seguintes pontos:

1. Criação de uma instrução de preenchimento standard, clara e concisa, que permita uma fácil percepção das folhas para o utilizador;
2. Formar os colaboradores para garantir o igual preenchimento de todas as folhas entre secções;
3. Continuação do acompanhamento da fase inicial do processo de implementação.

Após esta fase inicial, o processo normalizou tendo sido alcançado o principal objectivo. Uma folha de cálculo *OEE* que permite, através de uma leitura detalhada, uma detecção dos problemas que possam causar uma flutuação do *OEE* ao longo de um turno.

Actualmente, as folhas de cálculo horárias do *OEE* encontram-se em uso na maioria das secções de montagem e pré-montagem da fábrica, não revelando problemas durante o último mês.

5 Conclusões

Este projecto permitiu ter uma perspectiva global da aplicação *LEAN* na indústria, particularmente na melhoria da performance dos fluxos nos processos produtivos. A participação em quatro subprojectos, em fases distintas de desenvolvimento, teve um papel fundamental para a noção da forma como esta filosofia de gestão é implementada numa célula/linha de montagem, desde a sua criação, execução e melhoria contínua.

Os quatro subprojectos foram precisamente divididos pelo seu estágio de desenvolvimento, não estando relacionados entre si, mas tendo em comum os objectivos de uma gestão *LEAN*:

- **Qualidade total**
- **Flexibilização dos processos**
- **Fluxo dos processos em *Pull***
- **Melhoria contínua**
- **Redução do desperdício**

Com uma consulta atenta dos quadros resumo a seguir apresentados, constata-se que todos os projectos que envolveram alterações do funcionamento de células e linhas têm um princípio em comum – a redução de desperdício. De facto, tal como o próprio nome indica (*LEAN* – em português “magro”), esta filosofia tem como principal fundamento a redução de desperdícios a vários níveis – distâncias, tempos, produto em curso, stocks ou defeitos são exemplos disso.

Optimização da Linha 6

Ponto de partida/estado de desenvolvimento da linha – ainda em fase de projecto; num estado “embrionário”.

Perante objectivos traçados e premissas conhecidas, foi necessário identificar pontos de melhoria na linha, que permitissem uma remodelação total de layout e dos processos produtivos no sentido de tornar a nova linha, à partida, mais *LEAN*.

Principais aspectos trabalhados:

1. *Layout*;
2. Fluxo do produto;
3. Abastecimentos;
4. Balanceamentos.

Princípios *LEAN* aplicados:

- Orientação para o fluxo do produto e não para os equipamentos;
- Diminuição do *WIP*;
- Redução dos desperdícios;
- Flexibilização da produção (balanceamentos facilmente adaptáveis a vários cenários de produção).

Estado actual: projecto totalmente definido e enviado para aprovação; à espera da disponibilização de verbas para implementação

Just-in-time na secção 855

Ponto de partida/estado de desenvolvimento da célula – célula construída e definida, mas sem fluxo *LEAN* nos processos; sem sistema de produção *Pull*.

Sendo uma das secções com maior variedade de componentes consumidos e produto acabado, foi necessário garantir um sistema de abastecimentos eficaz. Para ir de encontro àquilo que é o objectivo global da fábrica a nível de fluxos, pretendeu-se que fosse implementado um sistema de abastecimentos *Pull*.

Principais aspectos trabalhados:

1. Bordos de linha;
2. Abastecimentos *Kanban*/Sequência;
3. Rotas dos *milk-run*'s.

Princípios *LEAN* aplicados

- Sistema *Pull* de abastecimento
- Gestão visual
- Clarificação dos processos
- Redução dos desperdícios

Estado actual: sistema *Pull* em fase de ensaios, pronto para implementação; célula com funcionamento mais *LEAN*.

QCO nas células de montagem final

Ponto de partida/estado de desenvolvimento das células – células em fase de funcionamento, com sistema de produção *LEAN* já há alguns anos; em fase de melhoria contínua.

As células de montagem final apresentam um nível de optimização elevado que se traduz numa produção muito ágil e com bons níveis de produtividade. A dúvida da existência de um tempo de *setup* entre produção de diferentes modelos motivou este projecto. Pretendia-se quantificar e melhorar esse tempo.

Principais aspectos trabalhados:

1. Abastecimentos;
2. Balanceamento das tarefas de *setup*;
3. Versatilidade de dispositivos e ferramentas.

Princípios *LEAN* aplicados:

- Aplicação de *quick change over*;
- Standardização dos processos produtivos;
- Redução de desperdícios;
- Transferências dos processos.

Estado actual: as alterações implícitas neste projecto já foram implementadas; Tarefas normalizadas e ainda um pouco mais ágeis.

Cálculo do OEE horário das secções

Ponto de partida/estado de desenvolvimento das secções: células/linhas em funcionamento, com produção diária; fase contínua monitorização.

Como indicador de grande importância, o *OEE* deve fornecer uma informação o mais precisa e fidedigna possível. Com esse intuito, foram criadas folhas de cálculo de *OEE*, com registos horários deste indicador. Possibilitam ainda uma detecção mais fácil das causas das eventuais quedas de eficiência, para permitir uma rápida resolução.

Principais aspectos trabalhos:

1. Fórmula de cálculo;
2. Gestão visual (preenchimento intuitivo);
3. Actualização dos tempos de ciclo.

Princípios *LEAN* aplicados:

- Transparência do indicador;
- Monitorização fiável;
- Standardização;

Estado actual: Folha de cálculo implementada em quase todas as secções de montagem; monitorização mais detalhada.

Assim, apesar de distintos, há uma filosofia comum a todos os subprojectos – o *LEAN* -, que os engloba num só projecto, demonstrativo dos vários passos dados no desenvolvimento de uma linha *LEAN*, desde a génese até à sua implementação e evolução contínua. [17]

Pretendeu-se com o projecto global em reforço *core capabilities* da empresa, dando mais um passo na manutenção da competitividade, através de processos contínuos de mudança para melhor (princípios *Ky'zen*), tendo como pano de fundo uma filosofia de gestão *LEAN*.

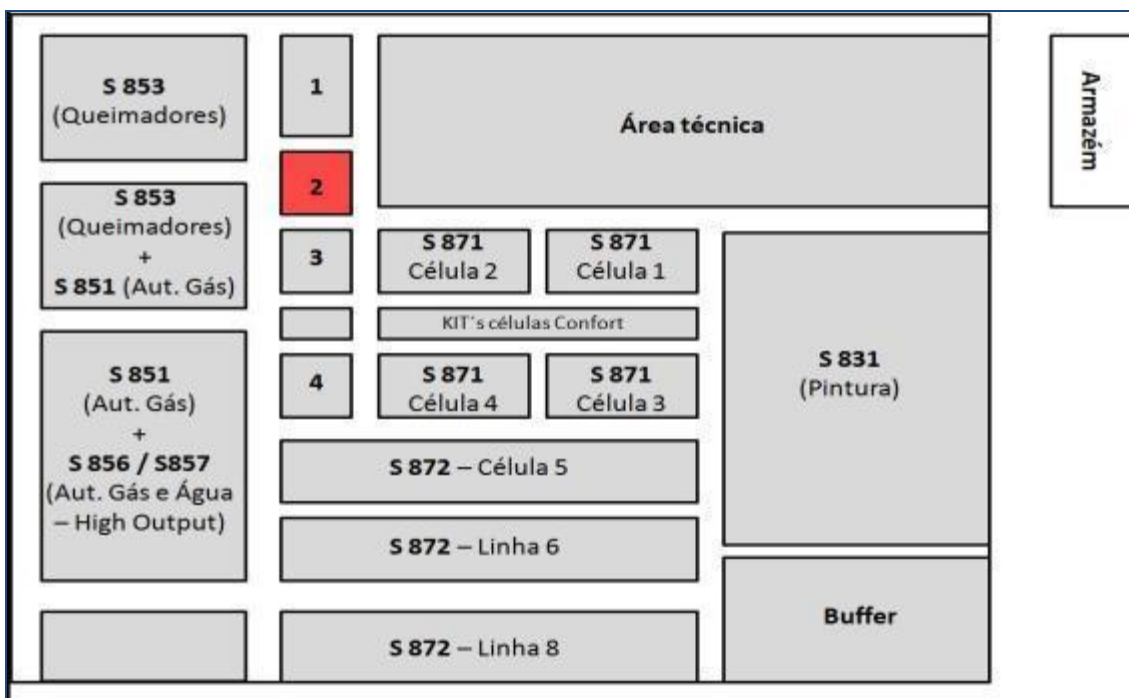
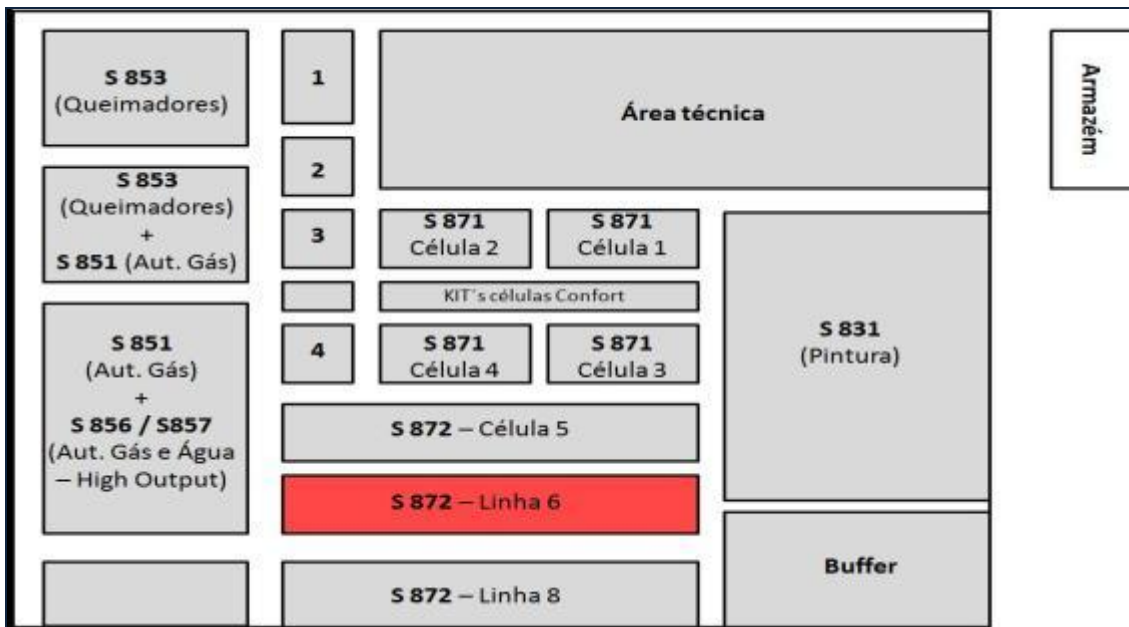
A nível futuro, pretende-se dar seguimento ao projecto de optimização da Linha 6, passando-se agora a fase seguinte – a implementação da linha. Também se ambiciona continuar a trabalhar no *JIT*, de forma a implementar um sistema ainda mais *Pull*, com planos de produção apenas para as células finais de montagem e abastecimentos mais ágeis recorrendo até ao *ship to line*.

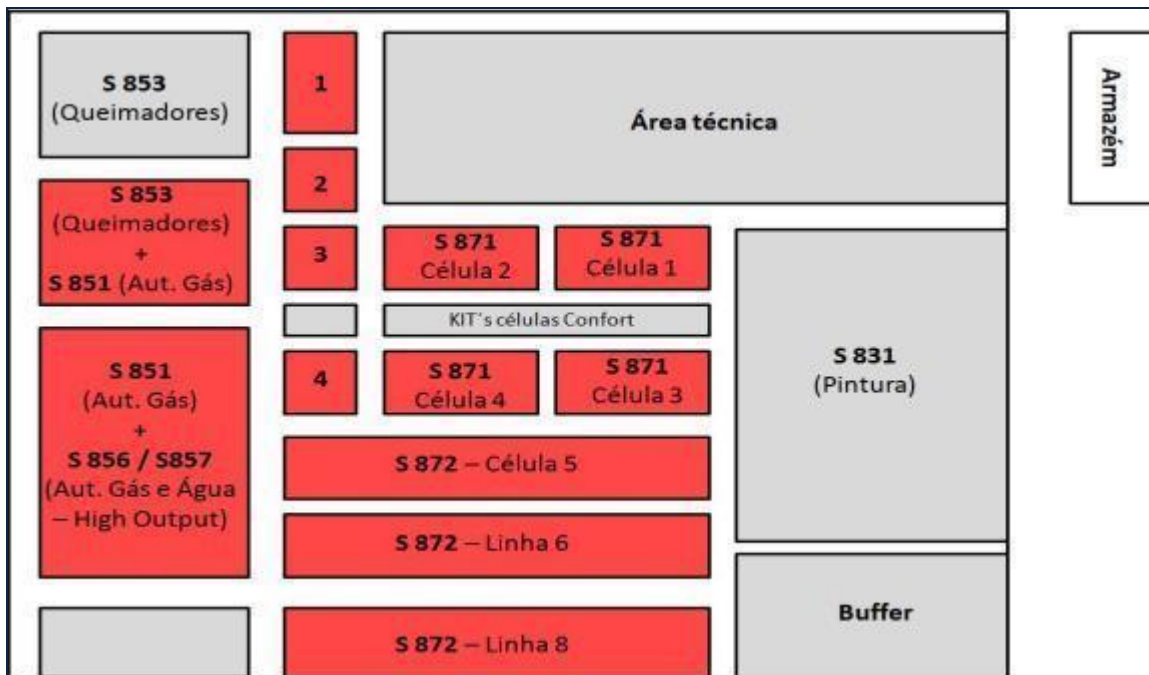
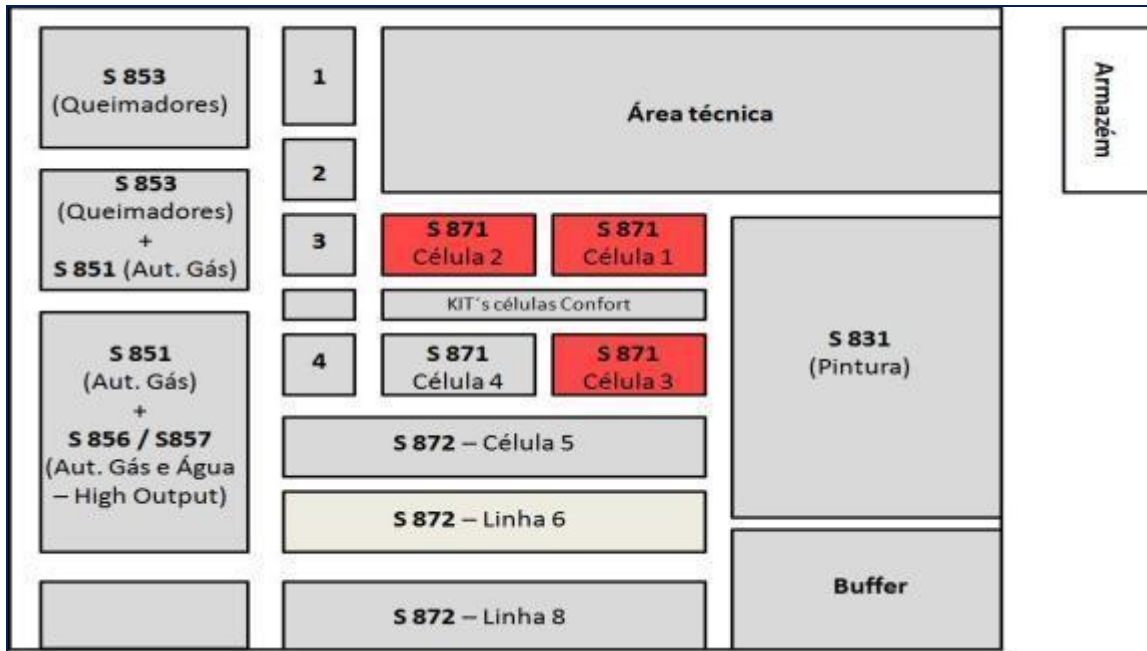
Apesar de estes serem os objectivos futuros mais concretos, relacionados com o projecto apresentado, procura-se que toda a fábrica seja alvo de melhorias contínuas ao longo do tempo.

6 Referências e Bibliografia

- [1] – <http://www.bosch.pt/content/language1/html/3808.htm>, 2011-04-29
- [2] - BoschZunder Stuttgart, 22 junho 2011
- [3] - www.vulcano.pt, 2011-04-29
- [4] – BOSCH Global Network
em <https://inside-ws.bosch.com/FIRSTspiritweb/wcms>
- [5] – BOSCH Global Network
em <http://inside.bosch.com/irj/portal>
- [6] - <http://www.gemba.com/portuguese/consulting.cfm?id=690>, 2011 – 06 -15
- [7] – Jacobs, Chase, Aquilano, 2009. Operations & Supply Management. McGraw Hill. New York, USA, 22-25.
- [8] – BBT Thermotechnik GmbH, Fevereiro 2005. Formação Inicial BPS.
- [9] - www.ipq.pt
- [10] - <http://www.bosch-stiftung.de/content/language2/html/7848.asp>, 2011-05-23
- [11] - Robert Bosch GmbH 2008. Novo quadro Point-CIP
- [12] - Robert Bosch GmbH 2008. LLD – Training
- [13] – The Productivity and Development Team, 1998. Just-in-Time for operators. Shopfloor Series. Portland, USA. 6-19.
- [14] – Shingo, S., 1985. A Revolution in Manufacturing: SMED system - Productivity Press. Portland, USA, 17-19
- [15] – Robert Bosch GmbH 2005. Treinamento de setup rápido
- [16] – OEE: A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos.
<http://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-A-EFICACIA-DOS-EQUIPAMENTOS>, 24-05-2011.
- [17] – Womack, J. P., Jones, D. T., 2003. Lean Thinking. Free Press, New York, USA. 50-67

ANEXO A: Plantas de aplicação de cada projecto





ANEXO B: Instrução de Mudança de ferramenta

Sequência de trabalho							Nº op.		
Seq.	Máquina	Local	Ação/ Metodologia	Ferramenta	Tempo (min)	Fotos	11	8	6
4	Posto 2 (Montagem)	Bordo de linha	Montagem do produto em linha 3	-	-		OP2	OP2	OP1
5			Verificação do produto	-	-		OP2	OP2	OP1
6	Posto 3 (Montagem)	Bordo de linha	Montagem do produto em linha 3	-	-		OP2	OP3	OP2
7			Verificação do produto	-	-		OP2	OP3	OP2
8	Posto 4 (Montagem)	-	Montagem do produto	-	-		OP4	OP3	OP2
9	Posto 5 (Montagem)	-	Montagem do produto	-	-		-	-	-
10	Posto 6-1	-	-	-	-		OP5	-	-
11	Posto 6-2	-	-	-	-		OP5	OP4	-
12	Posto 6-3	-	-	-	-		OP5	OP5	OP3
13	Posto 6-4	-	-	-	-		OP5	OP5	OP3
14	Posto 7 (Escala de produtividade)	Bordo de linha	Montagem do produto	-	-		OP9	OP9	OP5
15			Montagem do produto	-	-		OP9	OP9	OP5
16	Montagem	-	Montagem do produto	Carro de transporte de frente	-		OP9	OP7	OP5
17			Montagem do produto	-	-		OP9	OP7	OP5
18	Posto 8/9 (Embalagem)	Bordo de linha	Montagem do produto	-	-		OP10	OP7	OP5
19			Montagem do produto	-	-		OP10	OP7	OP5
20	Posto 10 (Embalagem)	Zona de carros de produto acabado	Montagem do produto	Carro de transporte de esquadreiros	-		OP11	OP7	OP5
21			Montagem do produto	-	-		OP11	OP7	OP5

Total: 3' 27"

Organização			
Revisão	Seção - Linha	Referência / Família	
00	S871 - Célula 3	OC0 - Circuito de mudança	
Supervisor	Elaborado	Data	Pag.
J. Lopes	J. Pereira	26/06/2010	2 de 2

Mod. n.º TEP-1194, rev. n.º 00

