Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Implementação de conceitos e práticas de *Lean Manufacturing* na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA

Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes

(Licenciada em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Tese de mestrado realizada sobre a orientação de

Profª. Laura M.M. Ribeiro

Julho de 2009

CANDIDATO	Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes	*Código*	080508001
TÍTULO	Implementação de conceitos e práticas de Lean Manufacturing na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA		
DATA	17 de Setembro de 2009		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Sala C-603- 16h00		

JÚRI	*Presidente*	Professor Doutor Luís Filipe Malheiros Freitas Ferreira	DEMM/FEUP
	Arguente	Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho	DPS/EEUM
	Orientador	Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro	DEMM/FEUP

Agradecimentos

O presente trabalho só foi possível graças ao empenho e à colaboração que várias pessoas e instituições prestaram à sua autora. A todos desejo agradecer de uma forma geral, mas em particular quero expressar o meu reconhecimento e gratidão a alguns.

À Prof.ª Laura Ribeiro, minha orientadora, pelo apoio técnico da matéria abordada.

Ao Eng.º Samuel Santos, meu co-orientador, pelo apoio metodológico e pela atenção prestada ao longo do período de realização.

À administração da Ciclo Fapril, pela oportunidade de poder realizar o projecto numa empresa como a "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA" e pela disponibilização de todos os meios necessários à concretização do mesmo.

A toda a equipa do Projecto "Emagrecer", em particular por todo o apoio técnico e confiança prestada.

A todos os elementos da "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA", pela colaboração prestada.

Resumo

Devido à globalização da economia, à situação económica actual e à forte concorrência, as empresas foram forçadas a reduzir os seus custos através da melhoria dos seus sistemas de gestão. A focalização na redução de desperdícios e na melhoria contínua, utilizando métodos de gestão *Lean* permite gerar altos níveis de valor nos produtos e de satisfação dos clientes.

Esta tese apresenta os conceitos e os princípios da filosofia do *Lean Manufacturing* e o modo como foram implementados na empresa Ciclo Fapril (uma PME da área metalomecânica). A realização da tese teve assim como objectivo analisar e implementar os conceitos do *Lean Manufacturing* através de uma abordagem focalizada na redução do desperdício, conseguindo assim uma poupança nos custos.

Palavras Chave: Lean Manufacturing, Redução de desperdícios, Metalomecânica.

Abstract

Due to economical globalization, the current economical situation and strong competition in the market, the companies are urged to reduce costs by improving their management system. By focusing in waste reduction and continuous improvement using Lean Management methods, high levels of value creation of products and client satisfaction can be achieved.

This thesis presents the concept and the principles of Lean Manufacturing philosophy and how it was implemented in company Ciclo Fapril (a SME in metal works area). Realization of this thesis has the objective of analysing and implementing the

concepts of Lean Manufacturing by an approach focusing in waste reduction, resulting in cost reduction

Key Words: Lean Manufacturing, Waste Reduction, Metalworks SME'S.

Índice

Resumo ..... **I**

Abstract ..... **I**

Cap I - Introdução ao *Lean Manufacturing* **1**

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing* 1
2. Principais conceitos e definições 3
   - 2.1. Definição de Desperdício 3
   - 2.2. Princípios *Lean* 7
3. Métodos e Ferramentas *Lean* 9
   - 3.1. VSM -*Value Stream mapping* 10
   - 3.2. Gestão visual 11
   - 3.3. 5S - Organização do local de trabalho 11
   - 3.4. Kanban 13
   - 3.5. *Takt time* 15
   - 3.6. *Heijunka* – Nivelamento 16
   - 3.7. Produção celular (em fluxo contínuo) 16
   - 3.8. *Poka-yoke* 17
   - 3.9. TPM – *Total productive maintenance* 17
   - 3.10. Trabalho padronizado 18
   - 3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) 19
   - 3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act*) 20
   - 3.13. *Jidoka* 21
   - 3.14. Envolvimento dos Colaboradores 21

Cap II - Contexto do Projecto **23**

1. Motivação para o estudo e objectivos 23
2. Descrição da Empresa 25
   - 2.1. História e actividade da empresa 25

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril 27

1. Introdução 27
2. Escolha do produto a estudar 28
3. Fluxo de valor 30
4. *Layout* 33
5. Análise dos postos de trabalho 36
   - 5.1. Posto de Soldadura 36
   - 5.2. Granalhagem 37
6. Acondicionamento das peças 37

7. Análise de Stock 38
8. Implementação do Kanban 38
9. Estabelecimento do *Takt Time* 41
10. Implementação dos 5S 43
11. Próximos passos 43
Cap IV - Resultados alcançados 44
1. Cadencias..... 44
2. Tempos de espera entre operações..... 46
3. Deslocações de peças 47
4. Stock 47
5. Resultados Globais 48
Cap V - Considerações finais 50
Cap VI - Referências Bibliográficas 52

Índice de Figuras

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril..... 26
Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer" 28
Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel……29
Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel……29
Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo. 32
Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar…… 34
Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)…….. 35
Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto 35
Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout* 36
Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados..... 39
Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos. 40
Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação 42
Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo. 44

Cap I -Introdução ao *Lean Manufacturing*

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing*

O termo "*Lean*" (em português magro) surgiu com o livro "*The Machine that Changed the Word*" de Womack, Jones e Roos, publicado em 1990 nos EUA. O livro baseia-se num estudo sobre a indústria automóvel e onde se desvenda o sistema de produção usado pela Toyota nas suas fábricas, denominado *Toyota Productions System* (TPS). Neste livro são evidentes as vantagens do Sistema de Produção *Toyota*, designadamente, as enormes diferenças de produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos que explicavam, em grande medida, o sucesso da indústria japonesa (1).

O sistema TPS foi concebido para fornecer as ferramentas e as soluções para as pessoas melhorarem continuamente o seu desempenho. A filosofia *Toyota* assenta em princípios e valores simples e imutáveis:

- a gestão visual como forma de envolver todos através da aplicação dos sentidos;
- a uniformização e estabilização dos processos como forma de reduzir a variabilidade tão prejudicial ao desempenho e nivelamento da produção (2).

O TPS está na origem de *Lean Manufacturing* (também do *Lean prodution,* ou do *Lean Thinking*). O *Lean Manufacturing* surgiu com o engenheiro Taiichi Ohno da *Toyota* e seus precursores: Sakichi Toyoda, fundador do Grupo Toyoda em 1902, Kiichiro Toyoda, responsável pela produção de automóveis entre

1936 e 1950 e Eiji Toyoda (3). O sistema *Lean Manufacturing* consiste em aumentar a eficiência e eficácia da produção através da eliminação contínua de desperdícios. Os lotes de produção são pequenos, permitindo uma maior variedade de produtos. Por outro lado, os trabalhadores são polivalentes/flexíveis, ou seja, dominam outras tarefas para além da sua específica e sabem operar mais do que uma máquina. A preocupação com a qualidade do produto é extrema, tendo-se desenvolvido diversas técnicas, simples mas extremamente eficazes, para proporcionar os resultados esperados, como kanban e *poka-yoke*.

O Pensamento Magro, *Lean Thinking*, pode-se definir como uma filosofia operacional ou um sistema de especificar valor. Consiste em estabelecer a melhor sequência de actividades que criam valor, realizar essas actividades sempre que o cliente solicita produtos e produzir de forma mais eficaz, ou seja, fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço). Simultaneamente, tem-se que desenvolver esforços no sentido de oferecer aos clientes exactamente o que eles desejam no tempo pretendido. Esta filosofia torna o trabalho mais satisfatório, oferecendo feedback sobre a transformação de desperdícios em valor. É uma forma de criar novos trabalhos e não de simplesmente reduzir empregos em nome da eficiência. Mas, trabalhos que efectivamente agregam valor, eliminando-se desperdícios.

A filosofia *Lean* deve necessariamente ser aplicada em todas as áreas funcionais da empresa, desde as vendas às compras, passando pelas áreas financeiras e de recursos humanos, de modo a identificar onde existe maior desperdício e oferecendo

oportunidades de melhoria com impactos substanciais nos resultados do negócio.

2. Principais conceitos e definições

O *Lean Thinking* baseia-se em actividades básicas que identificam tudo o que é desperdício e que é valor. Os conceitos de desperdício e valor estão descritos nos capítulos seguintes.

Os princípios envolvem a criação de fluxos contínuos, sistemas de produção *pull* baseados nas encomendas dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor (desde as matérias-primas até os produtos acabados) e o desenvolvimento de produtos que efectivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

Para uma implementação eficaz da filosofia *Lean* é então, necessário perceber o conceito de desperdício e os princípios básicos.

2.1. Definição de Desperdício

O desperdício é definido como uma actividade realizada que absorve recursos e que não acrescenta valor. Estas actividades, que julgamos úteis mas que não representam nada junto do Cliente ou das restantes partes da organização são chamadas "muda" pelos japoneses.

É necessário observar e analisar o ambiente em que se trabalha pois a maior parte dos desperdícios são muito evidentes e fáceis de identificar. É normal deparar-se com movimentos repetidos que não acrescentam valor mas que não são questionados

porque se fez sempre assim..., com papeis que circulam de mesa para mesa para serem tratados só por metade dos colaboradores. Muitas vezes uma pequena alteração na colocação das peças ou uma melhor organização do trabalho faz diminuir os tempos de produção. Estas mudanças exigem normalmente a utilização de ferramentas, mas um dos aspectos mais importante é a mudança cultural.

Os sete "muda" mais conhecidos foram identificados por Shingo em 1981 (2).

2.1.1. Produção em excesso

Um dos mais graves desperdícios é produzir mais do que é necessário. A produção antecipada gera os seguintes problemas e restrições no processo produtivo:

- antecipação de compras de peças e materiais;
- aumento dos stocks;
- ocorrências de defeitos:
    - atrasa a detecção defeitos de qualidade (obriga a situações de triagem e retrabalho sobre as peças não-conformes);
- dá origem a várias actividades desnecessárias (manusear, transportar, inventariar, ...).

As causas mais comuns deste tipo de desperdício são as seguintes:

- produção de grandes lotes (normalmente calculado com base na quantidade económica, em que se equilibra o pressuposto custo de *setup* e custo de posse);
- necessidade de rentabilizar transportes e tempos de *setups*;

- antecipação da produção;
- criação de stocks de segurança para compensar atrasos nas entregas ou avarias nos equipamentos.

Para ajustar a produção à procura é necessário implementar métodos de produção *Lean,* tais como: trabalho programado, postos de trabalho balanceados, fluxo contínuo, produção *pull,* a produção nivelada, mudança rápida de ferramentas (SMED). Estes métodos estão descritos nos capítulos seguintes.

2.1.2. Tempo de espera

Um outro desperdício consiste em materiais, pessoas, ou equipamentos à espera de algo.

As principais causas deste tipo de desperdício são as seguintes:

- fluxo obstruído;
- problemas de *layout*;
- problemas de entregas de fornecedores (internos ou externos);
- capacidade não balanceada.

Para eliminar este problema é necessário:

- nivelar a produção;
- estabelecer um *layout* específico por produto;
- garantir mudanças rápidas de ferramentas;
- melhorar a coordenação entre as diferentes áreas de trabalho.

2.1.3. Transporte e Movimentação

O transporte de materiais ou a movimentação de pessoas fazem aumentar o espaço necessário, o tempo de fabricação e por vezes podem provocar não-conformidades nos produtos.

Para se diminuir os transportes e movimentações é necessário redesenhar o *layout* de forma a que a distâncias entre as várias etapas de processamento sejam minimizadas.

2.1.4. Desperdício do próprio processo

A existência de etapas ou operações do processo que não acrescentam valor ao produto traduz-se em desperdício. As causas mais comuns deste desperdício são:

- instruções de trabalho pouco claras;
- requisitos dos clientes não definidos;
- especificações da qualidade mais exigentes do que o necessário.

2.1.5. Stock

Qualquer material ou produto em quantidade superior ao necessário para o processo é considerado um desperdício. A existência de stocks faz aumentar o espaço físico necessário, limitando o espaço existente, para além do aumento de custos de imobilizados (armazéns, taxas sobre activos, seguros, etc.).

2.1.6. Produtos Defeituosos

Todos os produtos com problemas de qualidade implicam desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenamento de produtos defeituosos. As

principais causas para o aparecimento das peças não-conformes são:

- ênfase na inspecção de fim de linha;
- ausência de normas de inspecção;
- falhas humanas;
- transporte e movimentação de materiais;
- ausência de procedimentos nas operações de fabrico.

Para eliminar este tipo de desperdício pode-se:

- implementar operações padrão;
- criar dispositivos de detecção de erros;
- produzir em fluxo contínuo;
- eliminar a necessidade de transporte de peças;
- automatizar processos.

2.1.7. Movimentação ou trabalho desnecessário

Muitos dos movimentos que as pessoas fazem não são realmente necessários. O trabalho resulta apenas do movimento que faz criar valor ao produto. Todos os movimentos que não criam valor são desperdícios. Torna-se então necessário procurar a economia e consistência dos movimentos através do estudo de métodos e tempos do trabalho.

2.2. Princípios *Lean*

Womack e Jones apresentaram pela primeira vez, em 1996, os princípios do "*Lean Thinking*" (3):

1. definir valor
2. mapear o fluxo de valor
3. optimizar os fluxos de valor

4. implementar o sistema *pull*
5. procurar a perfeição

Estes cinco princípios devem ser seguidos na ordem apresentada como se tratasse de um *roadmap* de implementação do *Lean Manufacturing*.

2.2.1. Valor

O ponto de partida essencial para o *Lean Thinking* é estabelecer aquilo que é Valor. Este conceito pode ser definido na perspectiva do cliente final, apesar de ser criado pelo produtor. Do ponto de vista do cliente é para isso que o produtor existe. No entanto, nem sempre é fácil identificar clara e objectivamente o que é que o cliente pretende (necessidades e expectativas) e está disposto a pagar.

2.2.2. Mapear o fluxo

Mapear o fluxo de valor consiste em esquematizar de forma sequencial o conjunto de todas as operações/processos específicos para produzir um produto ou serviço. Ao identificar este fluxo vão aparecer maioritariamente três tipos de actividades:

- actividades que acrescentam valor; por exemplo: abrir uma rosca num componente, dobrar um tubo;
- actividades que não acrescentam valor, mas que são necessárias; por exemplo: montar uma ferramenta num equipamento ou fazer uma inspecção de qualidade;
- actividades que não acrescentam valor; por exemplo: avarias de equipamento, erros diversos.

2.2.3. Optimizar os fluxos

Depois de mapear o fluxo de valor é necessário eliminar qualquer actividade que não acrescente valor ao processo, de modo a tornar os fluxos mais eficientes.

2.2.4. Sistema *pull*

Implementar um sistema *pull* consiste em produzir apenas aquilo que é necessário e quando necessário numa lógica de *just-in-time*. Neste sistema evita-se a formação de stocks de produtos mas tendo sempre como objectivo o fornecimento ao cliente na quantidade e no prazo desejados.

2.2.5. Procurar a perfeição

Este princípio baseia-se no compromisso de procurar continuamente os meios para acrescentar valor e eliminar desperdícios. Procurar a perfeição requer uma atitude de permanente de insatisfação com vista à melhoria contínua.

3. Métodos e Ferramentas *Lean*

Para implementar a filosofia *Lean* é necessário a utilização de métodos e ferramentas de gestão que estão orientados para a redução das perdas, aumentando a eficiência do sistema e reduzindo custos. As ferramentas devem ser aplicadas conforme o *roadmap* traçado, devendo-se começar com ferramentas de análise, depois de implementação e por fim de manutenção.

De um modo geral as ferramentas são simples mas eficazes. De destacar o Kanban, que depois ser implementado é de fácil compreensão (o operador sabe que quando tem cartão produz,

quando não tem não produz). Outra ferramenta simples são os sistemas de alerta *poka-yoke*. Existem ferramentas mais complexas e difíceis de implementar, no entanto facilitam muito o trabalho. O SMED é um exemplo destes: construir sistemas de mudança rápida de ferramentas requer tempo e engenharia, mas depois de implementado, simplifica o trabalho do operador.

Refira-se que numa pequena empresa não é fácil implementar e utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo, pois a disponibilidade dos colaboradores é limitada e, por outro lado, nem sempre são muito bem aceites pelos operadores. Mais uma vez, e como já foi referido é muito importante a mudança cultural e participação de todos para que as ferramentas *Lean* tenham sucesso.

3.1. VSM -*Value Stream mapping*

O VSM, traduzido para português Mapeamento da Cadeia de Valor, é um método que consiste em identificar todas as actividades necessárias para produzir um produto ou serviço de modo a desenhar todo o fluxo da cadeia produtiva desde o fornecimento das matérias-primas até a entrega do produto ao cliente. Esta ferramenta permite identificar os desperdícios e consequentemente eliminar as suas fontes através da implementação de acções de melhoria.

O VSM é uma ferramenta essencial para analisar o estado actual dos fluxos antes de começar a implementar a filosofia *Lean*

3.2. Gestão visual

A gestão visual é uma forma de comunicação e compreendida facilmente por todos. Exemplos de gestão visual são os quadros de programação da linha/célula, as marcações no espaço para colocar objectos no local correcto ou a utilização de cores para identificar contentores que contêm diferentes tipos de peças.

A gestão visual permite melhorar a informação sobre o processo produtivo, instruções de manutenção ou actividades básicas dos processos (4). As grandes vantagens da gestão visual são:

- facilidade de interpretar a informação;
- permite uma resposta rápida aos problemas;
- facilita a comunicação entre as equipas de trabalho;
- permite atribuir maior autonomia aos operadores;
- contribui para a redução de erros;
- contribui para melhorar o ambiente de trabalho.

3.3. 5S - Organização do local de trabalho

A metodologia 5S consiste em simplificar o local de trabalho, reduzir o desperdício, eliminar as actividades que não acrescentam valor, aumentar a segurança e obter um nível superior de qualidade e eficiência. A designação 5S deve-se às cinco etapas que devem ser seguidas:

- **Seiri – Organização**

  Tem como objectivo:

  - garantir que os equipamentos, ferramentas e materiais estão onde realmente são precisos;

- classificar os itens de acordo com a frequência de utilização;
- remover todos os itens desnecessários;
- identificar causas de desorganização.

- **Seiton – Arrumação**

Esta etapa visa:

- ordenar e identificar os objectos necessários para que qualquer pessoa os possa localizar facilmente, simplificando-se o trabalho;
- identificar todas as áreas com ajudas visuais, tais como: linhas, etiquetas, códigos de cor, etc.

- **Seiso – Limpeza**

Tem como alvo:

- eliminar as causas de lixo;
- aumentar a eficácia da limpeza do local de trabalho incluindo os equipamentos.

- **Seiketsu – Normalizar**

O propósito desta etapa é manter os três primeiros passos implementados através da criação de regras e procedimentos, garantindo que:

- não há itens desnecessários;
- os itens estão nos locais correctos;
- o estado de limpeza é mantido.

- **Shitsuke – Disciplina**

Esta etapa visa:

- eliminar a variabilidade, ou seja, conseguir o empenho total das pessoas para procederem sempre de acordo com os procedimentos estabelecidos anteriormente;
- aplicar e aperfeiçoar as normas de organização/ arrumação/ limpeza;

- fazer cumprir as normas através de treino, empenho e disciplina;
- fazer dos 5S um hábito e um modo de vida.

As vantagens da utilização desta ferramenta são evidentes, de destacar a simplificação do trabalho, maior motivação e produtos e serviços com mais qualidade com consequência positiva ao nível do Cliente. Pode-se concluir que a aplicação dos 5S contribui para o aumento da produtividade num local de trabalho mais agradável e seguro.

3.4. Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa etiqueta/cartão/marca. O funcionamento do sistema kanban baseia-se na sinalização dos fluxo de produção com cartões que identificam a referência do produto, quantidade a produzir e a sequência de operações.

O kanban surgiu devido à necessidade de existir um sistema de informação que permitisse transmitir a informação das necessidades de material das operações a jusante para as operação a montante do processo produtivo. Num sistema *pull,* as actividades de uma determinada operação iniciam-se apenas na sequência de um pedido ou ordem do cliente.

Os objectivos da ferramenta kanban são:

- regular o volume de produção dos diferentes postos de trabalho de acordo com as flutuações da procura;
- reduzir o stock em curso;

- produzir a quantidade solicitada e no momento em que é solicitada (reposição baseada no consumo/pedido);
- manter um fluxo contínuo de produção;
- controlar visualmente o fluxo ao longo da cadeia de valor

As informações que constam nos cartões Kanban variam de empresa para empresa, no entanto existem dados que são indispensáveis:

- referência da peça a ser fabricada;
- quantidade a produzir;
- designação do posto fornecedor;
- designação do posto cliente.

Para determinar o número de contentores Kanban, não existe propriamente uma regra. Na maior parte das empresas, começa-se, em geral, por um número elevado sem que haja uma quebra de fluxo. Porém pode-se utilizar a seguinte fórmula para calcular o número de cartões:

$$\text{N.º} = \frac{\text{consumo médio x Lead Time + stock de segurança}}{\text{número de peças existentes do contentor.}} \quad (5)$$

Estes contentores não podem ser deslocados sem um cartão kanban e todos devem conter o mesmo número de componentes. Para além destas regras, de referir que apenas os produtos conformes é que podem seguir na cadeia de valor.

O sistema kanban apresenta as seguintes vantagens:

- baixo custo associado ao sistema de informação;
- não necessita de sistemas informáticos complexos;

- maior interligação dos postos de trabalho no que se refere aos fluxos materiais e informação;
- maior delegação de responsabilidades aos operadores;
- *lead times* mais reduzidos;
- diminuição de stocks (consequentemente maior libertação de espaço, inventário mais fácil e menos custos).

No entanto a aplicação deste sistema apresenta algumas desvantagens, de destacar:

- a necessidade de planos de produção estáveis; o surgimento de uma procura não planeada causa interferências nos fluxos;
- não permite grande variabilidade, o que quer dizer que tempos de paragem imprevistos e prolongados podem afectar os fluxos;
- é afectado pelo aparecimento de peças não conformes.

3.5. Takt time

Takt time é uma palavra alemã que significa batuta. O *takt time* define a cadência a que se deve produzir baseada na taxa de vendas. Se a procura aumenta, o *takt time* terá de diminui e vice-versa (6). É calculado do seguinte modo:

Takt time = tempo de trabalho disponível/ procura do cliente (7)

As vantagens da implementação do *takt time* são as seguintes:

- eliminar o desperdício da sobreprodução;

- permite uma programação precisa por parte do planeamento;
- permite sincronizar a produção com a procura dos produtos;
- constitui a base para a medição do desempenho;
- ritmo de produção mais estável;
- permite dimensionar as células de produção;
- reduz o trabalho em curso.

3.6. *Heijunka* – Nivelamento

O grande objectivo da ferramenta *Heijunka* é nivelar o volume de produção, o mix de produtos e o tempo de produção (8). Através desta ferramenta de programação da produção consegue-se implementar um fluxo contínuo de acordo com o *takt time* previamente definido e produzir nem mais nem menos da quantidade solicitada.

Refira-se que com a produção de lotes mais pequenos e a uniformização dos processos, consegue-se identificar mais facilmente os problemas e consequentemente a forma de os eliminar. Com esta programação torna-se possível reduzir os stocks, o espaço necessário e os tempos de espera.

3.7. Produção celular (em fluxo contínuo)

A produção celular consiste em juntar num local específico um grupo de operações concebidas para produzir um produto ou família de produtos de uma forma flexível. O movimento de materiais segue a lógica dos fluxos e faz-se em lotes pequenos.

Para implementar este método é aconselhável que:

- As células de produção sejam em U
- Todas as operações necessárias para produzir um componente ou montar um subconjunto são realizadas muito próximo umas das outras

Para que este sistema funcione em pleno é necessário garantir previamente a flexibilidade e polivalência dos colaboradores.

3.8. Poka-yoke

O *poka-yoke* é um método, desenvolvido por Shigo Shingo, (9) que visa dotar os processos de fabrico com dispositivos de controlo capazes de eliminar as causas de erro (evitando a sua recorrência) ou detectar os erros à medida que acontecem de forma a prevenir que as peças não-conformes sigam no fluxo de fabrico.

Assim sendo, o *poka-yoke* permite:

- eliminar os problemas causados por erros;
- assegurar a qualidade esperada pelo cliente;
- reduzir o retrabalho e os custos associados;
- prevenir danos nos equipamentos.

3.9. TPM – *Total productive maintenance*

O TPM (*Total Productive Maintenance)* é um processo que visa o compromisso e envolvimento de todos em actividades de manutenção produtiva, tendo em vista reduzir as avarias dos

equipamentos, contribuindo para melhorar a qualidade e produtividade.

O TPM tem um efeito directo na eficácia global dos equipamentos (OEE) porque dirige os esforços para a eliminação das "seis grandes perdas" dos equipamentos com consequência ao nível da disponibilidade, cadência ou qualidade:

- falha/ avaria do equipamento;
- perdas de tempo para mudança e ajustes (*setup*);
- esperas ou pequenas paragens devido a outras etapas do processo (a montante ou a jusante);
- redução de cadência;
- defeitos no processo;
- perdas no início da produção.

3.10. Trabalho padronizado

O princípio do trabalho padronizado é documentar e normalizar as tarefas ao longo da cadeia de valor. Normalmente são desenvolvidos dois tipos de documentos:

- instruções de fabrico - específicos para um determinado trabalho, podem conter o desenho da peça, referência, lista de materiais, ferramentas usadas, ...;
- procedimentos operacionais – especificam o modo de realizar as actividades gerais da empresa, como por exemplo, a recepção de matéria-prima, o que fazer quando se detecta material não-conforme, ...

A implementação do trabalho padronizado permite:

- aumentar a eficácia da formação e treino dos operadores;
- suportar a melhoria dos processos e produtos;
- reduzir a variabilidade da qualidade do produto;
- reduzir os custos da formação dos colaboradores novos.

3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies)*

O objectivo do SMED é a racionalização do trabalho de preparação de um determinado equipamento. Os passos a desenvolver consistem em:

1. analisar a situação actual – efectuar o levantamento de todas as tarefas e tempos associados;
2. separar as operações internas (montagem e desmontagem realizadas com a máquina parada) e externas (operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, por exemplo o transporte de ferramentas) – organizar o trabalho de tal forma que as operações externas sejam realizadas antes da paragem do equipamento;
3. transformar as operações internas (equipamento parado) em externas (equipamento a funcionar) – fazer a transformação através de alterações do equipamento ou procedimentos;
4. reduzir a extensão das tarefas internas (realizá-las em paralelo ou demorar menos tempo na sua realização);
5. reduzir a extensão das tarefas externas – demorar menos tempo a realizar as tarefas de preparação .

A utilização do SMED contribui para aumentar a flexibilidade e a rapidez de resposta às variações da procura e permite a redução de lotes, pois o tempo de mudança de ferramenta é reduzido. Permite também aumentar a disponibilidade e a capacidade de produção e, por último, a redução de stocks.

3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act)*

O PDCA foi modelizado por Shewhart, em meados na década de 20, sendo divulgado e efectivamente aplicado, mais tarde, por Deming.

O Ciclo de melhoria contínua, denominado por PDCA é centrado na resolução de problemas, identificação das causas e na procura da melhor solução. Segundo Deming é composto pelas seguintes etapas:

- **Plan** (planear) - definir as metas a alcançar e o método para o conseguir.
- **Do** (executar) – executar as tarefas exactamente como previsto na etapa de planeamento;
- **Check** (verificar) - verificar se o que foi feito está conforme o planeado, ou seja, se os objectivos foram alcançados, através da aplicação do método definido.
- **Act** (actuar) - caso sejam identificados desvios, é necessário definir e implementar soluções que eliminem as suas causas. Também é sempre possível melhorar identificando potenciais fontes de variação, causas e soluções.

O PDCA pode ser aplicado na realização de qualquer actividade da organização. Idealmente todos deveriam utilizar esta ferramenta de gestão na realização das suas actividades diárias.

3.13. Jidoka

A palavra *Jidoka*, em japonês, significa automação, mas é um termo conhecido como "automação com características humanas". O objectivo central desta ferramenta é impedir a propagação de defeitos e eliminar qualquer anomalia no processamento e fluxo de produção. Quando o processo é interrompido o problema torna-se visível ao operador, aos seus colegas e à sua supervisão. O *Jidoka* usa os mecanismos *poka-yoke*.

As vantagens do uso do Jidoka são:

- melhoria da produtividade – melhor utilização dos recursos;
- melhoria da qualidade – os erros de qualidade são diminuídos;
- redução do stock - conseguido pela eliminação de stocks intermédios entre as operações;
- redução do *lead time* - com a eliminação dos tempos de espera entre operações e pela cadência da movimentação dos materiais.

3.14. Envolvimento dos Colaboradores

É decisivo para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* o envolvimento e a contribuição de todos, desde os

elementos da administração da empresa até aos operadores de máquina.

Cap II - Contexto do Projecto

1. Motivação para o estudo e objectivos

O presente relatório descreve o projecto realizado na área de Planeamento e Gestão da Produção da empresa Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas, S.A, entre 25 de Fevereiro de 2008 e 30 de Junho de 2009. O projecto foi realizado no âmbito de um projecto mais alargado intitulado "Emagrecer" e que teve como objectivo a aplicação da filosofia *Lean* na empresa. Este projecto contou com a colaboração de uma equipa de colaboradores de diferentes áreas funcionais da Ciclo Fapril.

A crise económica que se tem vivido em todo mundo tem provocado uma grande preocupação com a redução de custos/desperdícios em vista à melhoria do desempenho da organização conseguindo assim continuar a competir no mercado. Foi neste contexto que surgiu o projecto "Emagrecer". O projecto teve também o propósito de mudar a mentalidade dos colaboradores, muito voltada para dentro da empresa/produto, visando a satisfação total do cliente.

Embora a filosofia *Lean* possa parece simples e óbvia (e efectivamente é), a experiência tem mostrado que são poucas as empresas que conseguem replicar o sucesso da Toyota. A razão é simples, mas não é fácil de ultrapassar, exigindo uma mudança radical na mentalidade, valores e disciplina. A introdução de algumas ferramentas isoladamente não significa sucesso na implementação, tornando este projecto num grande desafio para a empresa.

Os principais problemas com que a Ciclo Fapril se tem deparado são os seguintes:

- **stock excessivo** - existe uma grande quantidade de stock nos armazéns porque se produziram quantidades de produtos que os clientes deixaram de pedir ou mais rápido do que era necessário; stocks elevados requerem maior espaço de armazém e dificultam a gestão dos contentores dentro do mesmo; assim, estabeleceu-se como objectivo baixar o stock médio de 20 dias para 5 dias (equivalente a uma semana).
- **logística interna** – alguns componentes são deslocados desnecessariamente entre postos de trabalho, consequentemente os empilhadores são constantemente requisitados, existindo uma procura constante de contentores; estabeleceu-se como objectivo reduzir as distâncias através da alteração de *layout*.
- **desperdício do próprio processo** – nem sempre os requisitos do cliente são bem traduzidos internamente, consequentemente executam-se operações que o cliente não valoriza, por exemplo, polir demasiado uma peça quando o cliente só quer que não apareçam pingos de soldadura.
- **excesso de produção** - produzir para além daquilo que é necessário para uso imediato; normalmente a falta de definição de prioridades levam a produzir o que não é necessário para aquele momento, atrasando as encomendas que deveriam ser produzidas; não há um planeamento detalhado das máquinas.

O grande objectivo deste projecto foi, então, eliminar ou reduzir os problemas acima referidos, ou seja, eliminar desperdícios.

2. Descrição da Empresa

2.1. História e actividade da empresa

Fundada em 1965 por António Serafim Soares de Almeida, a empresa inicialmente denominada **Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ltª,** começou a laborar com seis empregados, para além dos três sócios.

Os produtos fabricados eram exclusivamente componentes (eixos para jogos pedaleiros) para veículos de duas rodas, sendo o principal cliente a S.I.S Sachs e o principal fornecedor a empresa F.Ramada. Em 1968 a empresa altera a sua denominação para **Ciclo-Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ldª**, passando a produzir jogos pedaleiros para bicicletas. Em 1992 é transformada em sociedade anónima, sem perder o seu carácter familiar e adopta a denominação de **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**.

Actualmente a **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**. actua no mercado da subcontratação de peças metálicas, produzindo componentes obtidos por corte, estampagem e/ou soldadura, 85% dos quais são destinados ao mercado externo (dados de 2006).

Dentre os principais clientes da empresa destacam-se a Yamaha, Peugeot, Derbi (sector de motociclismo) e Hill-Rom (sector hospitalar).

Na figura 1 pode-se observar um dos produtos (quadro de motorizada) fabricados na Ciclo Fapril.

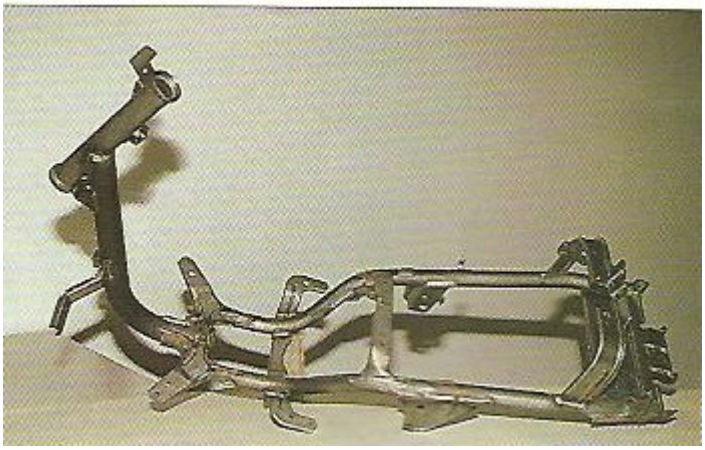

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril

A Ciclo Fapril dispõe de um parque de máquinas e equipamentos adequados ao corte, deformação, soldadura, e revestimentos de superfície de tubos, chapas e varões. Em Fevereiro de 2009 a Ciclo Fapril tinha 150 colaboradores e funcionava a dois turnos, cinco dias por semana.

A Ciclo Fapril possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado segundo a norma NP EN ISO 9001:2000.

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril

1. Introdução

A implementação do *Lean Manufacturing* na Ciclo Fapril, começou pela constituição de uma equipa de dez pessoas de diferentes sectores da empresa. A seguir escolheu-se um produto de classe A (produto com um elevado custo de stock) que tivesse encomendas regulares e um tempo de vida longa.

Após a escolha do produto, fez-se um levantamento do seu fluxo e estudaram-se todos os processos de forma a diminuir os seus desperdícios através da aplicação das ferramentas *Lean*. O projecto foi realizado em etapas e sofreu alterações pontuais de acordo com as necessidades.

A equipa passou a reunir semanalmente para discutir ideias sobre as eventuais mudanças que deveriam ser realizadas e decidir sobre as acções a implementar. Em todas as reuniões registou-se a lista de medidas e acções correctivas assim como os respectivos responsáveis. Foi criado um documento digital com os planos de acção para facilitar a monitorização do projecto. A figura 2 mostra uma parte desse documento. Como se pode observar, o documento descreve os problemas surgidos, as datas previstas para a realização das acções a desenvolver e os responsáveis. Por exemplo, um dos problemas era os operadores queixarem-se dos bancos; a medida tomada foi procurar um tipo de banco mais confortável até ao dia 12 de Fevereiro de 2009; ficando responsáveis por esta medida a Catarina, a Célia e a Eliana.

CLIENTE / FORNECEDOR	CARACT. NORMAL / CRITICA (C/C) / REGULAMENT.(S/C)	DESIGNAÇÃO DO PROBLEMA / ASSUNTO	ACÇÕES A DESENVOLVER (AP) - PREVENTIVAS / (AC) - CORRECTIVAS / (C) - CORRECÇÕES	DATA PREVISTA	RESPONSÁVEL	COLABORAÇÃO	RESULTADO DAS ACÇÕES	CONCLUÍDO	DATA de Termino	COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
ALLEVARD	NORMAL	OS UTILIZADORES DOS BANCOS NÃO SE SENTEM CONFORTAVÉIS.	(AC) - EXPERIMENTAR OUTRO TIPO DE BANCOS	12-02-2009	CATARINA / CÉLIA	ELIANA		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	AS BANCADAS QUE COLOCAMOS NA LINHA ALLEVARD TEM ASPECTO MAL E AS PESSOAS NÃO TRABALHAM COM EFICIENCIA	(AC) - DESENHAR E CONSTRUIR UMA BANCADA PARA AUMENTAR EFICIENCIA NO LOCAL DO TRABALHO.	26-02-2009	CATARINA			NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	FALTA PROCEDIMENTO PARA SUBCONTRATAÇÃO	(AP) - DEFINIR/EXPLICAR COM ELECTROFER COMO VAMOS PROCEDER	12-02-2009	CÉLIA	EMIRE		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	QUANTIDADE DE KANBAN NÃO COINCIDE COM QUANTIDADE DE PEDIDOS DO CLIENTE	(AC) - ACERTAR A QUANTIDADE POR MULTIPLOS DE PEDIDO DO CLIENTE / CAIXA E IMPRIMIR NOVAS CARTÕES		BEATRIZ			NÃO		

Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer"

2. Escolha do produto a estudar

Para escolher o produto a estudar foi realizada uma análise ABC. Dos produtos de classe A, escolheu-se um produto com problemas de qualidade no cliente e com encomendas regulares. Trata-se de uma abraçadeira para fixar a barra estabilizadora da direcção de um automóvel. Os problemas de qualidade eram a dimensão da abertura e problemas de soldadura (solda descontínua e aparecimentos de porosidade).

Na figura 3 pode-se observar um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel que incorpora a barra de direcção e a abraçadeira produzida pela Ciclo Fapril.

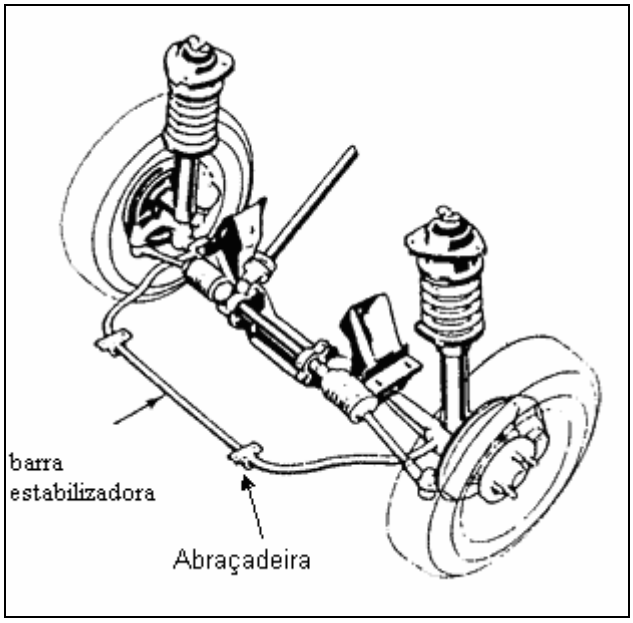

Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel

Esta abraçadeira é constituída pelos 4 componentes assinalados na figura 4.

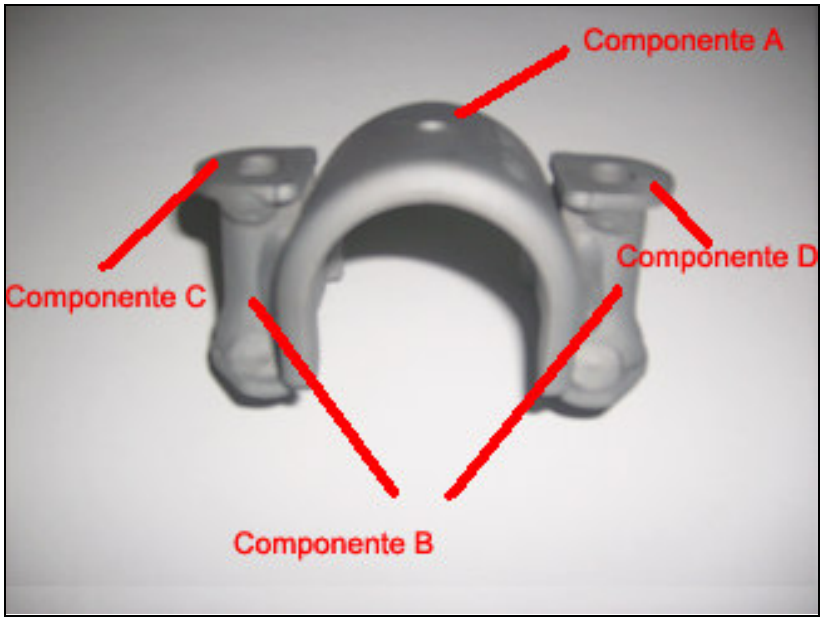

Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel

A abraçadeira é fabricada de acordo com a seguinte gama operatória:

1. Soldar (em robot) por soldadura MIG – na soldadura MIG estabeleceu-se um arco eléctrico entre um fio de metal que é fundido e a peça a soldar;
2. Granalhar – processo que utiliza granalha de aço inoxidável para polimento das peças;
3. Eliminar pingos – com a ajuda de uma talhadeira "raspam-se" os excessos de metal de adição da soldadura;
4. Controlar dimensionalmente com a ajuda de um gabarit e controlar visualmente a superfície;
5. Zincar – operação de revestimento da superfície com zinco realizada no exterior.
6. Embalar – acondicionamento das peças em caixas de cartão.

3. Fluxo de valor

Para realizar o mapeamento do fluxo de valor foi necessário descrever todo o processo de fabrico do produto em análise. Este estudo foi realizado pela equipa formada, tendo-se solicitado, pontualmente, a intervenção de outros colaboradores para o esclarecimento de dúvidas sobre operações específicas.

Esta actividade teve como objectivo identificar os pontos críticos para uma intervenção prioritária. Ao ser realizado este estudo identificou-se, desde logo, uma operação que era feita desnecessariamente. De facto, no início da produção da abraçadeira, o polimento era efectuado na máquina de abrasivos cerâmicos, os quais ficavam muitas vezes presos na peça.

Consequentemente, esta operação era realizada com um controlo a 100% para verificação da existência de abrasivos na peça. Durante o controlo era feita uma marca com um pincel para assinalar as peças verificadas. Com a alteração do referido equipamento para uma máquina de granalhar, a operação de inspecção manteve-se. Com o mapeamento de fluxos apercebeu-se que actualmente esta operação não fazia qualquer sentido, tendo sido eliminada de imediato do processo de fabrico.

Na figura 5 apresenta-se o fluxo relativo à peça em estudo: o cliente envia informação sobre as quantidades pedidas; esta informação é tratada pela Comercial que coloca a informação no sistema informático; em seguida o Planeamento verifica as necessidades e envia a informação para as Compras que efectuam encomendas ao fornecedor com um prazo de 20 dias; depois das peças chegarem passam para o armazém de produtos intermédios até serem enviadas para a Soldadura; depois de soldadas, em média 97% das peças vão para a Granalhagem e 3% são retocadas (e posteriormente são granalhadas); depois da Granalhagem vão para a operação de Retirar pingos, Controlo, Zincagem (no exterior), Embalamento e por último, são carregadas no camião para seguirem para o cliente.

Os Triângulos a vermelho representam tempos de espera; dentro de cada operação, o símbolo representa o número de pessoas, TS – o tempo de *setup*; TC – o tempo de cadência do posto e a TE – a cadência máxima da máquina.

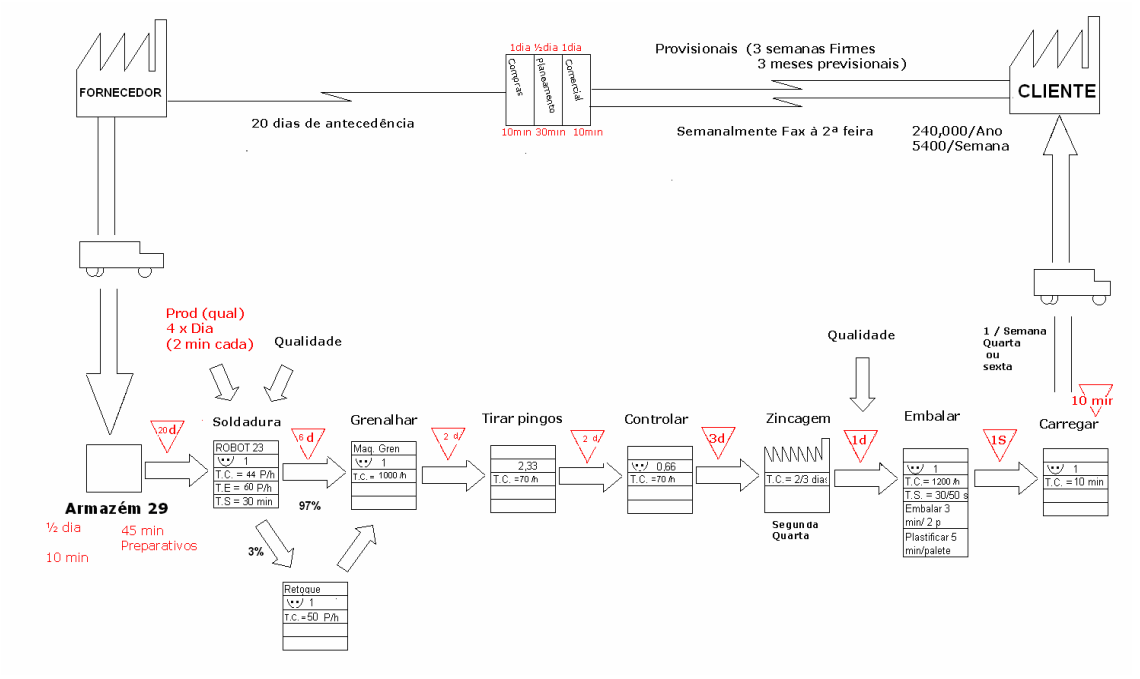

Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo.

As cadências de operações eram as seguintes:

- Soldadura – 44 peças/hora
- Retoque (3% das peças soldadas) – 50 peças/hora
- Granalhagem – 1000 peças /hora
- Retirar pingos – 70 peças/hora
- Controlar peças – 70 peças /hora
- Zincagem – é realizada no exterior (2 a 3 dias)
- Embalamento – 200 peças/hora
- Carregar peças para o camião – 10 peças/hora

Os tempos de espera, entre operações, eram os seguintes:

- Soldadura para a Granalhagem – 54horas
- Granalhagem para Retirar pingos – 18 horas
- Retirar pingos para Controlar – 18 horas
- Controlar para Zincagem – 3 dias

- Zincagem para Embalamento – 1 dia
- Embalamento até carregar o camião para o cliente – 1 semana

4. Layout

Fez-se também um levantamento do percurso das peças durante a realização das operações de fabrico. Na figura 8 pode-se verificar o percurso no início do projecto.

Ao analisar o fluxo identificaram-se postos de trabalho indevidamente localizados (um robot, a máquina de granalhar e os postos de retirar pingos). Como estes estavam só dedicados ao produto em estudo, alterou-se a localização dos mesmos de forma a reduzir a distância percorrida pelas peças e criando assim uma célula de fabrico. As medidas tomadas foram as seguintes:

- um dos robots foi deslocado para junto de um outro;
- a máquina de granalhar foi colocada no meio dos 2 robots e os postos onde se retiram pingos de soldadura também foram colocados ao lado da máquina de granalhar.

Na figura 6 pode-se observar uma parte do *layout* com as alterações realizadas.

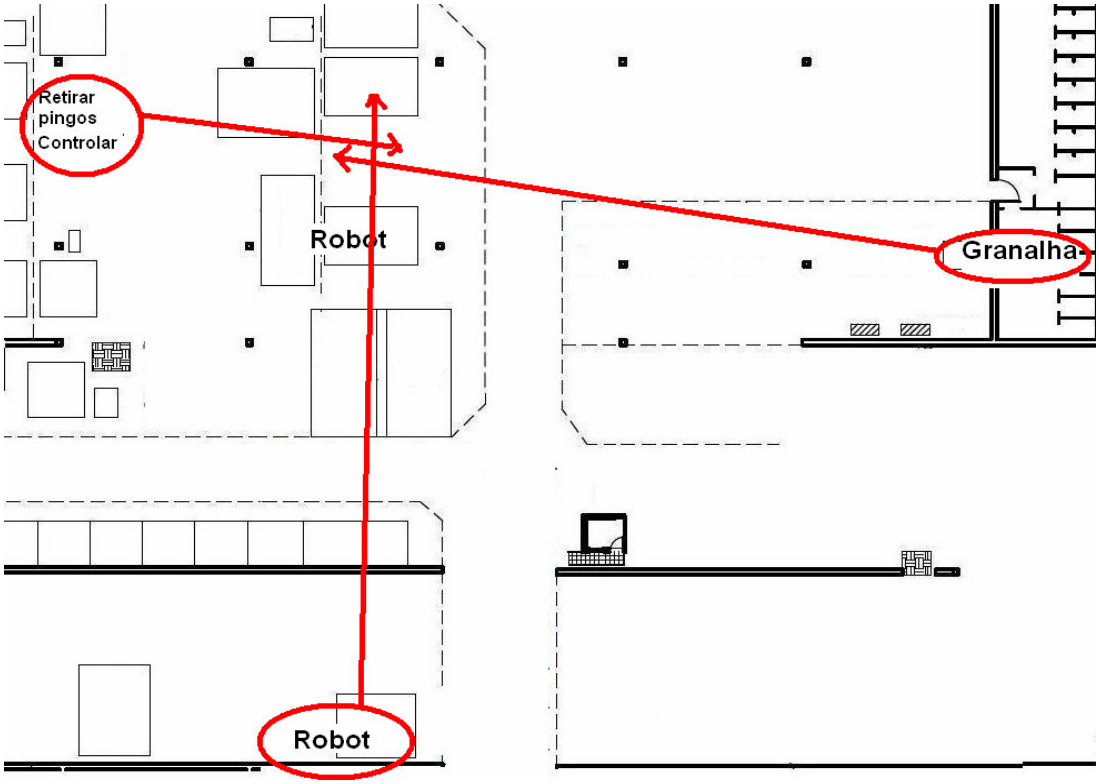

Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar

Estas alterações deram origem a uma redução considerável do tempo de espera e do percurso das peças.

A figura 7 representa as deslocações (em metros) entre os diferentes postos. São descriminadas as deslocações efectuadas por porta-paletes e empilhador. Por exemplo, pode-se observar que as peças correspondentes à primeira linha deslocavam-se 25 metros desde o armazém até ao robot em empilhador, depois de soldadas deslocavam-se em porta-paletes 66 metros até a máquina de grenalhar, e assim sucessivamente.

Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	TOTAL	
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									282	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									288	97%
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	501	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	507	
Arm.	25	Rob. 18	41	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							348	
Arm.	42	Rob. 23	70	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							394	3%
Des. (empilha)			Des. (porta-pal)																	

Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)

A figura 8 representa o fluxo das peças no início do projecto e a figura 9 representa o fluxo actual das peças após a alteração do *layout*.

Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto

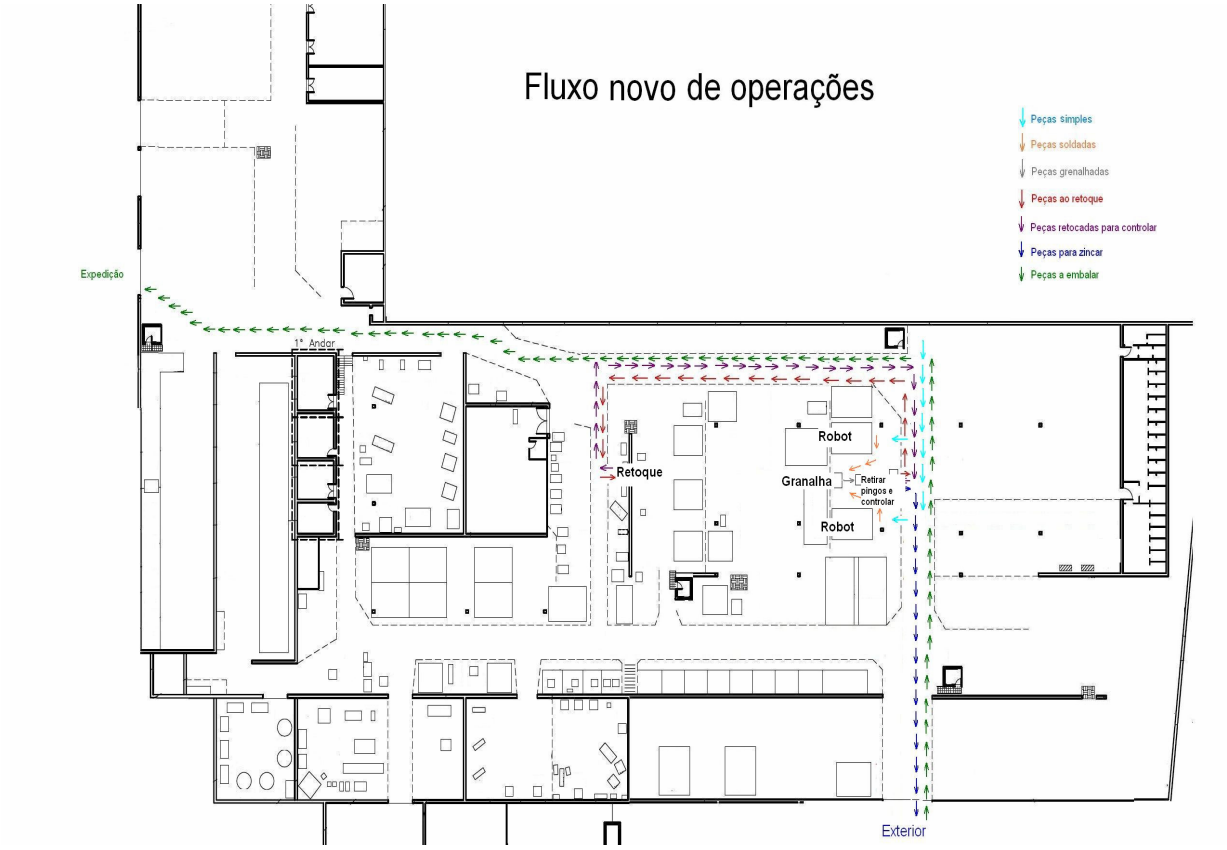

Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout*

5. Análise dos postos de trabalho

5.1. Posto de Soldadura

O programa de robots de soldadura foi analisado de forma a reduzir o tempo de soldadura e a diminuir os pingos de soldadura nas peças. A reprogramação permitiu aumentar o número de peças produzidas por hora e diminuir o tempo dedicado a retirar pingos e a controlar visualmente. Os retoques de soldadura também foram diminuídos.

5.2. Granalhagem

A deslocalização da máquina de granalhar para junto dos robots se soldadura foi possível porque cerca de 90% das peças sujeitas a esta operação são abraçadeiras. Esta média permitiu diminuir uma pessoa nesta operação.

Um outro aspecto estudado foi o número de peças granalhadas por batch, tendo-se testado um aumento de 400 para 500 peças. Como a qualidade (aspecto visual) manteve-se dentro dos requisitos, alterou-se a dimensão do batch para 500 peças. Esta medida foi tomada de forma a rentabilizar melhor a máquina de granalhar.

6. Acondicionamento das peças

Anteriormente ao projecto as peças, após a operação de soldadura, eram acondicionadas em contentores e destes passavam para pequenos contentores plásticos imediatamente antes da máquina de granalhar. Depois desta operação eram novamente acondicionadas em contentores, passando destes para pequenos contentores plásticos antes da operação de retoque. A movimentação dos contentores e dos pequenos contentores plásticos fazia-se por empilhador. Com a aproximação dos postos de trabalho, referido anteriormente no ponto 4, pôde-se uniformizar o acondicionamento das peças em pequenos contentores plásticos.

Os resultados desta acção são difíceis de quantificar. No entanto, considera-se que esta alteração de acondicionamento está reflectida na redução de tempos de espera e no aumento da produtividade conseguida.

7. Análise de Stock

Analisou-se o stock do produto em estudo e verificou-se que havia uma quantidade excessiva de peças em armazém. Muito mais do que se conseguia produzir e do que o cliente pretendia. O stock em armazém era aproximadamente de 20 dias.

A quantidade média pedida pelo cliente era 5400 peças por semana. Assim, estabeleceu-se um stock de segurança de uma semana, ou seja, 5400 peças.

8. Implementação do Kanban

A introdução do Kanban foi decidida numa altura em que baixou o volume de encomendas. Na fabrica, os stocks aumentaram como consequência de não se ajustarem os objectivos de produção às necessidades do cliente. Designadamente na soldadura continuava-se a soldar peças desnecessariamente, fazendo aumentar os stocks de produto acabado.

Foram construídos quadros específicos: as estruturas foram cortadas, soldadas e pintadas internamente; os cartões também foram desenhados, impressos e plastificados na empresa. Pode-se ver na figura 10 um exemplo de um cartão kanban. Este cartão contem a referência da peça, a quantidade a fabricar, a operação de onde a peça se desloca e a operação seguinte.

Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados

Refira-se que a introdução do Kanban na empresa exigiu a formação de todos os colaboradores envolvidos no projecto. Realizou-se uma formação em sala com a duração de 3 horas e posteriormente um acompanhamento pelos responsáveis no terreno.

Com a introdução do kanban o procedimento passou a ser o seguinte:

quando o cliente coloca uma encomenda, o Armazém de produtos acabados envia as peças pedidas e retira o cartão do seu quadro e coloca no quadro da operação de Soldadura. Por sua vez, a Soldadura retira do armazém de produtos intermédios (as paletes necessárias uma de cada vez). Cada palete contem o conjunto de componentes que constituem a peça e está identificada com um cartão que é retirado e colocado no quadro do Armazém de produtos intermédios. A Soldadura envia os contentores pequenos plásticos de peças para a operação de zincagem. Quando é efectuada esta operação os cartões precedentes da Soldadura são colocados no quadro da Zincagem.

Sempre que existem cartões no quadro do Armazém Intermédio é feita uma palete com o conjunto dos componentes necessários e identificados com um cartão. Como se gastaram peças do armazém é necessário efectuar um pedido ao Fornecedor, colocando-se então, um cartão no quadro do fornecedor. Quando o fornecedor entrega as peças necessárias os cartões são retirados do quadro Fornecedor e colocados no quadro do Armazém intermédio.

A figura 11 representa os fluxos de informação e físicos. Nos fluxos de informação os cartões são deslocados de um quadro kanban para outro. Por exemplo, o Armazém quando necessita de peças informa a operação anterior (soldadura), que já enviou peças e por isso será necessário produzir mais peças. No fluxo físico o cartão kanban acompanha as peças até chegar ao seu destino, por exemplo, quando o armazém intermédio envia peças para a Soldadura o cartão Kanban acompanha o contentor até ao destino, sendo nessa altura colocado no quadro da Soldadura.

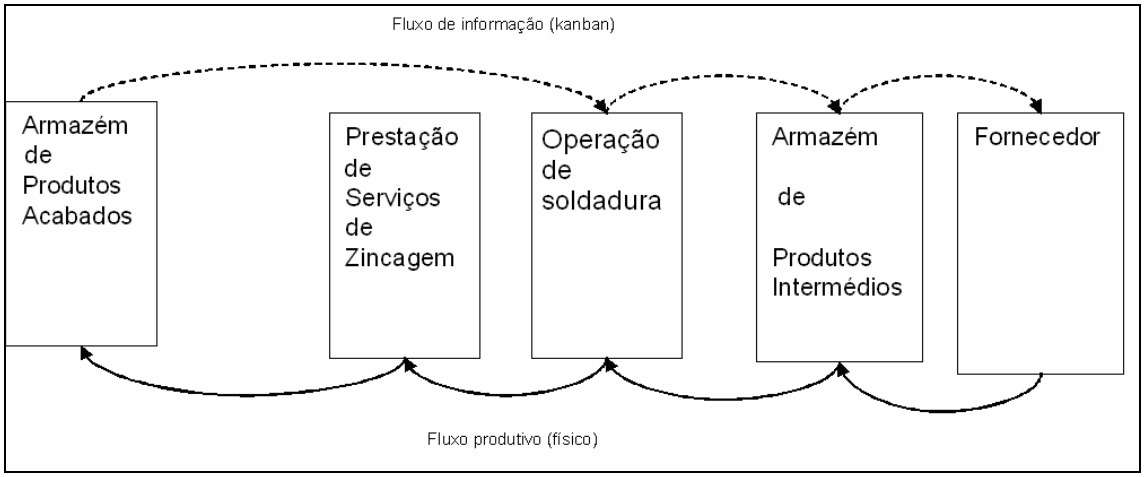

Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos.

9. Estabelecimento do *Takt Time*

Na implementação do Kanban um dos problemas que se coloca é saber o ritmo a que se deve produzir. Será necessário produzir sempre à mesma cadência nos vários turnos? Ou deve-se variar? Para ultrapassar este problema determinou-se o *takt time*. O cálculo deste factor permite saber exactamente a que ritmo é que se deve produzir e consequentemente o número de horas de trabalho.

Foi criado um ficheiro Excel para recolher dados do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning)* da empresa (AS400, SII) através da interface ODBC[1]. O ficheiro criado permite recolher dados de toda a fábrica, ou seja, de todas as peças e de todos os postos de trabalho. Os dados recolhidos são os seguintes:

- stock existente – stock real em armazém;
- peças produzidas nas diferentes operações – registo das quantidades e tempos de produção das peças produzidas;
- encomendas existentes – encomendas dos clientes colocadas no sistema.

É possível calcular o *takt time* com base nas seguintes variáveis:

- referência da peça;
- operação da peça seleccionada;
- horas que se pretende trabalhar em cada turno;
- minutos previstos de paragem por turno para limpezas;

[1] ODBC (acrónimo para *Open Data Base Connectivity*) é uma tecnologia que se utiliza para mover dados de um tipo de base de dados (uma origem de dados) para outra. (10)

- duas datas limite definidas pelo utilizador.

Na figura 12 apresenta-se um exemplo de cálculo no ficheiro construído. Todas as entradas a vermelho podem ser alterados pelo utilizador. Este ficheiro, conforme a referência da peça, altera a informação das operações, o stock existente e as encomendas do cliente. Na figura 12 o *takt time* é calculado para a peça 12491180 e para a operação de soldadura, que vai trabalhar, no turno 1, 10 horas com uma paragem de 15 minutos e no turno 2, 5 horas com uma paragem de 15 minutos. Pode-se observar que o stock é de 3911 peças e que já foram soldadas mais 8771 peças. Para se conseguir entregar as peças ao cliente até 9 de Abril, cada peça deverá ser produzida em 68,80 segundos, mas se a data de entrega for até 23 de Abril pode-se demorar 85,18 segundos. Como o robot tem uma cadência estabilizada, pode-se ajustar o *takt time* alterando-se o número de horas trabalhadas.

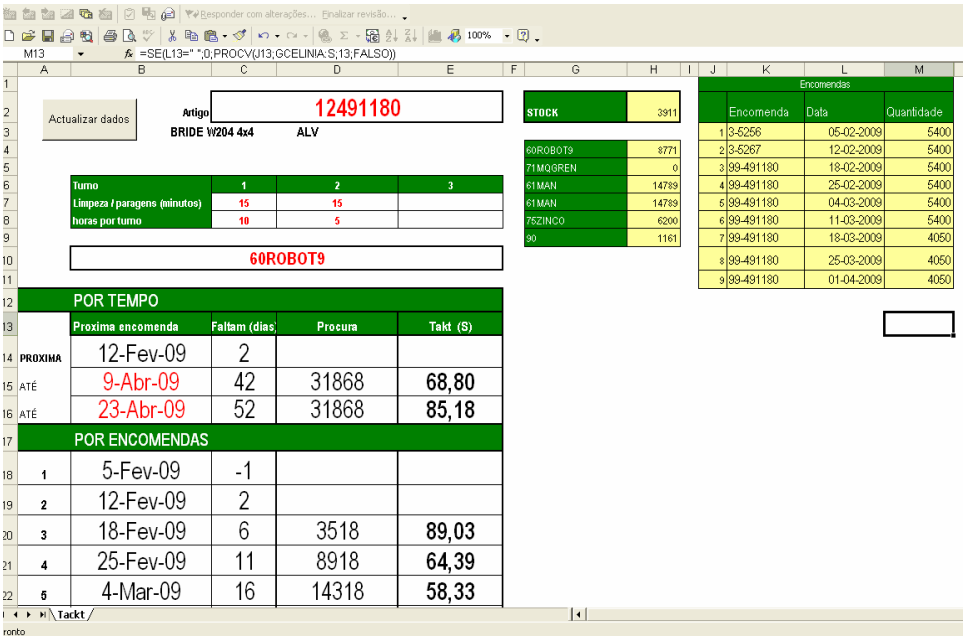

Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação

10. Implementação dos 5S

Os ambientes de trabalho foram estudados e alterados de forma a melhorar o aproveitamento do espaço e obrigatoriamente a sua organização. Os locais para a colocação de peças conformes, não-conformes e para retrabalho foram assinalados, aplicando a metodologia dos 5S.

Os resultados desta actividade são difíceis de quantificar, considera-se, no entanto, que estão reflectidos nos tempos de actividade e nos tempos de espera das operações.

11. Próximos passos

O próximo passo consistirá em criar um posto de trabalho para tirar pingos que facilite a forma de trabalhar dos operadores. O projecto consiste, basicamente, numa nova mesa de trabalho na qual onde as condições de ergonomia serão melhoradas. Faz parte também do projecto a colocação de contadores mecânicos.

Outra alteração será a criação de um posto de retrabalho mais próximo da operação de soldadura.

Pretende-se também que as peças passem a ser embaladas pelos fornecedores de serviço de zincagem. Já foi pedido o referido orçamento. Espera-se com esta alteração a eliminação da operação de embalagem internamente, libertando espaço e pessoas.

Cap IV - Resultados alcançados

A redução de custos conseguida com este projecto deveu-se à aproximação de operações, redução de tempos de espera, redução das distâncias percorridas e redução dos stocks intermédios, como se pode constatar através da comparação dos fluxos de valor antes (figura 5, p.32) e depois das alterações realizadas (figura 13)

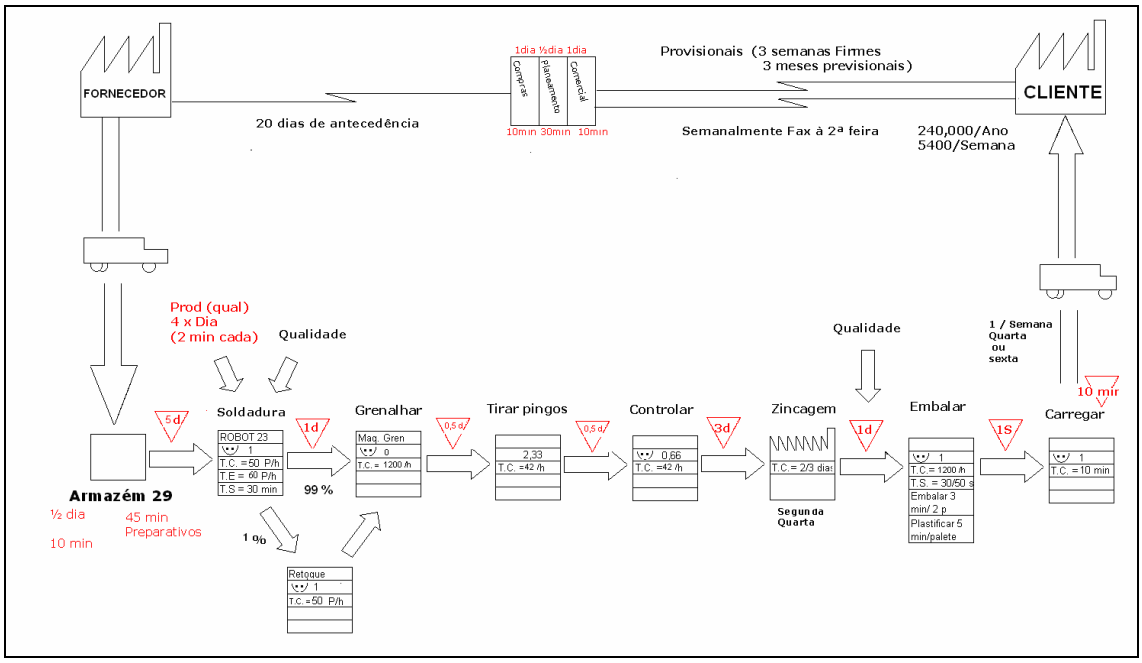

Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo.

1. Cadências

Cada posto de trabalho tem um custo fixo por hora, quando no mesmo tempo se produzem mais peças o custo será menor por peça produzida porque cada peça gasta menos tempo da máquina.

Foi com base neste princípio que se determinou a redução de custos resultante do projecto.

Soldadura – com a optimização do programa de soldadura passou-se de 44 pç/h para 50 pç/h; conseguiu-se um ganho de 6 pç/h, ou seja uma redução de custos de 8,6 € por cada 1000 peças soldadas.

Granalhagem – a preparação de batch maiores e emprego de menos uma pessoa permitiu passar de 1000 pç/h para a 1200 pç/h; conseguiu-se um ganho de 200 pç/h, ou seja uma redução de custos de 11,7 € por cada 1000 peças granalhadas

Eliminação de pingos – diminuiu-se o tempo de operação em consequência da reprogramação do robot; passou-se de 70 pç/h para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 53,3 € por 1000 peças trabalhadas.

Controlo visual – diminuiu-se do tempo de operação em consequência da reprogramação do robot, passou-se de 70 pç/h passando para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 14,8 € por cada 1000 peças controladas

Recuperação das peças – devido à reprogramação do robot as peças a recuperar diminuíram, passando de 3% para 1%, ou seja, conseguiu-se uma redução de custos 3,3 € por cada 1000 peças produzidas.

Embalamento – eliminou-se o controle visual e a pintura das peças controladas, passando-se de 200 pç/h para 1200pç/h;

conseguiu-se uma redução de custos de 25,7 € por cada 1000 peças embaladas.

Globalmente, por cada 1000 peças produzidas, conseguiu-se uma redução de custos de 117,5 €. Considerando um volume de produção médio semanal de 5400 peças, é possível poupar 29818,6€ num ano de produção.

2. Tempos de espera entre operações

Cada peça parada tem um custo de posse calculado pela fórmula:

$$Hanual = Cu \times Tp \times Q/2$$

Em que Hanual é o custo anual, Cu é o custo unitário, Tp é a taxa de posse e Q a quantidade média anual (11). Foi com base nesta fórmula que se calculou a redução de custos relativa aos tempos de espera.

A quantidade média foi calculada com base na produção de peças durante o tempo equivalente ao tempo de espera.

As operações de soldadura e granalhagem ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 54h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 1401 €.

As operações de granalhagem e remoção de pingos ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 18h para 0,5 h, consequentemente a redução de custos anual é de 568,5 €.

As operações de remoção de pingos e controlo visual ficaram mais próximas; o tempos de espera passou de 18h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 399,3 €

O valor total estimado da redução de custos devido à redução dos tempos de espera é de 2369 €/ano.

Refira-se que os tempos de *setup* não foram estudados visto que os robots estão sempre a produzir as mesmas peças.

3. Deslocações de peças

Os valores das deslocações são calculados com base nos custos do empilhador e do porta-paletes. Cada transporte tem um custo por metro deslocado.

Antes do actual projecto a distância percorrida pelo empilhador era de 151m e pelo porta-paletes 138,5m. Com a alteração do *layout* estes valores passaram para 65,1 m e 38,7 m, respectivamente.

A diferença é de 86 m, no caso da movimentação por empilhador (representa uma redução de custos anual de 75,8€) e 99,8 m, no caso da movimentação por porta-paletes (representa uma redução de custos anual de 117,9 €).

O valor da redução de custos anual é de 193,7 €.

4. Stock

O custo das peças em armazém foi calculado pela fórmula da taxa de posse apresentada no ponto 2.

Com este projecto o stock do armazém intermédio passou de 20 dias para 5 dias.

A quantidade média semanal do componente A era 21600 pç e passou para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 300,3 € por ano.

A quantidade média semanal do componente B (com o dobro do consumo), era 43200pç e passou para 10800pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 131,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente C era 21600pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente D era 21600 pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

Refira-se que o stock de produtos finais manteve-se com um valor médio semanal de 5400pç para se assegurar o stock de segurança equivalente a uma semana.

A redução de custos anual por diminuição de stocks foi de 463,9 €.

5. Resultados Globais

As melhorias descritas anteriormente resultaram numa redução de custos anual de 32845€.

Considerando o investimento do projecto (horas-homem dedicadas ao projecto) de 1809 €, resulta um balanço positivo de 31036 €.

Cap V - Considerações finais

O trabalho desenvolvido possibilitou a aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* tendo em consideração a realidade da empresa, conseguindo-se assim atingir os objectivos inicialmente pretendidos.

Houve alguma dificuldade na implementação e interiorização dos novos conceitos *Lean* por parte dos colaboradores. Cite-se, como exemplo, não produzir no caso de não haver cartão Kanban.

Apesar das dificuldades, alguns colaboradores mostraram grande entusiasmo, interesse e dedicação ao projecto, apresentando ideias para melhorar a respectiva secção. Refira-se, como exemplo, as sugestões de alteração de *layout*.

A poupança resultante deste projecto vai ser investido noutros projectos a desenvolver pela equipa do *Lean* da Ciclo Fapril, permitindo assim, a empresa reduzir cada vez mais os seus desperdícios.

Considerando que a divulgação da informação é um factor decisivo para o sucesso deste tipo de projecto, a equipa *Lean* decidiu investir num LCD para que a informação sobre todas as áreas da empresa (técnica, recursos humanos, produção, qualidade) actualizada semanalmente, chegue a todos os colaboradores.

Em jeito de balanço final, pode-se afirmar que os colaboradores perceberam que as mudanças introduzidas trazem benefícios para todos, através da redução dos desperdícios e consequentemente dos custos.

O trabalho descrito neste relatório consiste no primeiro projecto da equipa *Lean*. O objectivo é implementar outros projectos que a Ciclo Fapril já tem neste momento em curso e os novos que surgirão entretanto. É esta ideia de Melhoria Contínua que deverá ser seguida para garantir o sucesso da empresa. Para isso é fundamental manter a monitorização dos resultados para se melhorar cada vez mais e diminuir os custos.

Cap VI - Referências Bibliográficas

(1) Poppendieck, Mary.2002.Principles of Lean Thinking. Poppendieck. LLC.1-7. www.poppendieck.com/. (acedido em 30 de Junho de 2009).

(2) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking, Criar Valor Eliminando desperdício. Comunidade Lean Thinking.1-8. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(3) Pinto, João Paulo. 2006.Gestão de Operações na Industria e nos Serviços. Lisboa: LIDEL, Edições Técnicas.

(4) Pinto, Luiz Fernando Rodrigues Pinto. Sistema de Gestão Visual Aplicada ao TPM – Uma abordagem prática. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de engenharia mecânica, departamento de produção

(5) Alain Courtois; Pellet, Maurice and Martin-Bonnefous, Chantal. 1997. Gestão da Produção. Lisboa: Lidel, Industria & Serviços

(6) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking , glossário de termos e acrónimos.1-9. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(7)Lean Manufacturing Concepts. http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_TAKT.htm (acedido em 30 de Junho de 2009).

(8) Rodrigues, Carlos.2008. Heijunka, Ferramenta Lean Thinking.1-4

(9) Shingo, Shingeo.1996.O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman

(10)Windows. http://www.microsoft.com/portugal/windows/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

(11) Silva, Beatriz Marmelo e. 2003.Gestão de stocks, modelo MRP, MRP II e ERP.Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Outras referências bibliográficas consultadas:

- Gemba Research. http://www.gemba.com/ (acedido em 30 de Junho de 2009)
- Toyota, Equipamento industrial. http://empilhadores.toyota.pt/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

- Arthtur, Jay. 2006.Lean Six sigma, DeMystified, a self-teaching Guide. McGrawHill.
- Domingo, Rosario. 2007. Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. Assemble Automation, 27/2. Emerald Group Publining Limited.27:141-147.
- George, Mike; Rowlands, Dave and Kastle, Bill. 2008.O que é o Lean Six Sigma?". Lisboa: Actual editora.
- Guedes, Maria João SV Guedes and Ribeiro, Laura MM. 2008. Em direcção a uma empresa lean: a mudança necessária, fundição. 4-7.
- Hicks, BJ. 2007. Lean information management: Understanding and eliminating waste. International Journal of Information Mangement.27:233-249.
- Manufacturing. 2007. Lean or flabby?. Lean Overview.86:36-39.
- Ohno, Taiichi.1998.Toyota production System, Beyond large- Scale Production.Portland, Orgon: Productivity Press.
- Warwood, Stephen J and Knowles, Graeme. 2004.An onvestigation into Japanes 5-S practice in UK industry. The TQM Magzine. Emerald Group Publining Limited. 16-5: 347-353.
- Womack, James P and T. Jones. 2005.Lean Solutions:How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones, Daniel.1999. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones; Daniel.1994.From Lean Productions to the Lean Enterprise. HBR.93-104.
- Zijm, W.H.M..1999. Towards intelligent manufacturind planning and control systems. ORSpektrum, Springer-Verlag 2000.22:313-345.

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Implementação de conceitos e práticas de *Lean Manufacturing* na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA

Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes

(Licenciada em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Tese de mestrado realizada sobre a orientação de

Profª. Laura M.M. Ribeiro

Julho de 2009

CANDIDATO	Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes	*Código*	080508001
TÍTULO	Implementação de conceitos e práticas de Lean Manufacturing na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA		
DATA	17 de Setembro de 2009		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Sala C-603- 16h00		

JÚRI	*Presidente*	Professor Doutor Luís Filipe Malheiros Freitas Ferreira	DEMM/FEUP
	Arguente	Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho	DPS/EEUM
	Orientador	Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro	DEMM/FEUP

Agradecimentos

O presente trabalho só foi possível graças ao empenho e à colaboração que várias pessoas e instituições prestaram à sua autora. A todos desejo agradecer de uma forma geral, mas em particular quero expressar o meu reconhecimento e gratidão a alguns.

À Prof.ª Laura Ribeiro, minha orientadora, pelo apoio técnico da matéria abordada.

Ao Eng.º Samuel Santos, meu co-orientador, pelo apoio metodológico e pela atenção prestada ao longo do período de realização.

À administração da Ciclo Fapril, pela oportunidade de poder realizar o projecto numa empresa como a "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA" e pela disponibilização de todos os meios necessários à concretização do mesmo.

A toda a equipa do Projecto "Emagrecer", em particular por todo o apoio técnico e confiança prestada.

A todos os elementos da "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA", pela colaboração prestada.

Resumo

Devido à globalização da economia, à situação económica actual e à forte concorrência, as empresas foram forçadas a reduzir os seus custos através da melhoria dos seus sistemas de gestão. A focalização na redução de desperdícios e na melhoria contínua, utilizando métodos de gestão *Lean* permite gerar altos níveis de valor nos produtos e de satisfação dos clientes.

Esta tese apresenta os conceitos e os princípios da filosofia do *Lean Manufacturing* e o modo como foram implementados na empresa Ciclo Fapril (uma PME da área metalomecânica). A realização da tese teve assim como objectivo analisar e implementar os conceitos do *Lean Manufacturing* através de uma abordagem focalizada na redução do desperdício, conseguindo assim uma poupança nos custos.

Palavras Chave: Lean Manufacturing, Redução de desperdícios, Metalomecânica.

Abstract

Due to economical globalization, the current economical situation and strong competition in the market, the companies are urged to reduce costs by improving their management system. By focusing in waste reduction and continuous improvement using Lean Management methods, high levels of value creation of products and client satisfaction can be achieved.

This thesis presents the concept and the principles of Lean Manufacturing philosophy and how it was implemented in company Ciclo Fapril (a SME in metal works area). Realization of this thesis has the objective of analysing and implementing the

concepts of Lean Manufacturing by an approach focusing in waste reduction, resulting in cost reduction

Key Words: Lean Manufacturing, Waste Reduction, Metalworks SME'S.

Índice

Resumo ..... **I**

Abstract ..... **I**

Cap I - Introdução ao *Lean Manufacturing* **1**

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing* 1
2. Principais conceitos e definições 3
   - 2.1. Definição de Desperdício 3
   - 2.2. Princípios *Lean* 7
3. Métodos e Ferramentas *Lean* 9
   - 3.1. VSM -*Value Stream mapping* 10
   - 3.2. Gestão visual 11
   - 3.3. 5S - Organização do local de trabalho 11
   - 3.4. Kanban 13
   - 3.5. *Takt time* 15
   - 3.6. *Heijunka* – Nivelamento 16
   - 3.7. Produção celular (em fluxo contínuo) 16
   - 3.8. *Poka-yoke* 17
   - 3.9. TPM – *Total productive maintenance* 17
   - 3.10. Trabalho padronizado 18
   - 3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) 19
   - 3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act*) 20
   - 3.13. *Jidoka* 21
   - 3.14. Envolvimento dos Colaboradores 21

Cap II - Contexto do Projecto **23**

1. Motivação para o estudo e objectivos 23
2. Descrição da Empresa 25
   - 2.1. História e actividade da empresa 25

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril 27

1. Introdução 27
2. Escolha do produto a estudar 28
3. Fluxo de valor 30
4. *Layout* 33
5. Análise dos postos de trabalho 36
   - 5.1. Posto de Soldadura 36
   - 5.2. Granalhagem 37
6. Acondicionamento das peças 37

7. Análise de Stock 38
8. Implementação do Kanban 38
9. Estabelecimento do *Takt Time* 41
10. Implementação dos 5S 43
11. Próximos passos 43
Cap IV - Resultados alcançados 44
1. Cadencias..... 44
2. Tempos de espera entre operações..... 46
3. Deslocações de peças 47
4. Stock 47
5. Resultados Globais 48
Cap V - Considerações finais 50
Cap VI - Referências Bibliográficas 52

Índice de Figuras

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril..... 26
Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer" 28
Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel……29
Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel……29
Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo. 32
Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar…… 34
Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)…….. 35
Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto 35
Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout* 36
Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados..... 39
Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos. 40
Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação 42
Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo. 44

Cap I -Introdução ao *Lean Manufacturing*

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing*

O termo "*Lean*" (em português magro) surgiu com o livro "*The Machine that Changed the Word*" de Womack, Jones e Roos, publicado em 1990 nos EUA. O livro baseia-se num estudo sobre a indústria automóvel e onde se desvenda o sistema de produção usado pela Toyota nas suas fábricas, denominado *Toyota Productions System* (TPS). Neste livro são evidentes as vantagens do Sistema de Produção *Toyota*, designadamente, as enormes diferenças de produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos que explicavam, em grande medida, o sucesso da indústria japonesa (1).

O sistema TPS foi concebido para fornecer as ferramentas e as soluções para as pessoas melhorarem continuamente o seu desempenho. A filosofia *Toyota* assenta em princípios e valores simples e imutáveis:

- a gestão visual como forma de envolver todos através da aplicação dos sentidos;
- a uniformização e estabilização dos processos como forma de reduzir a variabilidade tão prejudicial ao desempenho e nivelamento da produção (2).

O TPS está na origem de *Lean Manufacturing* (também do *Lean prodution,* ou do *Lean Thinking*). O *Lean Manufacturing* surgiu com o engenheiro Taiichi Ohno da *Toyota* e seus precursores: Sakichi Toyoda, fundador do Grupo Toyoda em 1902, Kiichiro Toyoda, responsável pela produção de automóveis entre

1936 e 1950 e Eiji Toyoda (3). O sistema *Lean Manufacturing* consiste em aumentar a eficiência e eficácia da produção através da eliminação contínua de desperdícios. Os lotes de produção são pequenos, permitindo uma maior variedade de produtos. Por outro lado, os trabalhadores são polivalentes/flexíveis, ou seja, dominam outras tarefas para além da sua específica e sabem operar mais do que uma máquina. A preocupação com a qualidade do produto é extrema, tendo-se desenvolvido diversas técnicas, simples mas extremamente eficazes, para proporcionar os resultados esperados, como kanban e *poka-yoke*.

O Pensamento Magro, *Lean Thinking*, pode-se definir como uma filosofia operacional ou um sistema de especificar valor. Consiste em estabelecer a melhor sequência de actividades que criam valor, realizar essas actividades sempre que o cliente solicita produtos e produzir de forma mais eficaz, ou seja, fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço). Simultaneamente, tem-se que desenvolver esforços no sentido de oferecer aos clientes exactamente o que eles desejam no tempo pretendido. Esta filosofia torna o trabalho mais satisfatório, oferecendo feedback sobre a transformação de desperdícios em valor. É uma forma de criar novos trabalhos e não de simplesmente reduzir empregos em nome da eficiência. Mas, trabalhos que efectivamente agregam valor, eliminando-se desperdícios.

A filosofia *Lean* deve necessariamente ser aplicada em todas as áreas funcionais da empresa, desde as vendas às compras, passando pelas áreas financeiras e de recursos humanos, de modo a identificar onde existe maior desperdício e oferecendo

oportunidades de melhoria com impactos substanciais nos resultados do negócio.

2. Principais conceitos e definições

O *Lean Thinking* baseia-se em actividades básicas que identificam tudo o que é desperdício e que é valor. Os conceitos de desperdício e valor estão descritos nos capítulos seguintes.

Os princípios envolvem a criação de fluxos contínuos, sistemas de produção *pull* baseados nas encomendas dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor (desde as matérias-primas até os produtos acabados) e o desenvolvimento de produtos que efectivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

Para uma implementação eficaz da filosofia *Lean* é então, necessário perceber o conceito de desperdício e os princípios básicos.

2.1. Definição de Desperdício

O desperdício é definido como uma actividade realizada que absorve recursos e que não acrescenta valor. Estas actividades, que julgamos úteis mas que não representam nada junto do Cliente ou das restantes partes da organização são chamadas "muda" pelos japoneses.

É necessário observar e analisar o ambiente em que se trabalha pois a maior parte dos desperdícios são muito evidentes e fáceis de identificar. É normal deparar-se com movimentos repetidos que não acrescentam valor mas que não são questionados

porque se fez sempre assim..., com papeis que circulam de mesa para mesa para serem tratados só por metade dos colaboradores. Muitas vezes uma pequena alteração na colocação das peças ou uma melhor organização do trabalho faz diminuir os tempos de produção. Estas mudanças exigem normalmente a utilização de ferramentas, mas um dos aspectos mais importante é a mudança cultural.

Os sete "muda" mais conhecidos foram identificados por Shingo em 1981 (2).

2.1.1. Produção em excesso

Um dos mais graves desperdícios é produzir mais do que é necessário. A produção antecipada gera os seguintes problemas e restrições no processo produtivo:

- antecipação de compras de peças e materiais;
- aumento dos stocks;
- ocorrências de defeitos:
    - atrasa a detecção defeitos de qualidade (obriga a situações de triagem e retrabalho sobre as peças não-conformes);
- dá origem a várias actividades desnecessárias (manusear, transportar, inventariar, ...).

As causas mais comuns deste tipo de desperdício são as seguintes:

- produção de grandes lotes (normalmente calculado com base na quantidade económica, em que se equilibra o pressuposto custo de *setup* e custo de posse);
- necessidade de rentabilizar transportes e tempos de *setups*;

- antecipação da produção;
- criação de stocks de segurança para compensar atrasos nas entregas ou avarias nos equipamentos.

Para ajustar a produção à procura é necessário implementar métodos de produção *Lean,* tais como: trabalho programado, postos de trabalho balanceados, fluxo contínuo, produção *pull,* a produção nivelada, mudança rápida de ferramentas (SMED). Estes métodos estão descritos nos capítulos seguintes.

2.1.2. Tempo de espera

Um outro desperdício consiste em materiais, pessoas, ou equipamentos à espera de algo.

As principais causas deste tipo de desperdício são as seguintes:

- fluxo obstruído;
- problemas de *layout*;
- problemas de entregas de fornecedores (internos ou externos);
- capacidade não balanceada.

Para eliminar este problema é necessário:

- nivelar a produção;
- estabelecer um *layout* específico por produto;
- garantir mudanças rápidas de ferramentas;
- melhorar a coordenação entre as diferentes áreas de trabalho.

2.1.3. Transporte e Movimentação

O transporte de materiais ou a movimentação de pessoas fazem aumentar o espaço necessário, o tempo de fabricação e por vezes podem provocar não-conformidades nos produtos.

Para se diminuir os transportes e movimentações é necessário redesenhar o *layout* de forma a que a distâncias entre as várias etapas de processamento sejam minimizadas.

2.1.4. Desperdício do próprio processo

A existência de etapas ou operações do processo que não acrescentam valor ao produto traduz-se em desperdício. As causas mais comuns deste desperdício são:

- instruções de trabalho pouco claras;
- requisitos dos clientes não definidos;
- especificações da qualidade mais exigentes do que o necessário.

2.1.5. Stock

Qualquer material ou produto em quantidade superior ao necessário para o processo é considerado um desperdício. A existência de stocks faz aumentar o espaço físico necessário, limitando o espaço existente, para além do aumento de custos de imobilizados (armazéns, taxas sobre activos, seguros, etc.).

2.1.6. Produtos Defeituosos

Todos os produtos com problemas de qualidade implicam desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenamento de produtos defeituosos. As

principais causas para o aparecimento das peças não-conformes são:

- ênfase na inspecção de fim de linha;
- ausência de normas de inspecção;
- falhas humanas;
- transporte e movimentação de materiais;
- ausência de procedimentos nas operações de fabrico.

Para eliminar este tipo de desperdício pode-se:

- implementar operações padrão;
- criar dispositivos de detecção de erros;
- produzir em fluxo contínuo;
- eliminar a necessidade de transporte de peças;
- automatizar processos.

2.1.7. Movimentação ou trabalho desnecessário

Muitos dos movimentos que as pessoas fazem não são realmente necessários. O trabalho resulta apenas do movimento que faz criar valor ao produto. Todos os movimentos que não criam valor são desperdícios. Torna-se então necessário procurar a economia e consistência dos movimentos através do estudo de métodos e tempos do trabalho.

2.2. Princípios *Lean*

Womack e Jones apresentaram pela primeira vez, em 1996, os princípios do "*Lean Thinking*" (3):

1. definir valor
2. mapear o fluxo de valor
3. optimizar os fluxos de valor

4. implementar o sistema *pull*
5. procurar a perfeição

Estes cinco princípios devem ser seguidos na ordem apresentada como se tratasse de um *roadmap* de implementação do *Lean Manufacturing*.

2.2.1. Valor

O ponto de partida essencial para o *Lean Thinking* é estabelecer aquilo que é Valor. Este conceito pode ser definido na perspectiva do cliente final, apesar de ser criado pelo produtor. Do ponto de vista do cliente é para isso que o produtor existe. No entanto, nem sempre é fácil identificar clara e objectivamente o que é que o cliente pretende (necessidades e expectativas) e está disposto a pagar.

2.2.2. Mapear o fluxo

Mapear o fluxo de valor consiste em esquematizar de forma sequencial o conjunto de todas as operações/processos específicos para produzir um produto ou serviço. Ao identificar este fluxo vão aparecer maioritariamente três tipos de actividades:

- actividades que acrescentam valor; por exemplo: abrir uma rosca num componente, dobrar um tubo;
- actividades que não acrescentam valor, mas que são necessárias; por exemplo: montar uma ferramenta num equipamento ou fazer uma inspecção de qualidade;
- actividades que não acrescentam valor; por exemplo: avarias de equipamento, erros diversos.

2.2.3. Optimizar os fluxos

Depois de mapear o fluxo de valor é necessário eliminar qualquer actividade que não acrescente valor ao processo, de modo a tornar os fluxos mais eficientes.

2.2.4. Sistema *pull*

Implementar um sistema *pull* consiste em produzir apenas aquilo que é necessário e quando necessário numa lógica de *just-in-time*. Neste sistema evita-se a formação de stocks de produtos mas tendo sempre como objectivo o fornecimento ao cliente na quantidade e no prazo desejados.

2.2.5. Procurar a perfeição

Este princípio baseia-se no compromisso de procurar continuamente os meios para acrescentar valor e eliminar desperdícios. Procurar a perfeição requer uma atitude de permanente de insatisfação com vista à melhoria contínua.

3. Métodos e Ferramentas *Lean*

Para implementar a filosofia *Lean* é necessário a utilização de métodos e ferramentas de gestão que estão orientados para a redução das perdas, aumentando a eficiência do sistema e reduzindo custos. As ferramentas devem ser aplicadas conforme o *roadmap* traçado, devendo-se começar com ferramentas de análise, depois de implementação e por fim de manutenção.

De um modo geral as ferramentas são simples mas eficazes. De destacar o Kanban, que depois ser implementado é de fácil compreensão (o operador sabe que quando tem cartão produz,

quando não tem não produz). Outra ferramenta simples são os sistemas de alerta *poka-yoke*. Existem ferramentas mais complexas e difíceis de implementar, no entanto facilitam muito o trabalho. O SMED é um exemplo destes: construir sistemas de mudança rápida de ferramentas requer tempo e engenharia, mas depois de implementado, simplifica o trabalho do operador.

Refira-se que numa pequena empresa não é fácil implementar e utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo, pois a disponibilidade dos colaboradores é limitada e, por outro lado, nem sempre são muito bem aceites pelos operadores. Mais uma vez, e como já foi referido é muito importante a mudança cultural e participação de todos para que as ferramentas *Lean* tenham sucesso.

3.1. VSM -*Value Stream mapping*

O VSM, traduzido para português Mapeamento da Cadeia de Valor, é um método que consiste em identificar todas as actividades necessárias para produzir um produto ou serviço de modo a desenhar todo o fluxo da cadeia produtiva desde o fornecimento das matérias-primas até a entrega do produto ao cliente. Esta ferramenta permite identificar os desperdícios e consequentemente eliminar as suas fontes através da implementação de acções de melhoria.

O VSM é uma ferramenta essencial para analisar o estado actual dos fluxos antes de começar a implementar a filosofia *Lean*

3.2. Gestão visual

A gestão visual é uma forma de comunicação e compreendida facilmente por todos. Exemplos de gestão visual são os quadros de programação da linha/célula, as marcações no espaço para colocar objectos no local correcto ou a utilização de cores para identificar contentores que contêm diferentes tipos de peças.

A gestão visual permite melhorar a informação sobre o processo produtivo, instruções de manutenção ou actividades básicas dos processos (4). As grandes vantagens da gestão visual são:

- facilidade de interpretar a informação;
- permite uma resposta rápida aos problemas;
- facilita a comunicação entre as equipas de trabalho;
- permite atribuir maior autonomia aos operadores;
- contribui para a redução de erros;
- contribui para melhorar o ambiente de trabalho.

3.3. 5S - Organização do local de trabalho

A metodologia 5S consiste em simplificar o local de trabalho, reduzir o desperdício, eliminar as actividades que não acrescentam valor, aumentar a segurança e obter um nível superior de qualidade e eficiência. A designação 5S deve-se às cinco etapas que devem ser seguidas:

- **Seiri – Organização**

  Tem como objectivo:

  - garantir que os equipamentos, ferramentas e materiais estão onde realmente são precisos;

- classificar os itens de acordo com a frequência de utilização;
- remover todos os itens desnecessários;
- identificar causas de desorganização.

- **Seiton – Arrumação**

Esta etapa visa:

- ordenar e identificar os objectos necessários para que qualquer pessoa os possa localizar facilmente, simplificando-se o trabalho;
- identificar todas as áreas com ajudas visuais, tais como: linhas, etiquetas, códigos de cor, etc.

- **Seiso – Limpeza**

Tem como alvo:

- eliminar as causas de lixo;
- aumentar a eficácia da limpeza do local de trabalho incluindo os equipamentos.

- **Seiketsu – Normalizar**

O propósito desta etapa é manter os três primeiros passos implementados através da criação de regras e procedimentos, garantindo que:

- não há itens desnecessários;
- os itens estão nos locais correctos;
- o estado de limpeza é mantido.

- **Shitsuke – Disciplina**

Esta etapa visa:

- eliminar a variabilidade, ou seja, conseguir o empenho total das pessoas para procederem sempre de acordo com os procedimentos estabelecidos anteriormente;
- aplicar e aperfeiçoar as normas de organização/ arrumação/ limpeza;

- fazer cumprir as normas através de treino, empenho e disciplina;
- fazer dos 5S um hábito e um modo de vida.

As vantagens da utilização desta ferramenta são evidentes, de destacar a simplificação do trabalho, maior motivação e produtos e serviços com mais qualidade com consequência positiva ao nível do Cliente. Pode-se concluir que a aplicação dos 5S contribui para o aumento da produtividade num local de trabalho mais agradável e seguro.

3.4. Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa etiqueta/cartão/marca. O funcionamento do sistema kanban baseia-se na sinalização dos fluxo de produção com cartões que identificam a referência do produto, quantidade a produzir e a sequência de operações.

O kanban surgiu devido à necessidade de existir um sistema de informação que permitisse transmitir a informação das necessidades de material das operações a jusante para as operação a montante do processo produtivo. Num sistema *pull,* as actividades de uma determinada operação iniciam-se apenas na sequência de um pedido ou ordem do cliente.

Os objectivos da ferramenta kanban são:

- regular o volume de produção dos diferentes postos de trabalho de acordo com as flutuações da procura;
- reduzir o stock em curso;

- produzir a quantidade solicitada e no momento em que é solicitada (reposição baseada no consumo/pedido);
- manter um fluxo contínuo de produção;
- controlar visualmente o fluxo ao longo da cadeia de valor

As informações que constam nos cartões Kanban variam de empresa para empresa, no entanto existem dados que são indispensáveis:

- referência da peça a ser fabricada;
- quantidade a produzir;
- designação do posto fornecedor;
- designação do posto cliente.

Para determinar o número de contentores Kanban, não existe propriamente uma regra. Na maior parte das empresas, começa-se, em geral, por um número elevado sem que haja uma quebra de fluxo. Porém pode-se utilizar a seguinte fórmula para calcular o número de cartões:

$$\text{N.º} = \frac{\text{consumo médio x Lead Time + stock de segurança}}{\text{número de peças existentes do contentor.}} \quad (5)$$

Estes contentores não podem ser deslocados sem um cartão kanban e todos devem conter o mesmo número de componentes. Para além destas regras, de referir que apenas os produtos conformes é que podem seguir na cadeia de valor.

O sistema kanban apresenta as seguintes vantagens:

- baixo custo associado ao sistema de informação;
- não necessita de sistemas informáticos complexos;

- maior interligação dos postos de trabalho no que se refere aos fluxos materiais e informação;
- maior delegação de responsabilidades aos operadores;
- *lead times* mais reduzidos;
- diminuição de stocks (consequentemente maior libertação de espaço, inventário mais fácil e menos custos).

No entanto a aplicação deste sistema apresenta algumas desvantagens, de destacar:

- a necessidade de planos de produção estáveis; o surgimento de uma procura não planeada causa interferências nos fluxos;
- não permite grande variabilidade, o que quer dizer que tempos de paragem imprevistos e prolongados podem afectar os fluxos;
- é afectado pelo aparecimento de peças não conformes.

3.5. Takt time

Takt time é uma palavra alemã que significa batuta. O *takt time* define a cadência a que se deve produzir baseada na taxa de vendas. Se a procura aumenta, o *takt time* terá de diminui e vice-versa (6). É calculado do seguinte modo:

Takt time = tempo de trabalho disponível/ procura do cliente (7)

As vantagens da implementação do *takt time* são as seguintes:

- eliminar o desperdício da sobreprodução;

- permite uma programação precisa por parte do planeamento;
- permite sincronizar a produção com a procura dos produtos;
- constitui a base para a medição do desempenho;
- ritmo de produção mais estável;
- permite dimensionar as células de produção;
- reduz o trabalho em curso.

3.6. *Heijunka* – Nivelamento

O grande objectivo da ferramenta *Heijunka* é nivelar o volume de produção, o mix de produtos e o tempo de produção (8). Através desta ferramenta de programação da produção consegue-se implementar um fluxo contínuo de acordo com o *takt time* previamente definido e produzir nem mais nem menos da quantidade solicitada.

Refira-se que com a produção de lotes mais pequenos e a uniformização dos processos, consegue-se identificar mais facilmente os problemas e consequentemente a forma de os eliminar. Com esta programação torna-se possível reduzir os stocks, o espaço necessário e os tempos de espera.

3.7. Produção celular (em fluxo contínuo)

A produção celular consiste em juntar num local específico um grupo de operações concebidas para produzir um produto ou família de produtos de uma forma flexível. O movimento de materiais segue a lógica dos fluxos e faz-se em lotes pequenos.

Para implementar este método é aconselhável que:

- As células de produção sejam em U
- Todas as operações necessárias para produzir um componente ou montar um subconjunto são realizadas muito próximo umas das outras

Para que este sistema funcione em pleno é necessário garantir previamente a flexibilidade e polivalência dos colaboradores.

3.8. Poka-yoke

O *poka-yoke* é um método, desenvolvido por Shigo Shingo, (9) que visa dotar os processos de fabrico com dispositivos de controlo capazes de eliminar as causas de erro (evitando a sua recorrência) ou detectar os erros à medida que acontecem de forma a prevenir que as peças não-conformes sigam no fluxo de fabrico.

Assim sendo, o *poka-yoke* permite:

- eliminar os problemas causados por erros;
- assegurar a qualidade esperada pelo cliente;
- reduzir o retrabalho e os custos associados;
- prevenir danos nos equipamentos.

3.9. TPM – *Total productive maintenance*

O TPM (*Total Productive Maintenance)* é um processo que visa o compromisso e envolvimento de todos em actividades de manutenção produtiva, tendo em vista reduzir as avarias dos

equipamentos, contribuindo para melhorar a qualidade e produtividade.

O TPM tem um efeito directo na eficácia global dos equipamentos (OEE) porque dirige os esforços para a eliminação das "seis grandes perdas" dos equipamentos com consequência ao nível da disponibilidade, cadência ou qualidade:

- falha/ avaria do equipamento;
- perdas de tempo para mudança e ajustes (*setup*);
- esperas ou pequenas paragens devido a outras etapas do processo (a montante ou a jusante);
- redução de cadência;
- defeitos no processo;
- perdas no início da produção.

3.10. Trabalho padronizado

O princípio do trabalho padronizado é documentar e normalizar as tarefas ao longo da cadeia de valor. Normalmente são desenvolvidos dois tipos de documentos:

- instruções de fabrico - específicos para um determinado trabalho, podem conter o desenho da peça, referência, lista de materiais, ferramentas usadas, ...;
- procedimentos operacionais – especificam o modo de realizar as actividades gerais da empresa, como por exemplo, a recepção de matéria-prima, o que fazer quando se detecta material não-conforme, ...

A implementação do trabalho padronizado permite:

- aumentar a eficácia da formação e treino dos operadores;
- suportar a melhoria dos processos e produtos;
- reduzir a variabilidade da qualidade do produto;
- reduzir os custos da formação dos colaboradores novos.

3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies)*

O objectivo do SMED é a racionalização do trabalho de preparação de um determinado equipamento. Os passos a desenvolver consistem em:

1. analisar a situação actual – efectuar o levantamento de todas as tarefas e tempos associados;
2. separar as operações internas (montagem e desmontagem realizadas com a máquina parada) e externas (operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, por exemplo o transporte de ferramentas) – organizar o trabalho de tal forma que as operações externas sejam realizadas antes da paragem do equipamento;
3. transformar as operações internas (equipamento parado) em externas (equipamento a funcionar) – fazer a transformação através de alterações do equipamento ou procedimentos;
4. reduzir a extensão das tarefas internas (realizá-las em paralelo ou demorar menos tempo na sua realização);
5. reduzir a extensão das tarefas externas – demorar menos tempo a realizar as tarefas de preparação .

A utilização do SMED contribui para aumentar a flexibilidade e a rapidez de resposta às variações da procura e permite a redução de lotes, pois o tempo de mudança de ferramenta é reduzido. Permite também aumentar a disponibilidade e a capacidade de produção e, por último, a redução de stocks.

3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act)*

O PDCA foi modelizado por Shewhart, em meados na década de 20, sendo divulgado e efectivamente aplicado, mais tarde, por Deming.

O Ciclo de melhoria contínua, denominado por PDCA é centrado na resolução de problemas, identificação das causas e na procura da melhor solução. Segundo Deming é composto pelas seguintes etapas:

- **Plan** (planear) - definir as metas a alcançar e o método para o conseguir.
- **Do** (executar) – executar as tarefas exactamente como previsto na etapa de planeamento;
- **Check** (verificar) - verificar se o que foi feito está conforme o planeado, ou seja, se os objectivos foram alcançados, através da aplicação do método definido.
- **Act** (actuar) - caso sejam identificados desvios, é necessário definir e implementar soluções que eliminem as suas causas. Também é sempre possível melhorar identificando potenciais fontes de variação, causas e soluções.

O PDCA pode ser aplicado na realização de qualquer actividade da organização. Idealmente todos deveriam utilizar esta ferramenta de gestão na realização das suas actividades diárias.

3.13. Jidoka

A palavra *Jidoka*, em japonês, significa automação, mas é um termo conhecido como "automação com características humanas". O objectivo central desta ferramenta é impedir a propagação de defeitos e eliminar qualquer anomalia no processamento e fluxo de produção. Quando o processo é interrompido o problema torna-se visível ao operador, aos seus colegas e à sua supervisão. O *Jidoka* usa os mecanismos *poka-yoke*.

As vantagens do uso do Jidoka são:

- melhoria da produtividade – melhor utilização dos recursos;
- melhoria da qualidade – os erros de qualidade são diminuídos;
- redução do stock - conseguido pela eliminação de stocks intermédios entre as operações;
- redução do *lead time* - com a eliminação dos tempos de espera entre operações e pela cadência da movimentação dos materiais.

3.14. Envolvimento dos Colaboradores

É decisivo para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* o envolvimento e a contribuição de todos, desde os

elementos da administração da empresa até aos operadores de máquina.

Cap II - Contexto do Projecto

1. Motivação para o estudo e objectivos

O presente relatório descreve o projecto realizado na área de Planeamento e Gestão da Produção da empresa Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas, S.A, entre 25 de Fevereiro de 2008 e 30 de Junho de 2009. O projecto foi realizado no âmbito de um projecto mais alargado intitulado "Emagrecer" e que teve como objectivo a aplicação da filosofia *Lean* na empresa. Este projecto contou com a colaboração de uma equipa de colaboradores de diferentes áreas funcionais da Ciclo Fapril.

A crise económica que se tem vivido em todo mundo tem provocado uma grande preocupação com a redução de custos/desperdícios em vista à melhoria do desempenho da organização conseguindo assim continuar a competir no mercado. Foi neste contexto que surgiu o projecto "Emagrecer". O projecto teve também o propósito de mudar a mentalidade dos colaboradores, muito voltada para dentro da empresa/produto, visando a satisfação total do cliente.

Embora a filosofia *Lean* possa parece simples e óbvia (e efectivamente é), a experiência tem mostrado que são poucas as empresas que conseguem replicar o sucesso da Toyota. A razão é simples, mas não é fácil de ultrapassar, exigindo uma mudança radical na mentalidade, valores e disciplina. A introdução de algumas ferramentas isoladamente não significa sucesso na implementação, tornando este projecto num grande desafio para a empresa.

Os principais problemas com que a Ciclo Fapril se tem deparado são os seguintes:

- **stock excessivo** - existe uma grande quantidade de stock nos armazéns porque se produziram quantidades de produtos que os clientes deixaram de pedir ou mais rápido do que era necessário; stocks elevados requerem maior espaço de armazém e dificultam a gestão dos contentores dentro do mesmo; assim, estabeleceu-se como objectivo baixar o stock médio de 20 dias para 5 dias (equivalente a uma semana).
- **logística interna** – alguns componentes são deslocados desnecessariamente entre postos de trabalho, consequentemente os empilhadores são constantemente requisitados, existindo uma procura constante de contentores; estabeleceu-se como objectivo reduzir as distâncias através da alteração de *layout*.
- **desperdício do próprio processo** – nem sempre os requisitos do cliente são bem traduzidos internamente, consequentemente executam-se operações que o cliente não valoriza, por exemplo, polir demasiado uma peça quando o cliente só quer que não apareçam pingos de soldadura.
- **excesso de produção** - produzir para além daquilo que é necessário para uso imediato; normalmente a falta de definição de prioridades levam a produzir o que não é necessário para aquele momento, atrasando as encomendas que deveriam ser produzidas; não há um planeamento detalhado das máquinas.

O grande objectivo deste projecto foi, então, eliminar ou reduzir os problemas acima referidos, ou seja, eliminar desperdícios.

2. Descrição da Empresa

2.1. História e actividade da empresa

Fundada em 1965 por António Serafim Soares de Almeida, a empresa inicialmente denominada **Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ltª,** começou a laborar com seis empregados, para além dos três sócios.

Os produtos fabricados eram exclusivamente componentes (eixos para jogos pedaleiros) para veículos de duas rodas, sendo o principal cliente a S.I.S Sachs e o principal fornecedor a empresa F.Ramada. Em 1968 a empresa altera a sua denominação para **Ciclo-Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ldª**, passando a produzir jogos pedaleiros para bicicletas. Em 1992 é transformada em sociedade anónima, sem perder o seu carácter familiar e adopta a denominação de **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**.

Actualmente a **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**. actua no mercado da subcontratação de peças metálicas, produzindo componentes obtidos por corte, estampagem e/ou soldadura, 85% dos quais são destinados ao mercado externo (dados de 2006).

Dentre os principais clientes da empresa destacam-se a Yamaha, Peugeot, Derbi (sector de motociclismo) e Hill-Rom (sector hospitalar).

Na figura 1 pode-se observar um dos produtos (quadro de motorizada) fabricados na Ciclo Fapril.

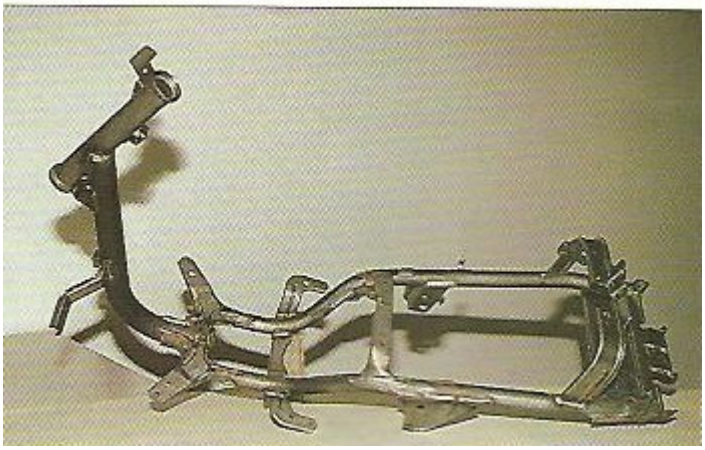

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril

A Ciclo Fapril dispõe de um parque de máquinas e equipamentos adequados ao corte, deformação, soldadura, e revestimentos de superfície de tubos, chapas e varões. Em Fevereiro de 2009 a Ciclo Fapril tinha 150 colaboradores e funcionava a dois turnos, cinco dias por semana.

A Ciclo Fapril possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado segundo a norma NP EN ISO 9001:2000.

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril

1. Introdução

A implementação do *Lean Manufacturing* na Ciclo Fapril, começou pela constituição de uma equipa de dez pessoas de diferentes sectores da empresa. A seguir escolheu-se um produto de classe A (produto com um elevado custo de stock) que tivesse encomendas regulares e um tempo de vida longa.

Após a escolha do produto, fez-se um levantamento do seu fluxo e estudaram-se todos os processos de forma a diminuir os seus desperdícios através da aplicação das ferramentas *Lean*. O projecto foi realizado em etapas e sofreu alterações pontuais de acordo com as necessidades.

A equipa passou a reunir semanalmente para discutir ideias sobre as eventuais mudanças que deveriam ser realizadas e decidir sobre as acções a implementar. Em todas as reuniões registou-se a lista de medidas e acções correctivas assim como os respectivos responsáveis. Foi criado um documento digital com os planos de acção para facilitar a monitorização do projecto. A figura 2 mostra uma parte desse documento. Como se pode observar, o documento descreve os problemas surgidos, as datas previstas para a realização das acções a desenvolver e os responsáveis. Por exemplo, um dos problemas era os operadores queixarem-se dos bancos; a medida tomada foi procurar um tipo de banco mais confortável até ao dia 12 de Fevereiro de 2009; ficando responsáveis por esta medida a Catarina, a Célia e a Eliana.

CLIENTE / FORNECEDOR	CARACT. NORMAL / CRITICA (C/C) / REGULAMENT.(S/C)	DESIGNAÇÃO DO PROBLEMA / ASSUNTO	ACÇÕES A DESENVOLVER (AP) - PREVENTIVAS / (AC) - CORRECTIVAS / (C) - CORRECÇÕES	DATA PREVISTA	RESPONSÁVEL	COLABORAÇÃO	RESULTADO DAS ACÇÕES	CONCLUÍDO	DATA de Termino	COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
ALLEVARD	NORMAL	OS UTILIZADORES DOS BANCOS NÃO SE SENTEM CONFORTAVÉIS.	(AC) - EXPERIMENTAR OUTRO TIPO DE BANCOS	12-02-2009	CATARINA / CÉLIA	ELIANA		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	AS BANCADAS QUE COLOCAMOS NA LINHA ALLEVARD TEM ASPECTO MAL E AS PESSOAS NÃO TRABALHAM COM EFICIENCIA	(AC) - DESENHAR E CONSTRUIR UMA BANCADA PARA AUMENTAR EFICIENCIA NO LOCAL DO TRABALHO.	26-02-2009	CATARINA			NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	FALTA PROCEDIMENTO PARA SUBCONTRATAÇÃO	(AP) - DEFINIR/EXPLICAR COM ELECTROFER COMO VAMOS PROCEDER	12-02-2009	CÉLIA	EMIRE		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	QUANTIDADE DE KANBAN NÃO COINCIDE COM QUANTIDADE DE PEDIDOS DO CLIENTE	(AC) - ACERTAR A QUANTIDADE POR MULTIPLOS DE PEDIDO DO CLIENTE / CAIXA E IMPRIMIR NOVAS CARTÕES		BEATRIZ			NÃO		

Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer"

2. Escolha do produto a estudar

Para escolher o produto a estudar foi realizada uma análise ABC. Dos produtos de classe A, escolheu-se um produto com problemas de qualidade no cliente e com encomendas regulares. Trata-se de uma abraçadeira para fixar a barra estabilizadora da direcção de um automóvel. Os problemas de qualidade eram a dimensão da abertura e problemas de soldadura (solda descontínua e aparecimentos de porosidade).

Na figura 3 pode-se observar um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel que incorpora a barra de direcção e a abraçadeira produzida pela Ciclo Fapril.

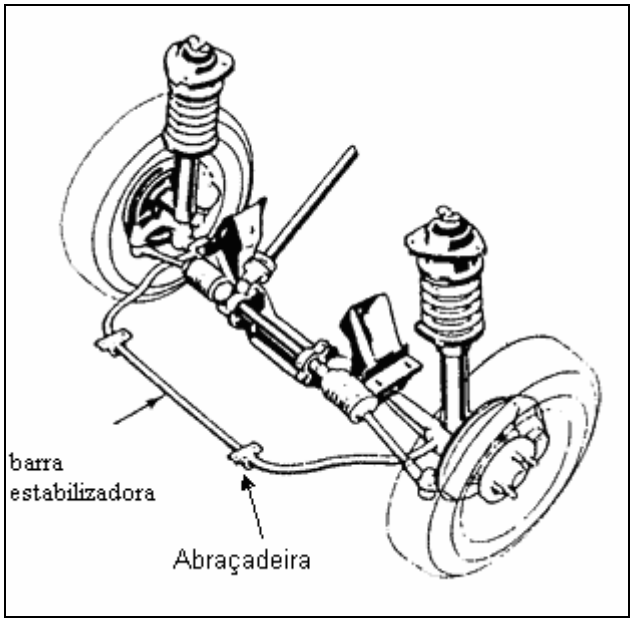

Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel

Esta abraçadeira é constituída pelos 4 componentes assinalados na figura 4.

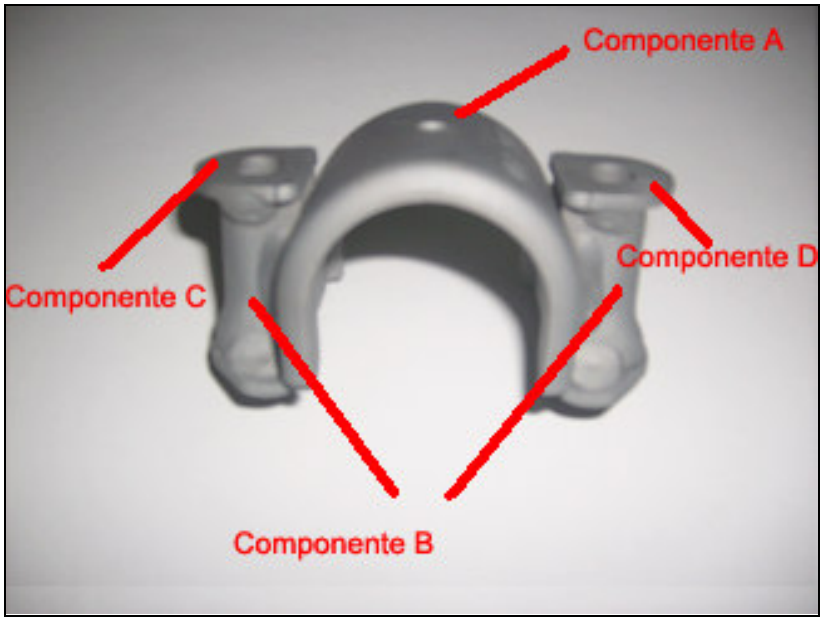

Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel

A abraçadeira é fabricada de acordo com a seguinte gama operatória:

1. Soldar (em robot) por soldadura MIG – na soldadura MIG estabeleceu-se um arco eléctrico entre um fio de metal que é fundido e a peça a soldar;
2. Granalhar – processo que utiliza granalha de aço inoxidável para polimento das peças;
3. Eliminar pingos – com a ajuda de uma talhadeira "raspam-se" os excessos de metal de adição da soldadura;
4. Controlar dimensionalmente com a ajuda de um gabarit e controlar visualmente a superfície;
5. Zincar – operação de revestimento da superfície com zinco realizada no exterior.
6. Embalar – acondicionamento das peças em caixas de cartão.

3. Fluxo de valor

Para realizar o mapeamento do fluxo de valor foi necessário descrever todo o processo de fabrico do produto em análise. Este estudo foi realizado pela equipa formada, tendo-se solicitado, pontualmente, a intervenção de outros colaboradores para o esclarecimento de dúvidas sobre operações específicas.

Esta actividade teve como objectivo identificar os pontos críticos para uma intervenção prioritária. Ao ser realizado este estudo identificou-se, desde logo, uma operação que era feita desnecessariamente. De facto, no início da produção da abraçadeira, o polimento era efectuado na máquina de abrasivos cerâmicos, os quais ficavam muitas vezes presos na peça.

Consequentemente, esta operação era realizada com um controlo a 100% para verificação da existência de abrasivos na peça. Durante o controlo era feita uma marca com um pincel para assinalar as peças verificadas. Com a alteração do referido equipamento para uma máquina de granalhar, a operação de inspecção manteve-se. Com o mapeamento de fluxos apercebeu-se que actualmente esta operação não fazia qualquer sentido, tendo sido eliminada de imediato do processo de fabrico.

Na figura 5 apresenta-se o fluxo relativo à peça em estudo: o cliente envia informação sobre as quantidades pedidas; esta informação é tratada pela Comercial que coloca a informação no sistema informático; em seguida o Planeamento verifica as necessidades e envia a informação para as Compras que efectuam encomendas ao fornecedor com um prazo de 20 dias; depois das peças chegarem passam para o armazém de produtos intermédios até serem enviadas para a Soldadura; depois de soldadas, em média 97% das peças vão para a Granalhagem e 3% são retocadas (e posteriormente são granalhadas); depois da Granalhagem vão para a operação de Retirar pingos, Controlo, Zincagem (no exterior), Embalamento e por último, são carregadas no camião para seguirem para o cliente.

Os Triângulos a vermelho representam tempos de espera; dentro de cada operação, o símbolo representa o número de pessoas, TS – o tempo de *setup*; TC – o tempo de cadência do posto e a TE – a cadência máxima da máquina.

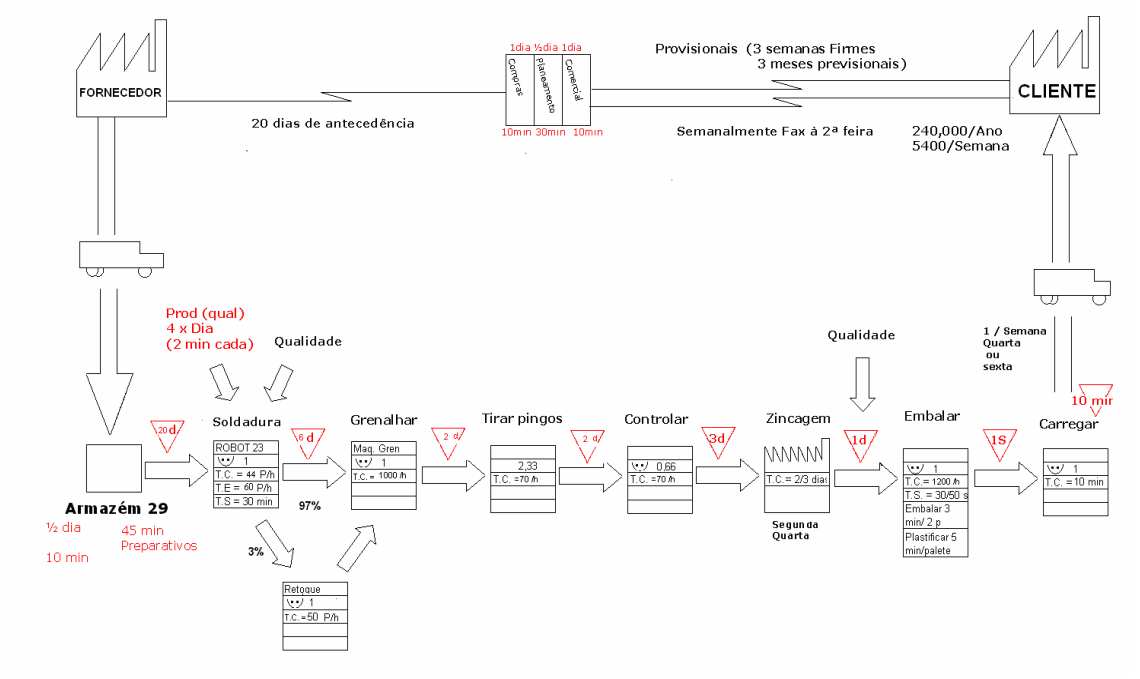

Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo.

As cadências de operações eram as seguintes:

- Soldadura – 44 peças/hora
- Retoque (3% das peças soldadas) – 50 peças/hora
- Granalhagem – 1000 peças /hora
- Retirar pingos – 70 peças/hora
- Controlar peças – 70 peças /hora
- Zincagem – é realizada no exterior (2 a 3 dias)
- Embalamento – 200 peças/hora
- Carregar peças para o camião – 10 peças/hora

Os tempos de espera, entre operações, eram os seguintes:

- Soldadura para a Granalhagem – 54horas
- Granalhagem para Retirar pingos – 18 horas
- Retirar pingos para Controlar – 18 horas
- Controlar para Zincagem – 3 dias

- Zincagem para Embalamento – 1 dia
- Embalamento até carregar o camião para o cliente – 1 semana

4. Layout

Fez-se também um levantamento do percurso das peças durante a realização das operações de fabrico. Na figura 8 pode-se verificar o percurso no início do projecto.

Ao analisar o fluxo identificaram-se postos de trabalho indevidamente localizados (um robot, a máquina de granalhar e os postos de retirar pingos). Como estes estavam só dedicados ao produto em estudo, alterou-se a localização dos mesmos de forma a reduzir a distância percorrida pelas peças e criando assim uma célula de fabrico. As medidas tomadas foram as seguintes:

- um dos robots foi deslocado para junto de um outro;
- a máquina de granalhar foi colocada no meio dos 2 robots e os postos onde se retiram pingos de soldadura também foram colocados ao lado da máquina de granalhar.

Na figura 6 pode-se observar uma parte do *layout* com as alterações realizadas.

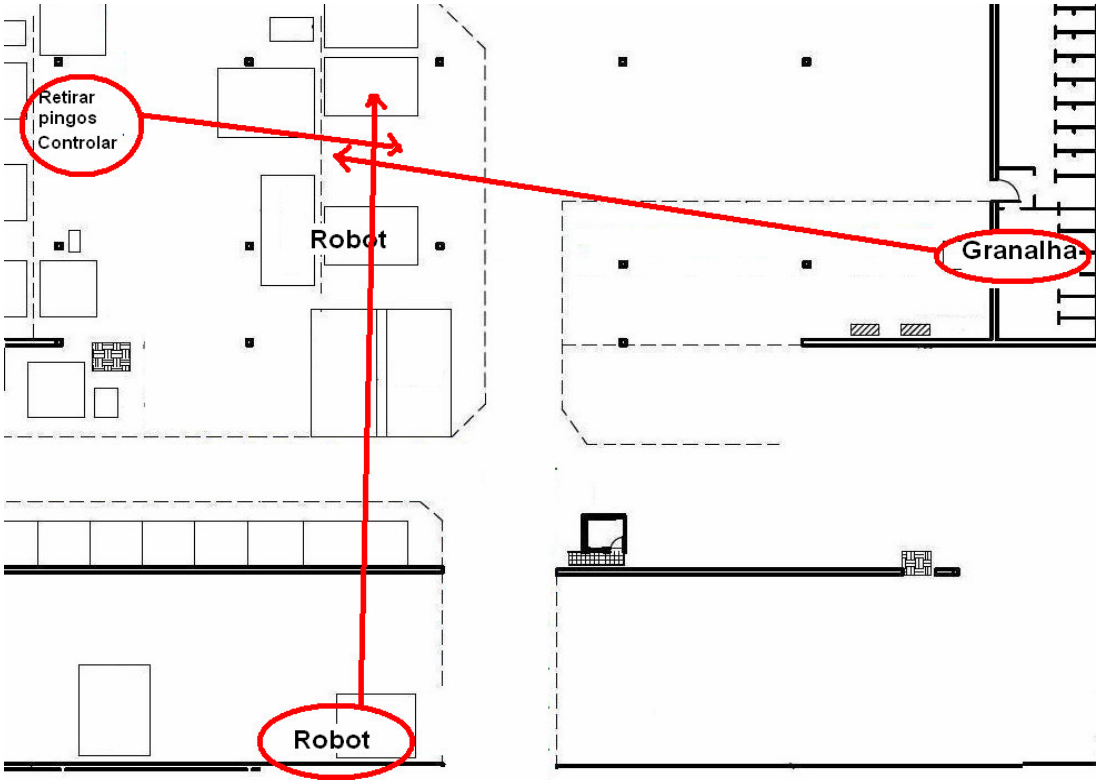

Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar

Estas alterações deram origem a uma redução considerável do tempo de espera e do percurso das peças.

A figura 7 representa as deslocações (em metros) entre os diferentes postos. São descriminadas as deslocações efectuadas por porta-paletes e empilhador. Por exemplo, pode-se observar que as peças correspondentes à primeira linha deslocavam-se 25 metros desde o armazém até ao robot em empilhador, depois de soldadas deslocavam-se em porta-paletes 66 metros até a máquina de grenalhar, e assim sucessivamente.

Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	TOTAL	
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									282	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									288	97%
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	501	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	507	
Arm.	25	Rob. 18	41	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							348	
Arm.	42	Rob. 23	70	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							394	3%
Des. (empilha)			Des. (porta-pal)																	

Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)

A figura 8 representa o fluxo das peças no início do projecto e a figura 9 representa o fluxo actual das peças após a alteração do *layout*.

Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto

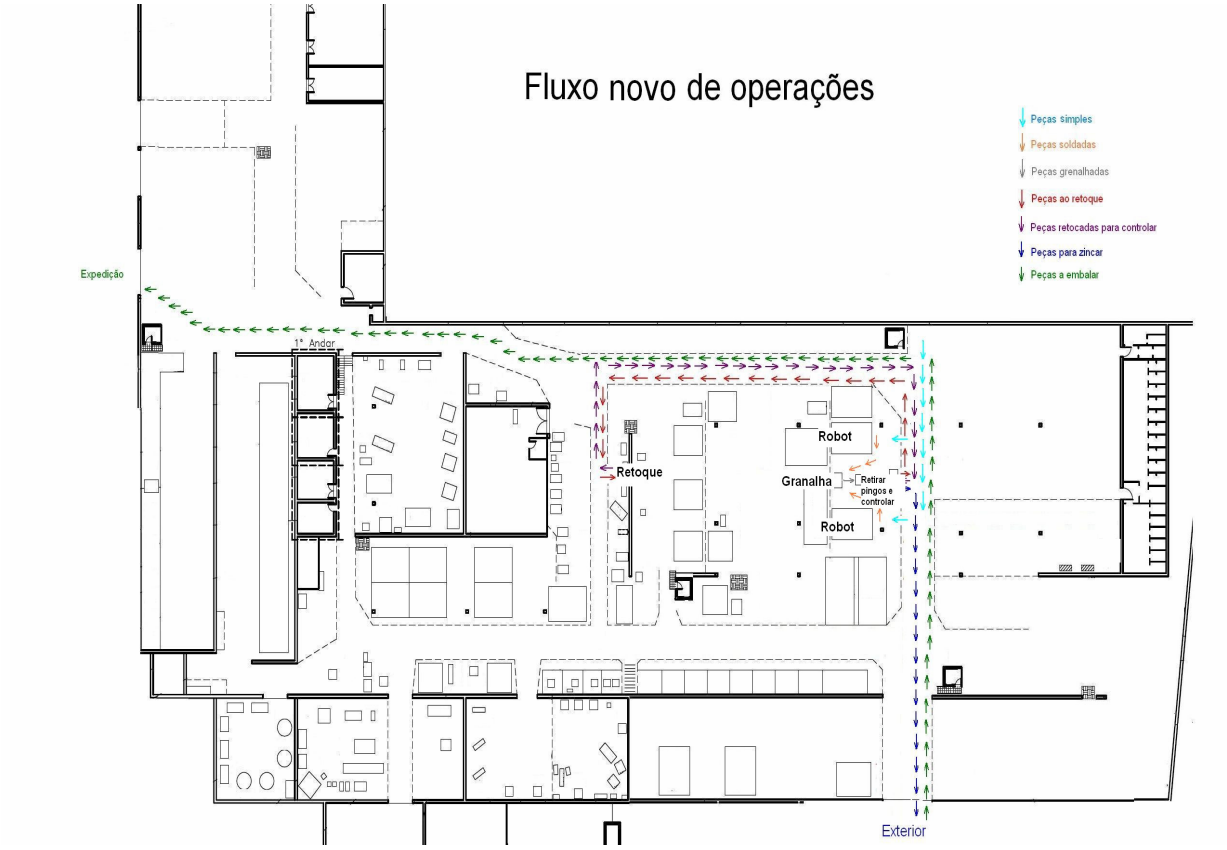

Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout*

5. Análise dos postos de trabalho

5.1. Posto de Soldadura

O programa de robots de soldadura foi analisado de forma a reduzir o tempo de soldadura e a diminuir os pingos de soldadura nas peças. A reprogramação permitiu aumentar o número de peças produzidas por hora e diminuir o tempo dedicado a retirar pingos e a controlar visualmente. Os retoques de soldadura também foram diminuídos.

5.2. Granalhagem

A deslocalização da máquina de granalhar para junto dos robots se soldadura foi possível porque cerca de 90% das peças sujeitas a esta operação são abraçadeiras. Esta média permitiu diminuir uma pessoa nesta operação.

Um outro aspecto estudado foi o número de peças granalhadas por batch, tendo-se testado um aumento de 400 para 500 peças. Como a qualidade (aspecto visual) manteve-se dentro dos requisitos, alterou-se a dimensão do batch para 500 peças. Esta medida foi tomada de forma a rentabilizar melhor a máquina de granalhar.

6. Acondicionamento das peças

Anteriormente ao projecto as peças, após a operação de soldadura, eram acondicionadas em contentores e destes passavam para pequenos contentores plásticos imediatamente antes da máquina de granalhar. Depois desta operação eram novamente acondicionadas em contentores, passando destes para pequenos contentores plásticos antes da operação de retoque. A movimentação dos contentores e dos pequenos contentores plásticos fazia-se por empilhador. Com a aproximação dos postos de trabalho, referido anteriormente no ponto 4, pôde-se uniformizar o acondicionamento das peças em pequenos contentores plásticos.

Os resultados desta acção são difíceis de quantificar. No entanto, considera-se que esta alteração de acondicionamento está reflectida na redução de tempos de espera e no aumento da produtividade conseguida.

7. Análise de Stock

Analisou-se o stock do produto em estudo e verificou-se que havia uma quantidade excessiva de peças em armazém. Muito mais do que se conseguia produzir e do que o cliente pretendia. O stock em armazém era aproximadamente de 20 dias.

A quantidade média pedida pelo cliente era 5400 peças por semana. Assim, estabeleceu-se um stock de segurança de uma semana, ou seja, 5400 peças.

8. Implementação do Kanban

A introdução do Kanban foi decidida numa altura em que baixou o volume de encomendas. Na fabrica, os stocks aumentaram como consequência de não se ajustarem os objectivos de produção às necessidades do cliente. Designadamente na soldadura continuava-se a soldar peças desnecessariamente, fazendo aumentar os stocks de produto acabado.

Foram construídos quadros específicos: as estruturas foram cortadas, soldadas e pintadas internamente; os cartões também foram desenhados, impressos e plastificados na empresa. Pode-se ver na figura 10 um exemplo de um cartão kanban. Este cartão contem a referência da peça, a quantidade a fabricar, a operação de onde a peça se desloca e a operação seguinte.

Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados

Refira-se que a introdução do Kanban na empresa exigiu a formação de todos os colaboradores envolvidos no projecto. Realizou-se uma formação em sala com a duração de 3 horas e posteriormente um acompanhamento pelos responsáveis no terreno.

Com a introdução do kanban o procedimento passou a ser o seguinte:

quando o cliente coloca uma encomenda, o Armazém de produtos acabados envia as peças pedidas e retira o cartão do seu quadro e coloca no quadro da operação de Soldadura. Por sua vez, a Soldadura retira do armazém de produtos intermédios (as paletes necessárias uma de cada vez). Cada palete contem o conjunto de componentes que constituem a peça e está identificada com um cartão que é retirado e colocado no quadro do Armazém de produtos intermédios. A Soldadura envia os contentores pequenos plásticos de peças para a operação de zincagem. Quando é efectuada esta operação os cartões precedentes da Soldadura são colocados no quadro da Zincagem.

Sempre que existem cartões no quadro do Armazém Intermédio é feita uma palete com o conjunto dos componentes necessários e identificados com um cartão. Como se gastaram peças do armazém é necessário efectuar um pedido ao Fornecedor, colocando-se então, um cartão no quadro do fornecedor. Quando o fornecedor entrega as peças necessárias os cartões são retirados do quadro Fornecedor e colocados no quadro do Armazém intermédio.

A figura 11 representa os fluxos de informação e físicos. Nos fluxos de informação os cartões são deslocados de um quadro kanban para outro. Por exemplo, o Armazém quando necessita de peças informa a operação anterior (soldadura), que já enviou peças e por isso será necessário produzir mais peças. No fluxo físico o cartão kanban acompanha as peças até chegar ao seu destino, por exemplo, quando o armazém intermédio envia peças para a Soldadura o cartão Kanban acompanha o contentor até ao destino, sendo nessa altura colocado no quadro da Soldadura.

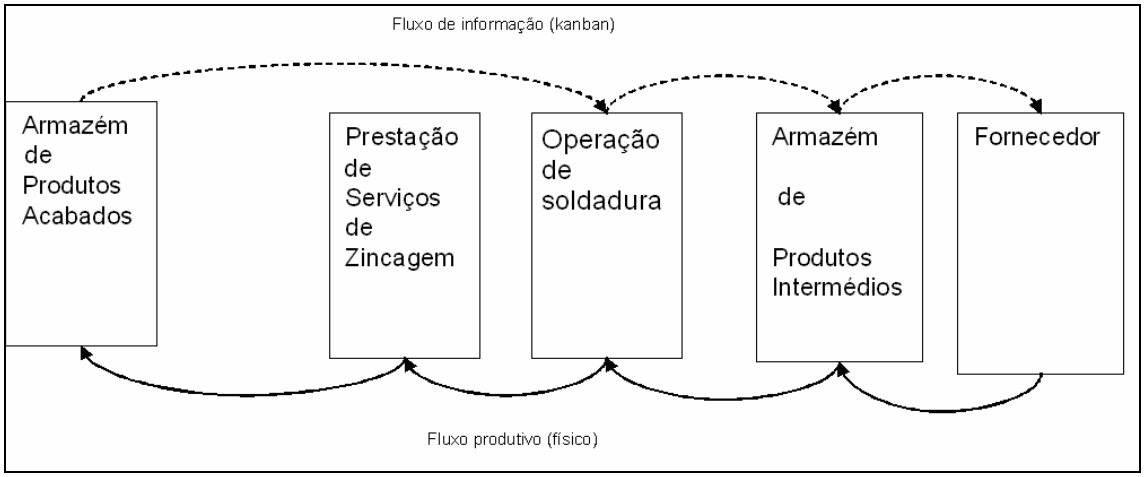

Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos.

9. Estabelecimento do *Takt Time*

Na implementação do Kanban um dos problemas que se coloca é saber o ritmo a que se deve produzir. Será necessário produzir sempre à mesma cadência nos vários turnos? Ou deve-se variar? Para ultrapassar este problema determinou-se o *takt time*. O cálculo deste factor permite saber exactamente a que ritmo é que se deve produzir e consequentemente o número de horas de trabalho.

Foi criado um ficheiro Excel para recolher dados do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning)* da empresa (AS400, SII) através da interface ODBC[1]. O ficheiro criado permite recolher dados de toda a fábrica, ou seja, de todas as peças e de todos os postos de trabalho. Os dados recolhidos são os seguintes:

- stock existente – stock real em armazém;
- peças produzidas nas diferentes operações – registo das quantidades e tempos de produção das peças produzidas;
- encomendas existentes – encomendas dos clientes colocadas no sistema.

É possível calcular o *takt time* com base nas seguintes variáveis:

- referência da peça;
- operação da peça seleccionada;
- horas que se pretende trabalhar em cada turno;
- minutos previstos de paragem por turno para limpezas;

[1] ODBC (acrónimo para *Open Data Base Connectivity*) é uma tecnologia que se utiliza para mover dados de um tipo de base de dados (uma origem de dados) para outra. (10)

- duas datas limite definidas pelo utilizador.

Na figura 12 apresenta-se um exemplo de cálculo no ficheiro construído. Todas as entradas a vermelho podem ser alterados pelo utilizador. Este ficheiro, conforme a referência da peça, altera a informação das operações, o stock existente e as encomendas do cliente. Na figura 12 o *takt time* é calculado para a peça 12491180 e para a operação de soldadura, que vai trabalhar, no turno 1, 10 horas com uma paragem de 15 minutos e no turno 2, 5 horas com uma paragem de 15 minutos. Pode-se observar que o stock é de 3911 peças e que já foram soldadas mais 8771 peças. Para se conseguir entregar as peças ao cliente até 9 de Abril, cada peça deverá ser produzida em 68,80 segundos, mas se a data de entrega for até 23 de Abril pode-se demorar 85,18 segundos. Como o robot tem uma cadência estabilizada, pode-se ajustar o *takt time* alterando-se o número de horas trabalhadas.

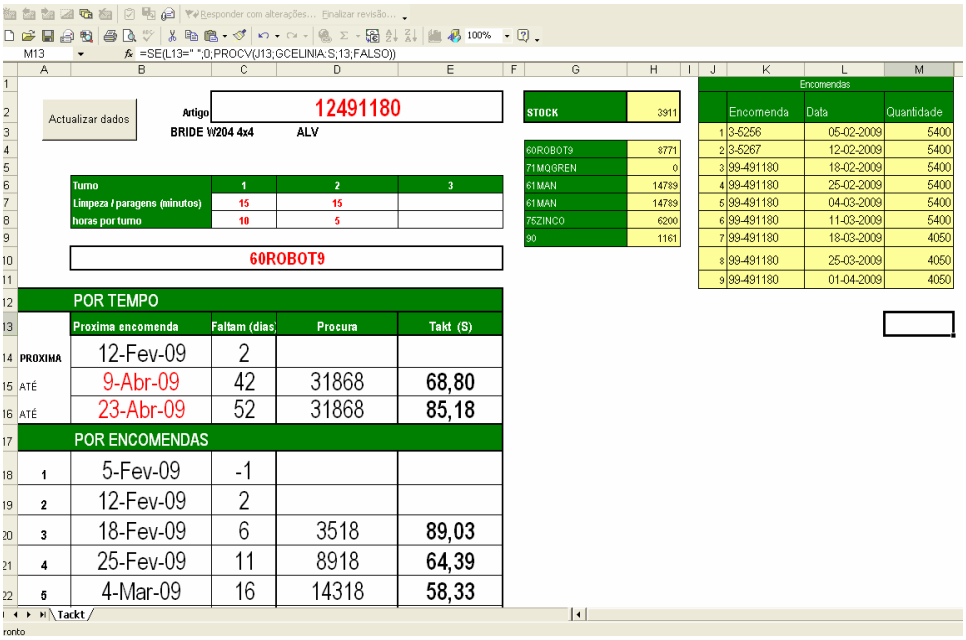

Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação

10. Implementação dos 5S

Os ambientes de trabalho foram estudados e alterados de forma a melhorar o aproveitamento do espaço e obrigatoriamente a sua organização. Os locais para a colocação de peças conformes, não-conformes e para retrabalho foram assinalados, aplicando a metodologia dos 5S.

Os resultados desta actividade são difíceis de quantificar, considera-se, no entanto, que estão reflectidos nos tempos de actividade e nos tempos de espera das operações.

11. Próximos passos

O próximo passo consistirá em criar um posto de trabalho para tirar pingos que facilite a forma de trabalhar dos operadores. O projecto consiste, basicamente, numa nova mesa de trabalho na qual onde as condições de ergonomia serão melhoradas. Faz parte também do projecto a colocação de contadores mecânicos.

Outra alteração será a criação de um posto de retrabalho mais próximo da operação de soldadura.

Pretende-se também que as peças passem a ser embaladas pelos fornecedores de serviço de zincagem. Já foi pedido o referido orçamento. Espera-se com esta alteração a eliminação da operação de embalagem internamente, libertando espaço e pessoas.

Cap IV - Resultados alcançados

A redução de custos conseguida com este projecto deveu-se à aproximação de operações, redução de tempos de espera, redução das distâncias percorridas e redução dos stocks intermédios, como se pode constatar através da comparação dos fluxos de valor antes (figura 5, p.32) e depois das alterações realizadas (figura 13)

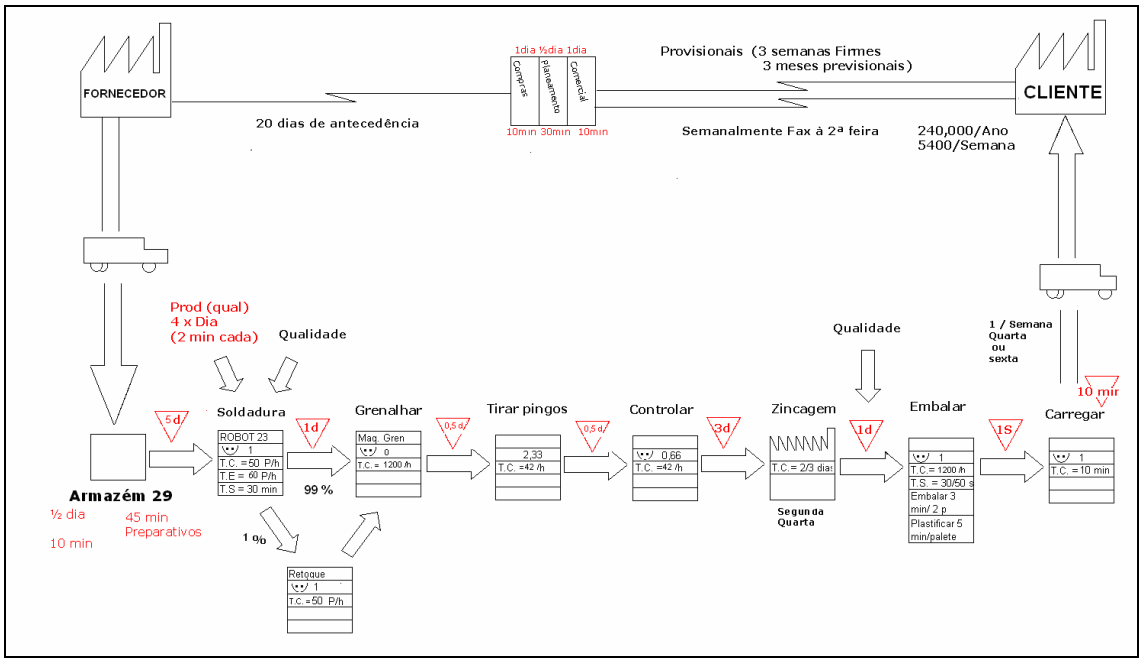

Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo.

1. Cadências

Cada posto de trabalho tem um custo fixo por hora, quando no mesmo tempo se produzem mais peças o custo será menor por peça produzida porque cada peça gasta menos tempo da máquina.

Foi com base neste princípio que se determinou a redução de custos resultante do projecto.

Soldadura – com a optimização do programa de soldadura passou-se de 44 pç/h para 50 pç/h; conseguiu-se um ganho de 6 pç/h, ou seja uma redução de custos de 8,6 € por cada 1000 peças soldadas.

Granalhagem – a preparação de batch maiores e emprego de menos uma pessoa permitiu passar de 1000 pç/h para a 1200 pç/h; conseguiu-se um ganho de 200 pç/h, ou seja uma redução de custos de 11,7 € por cada 1000 peças granalhadas

Eliminação de pingos – diminuiu-se o tempo de operação em consequência da reprogramação do robot; passou-se de 70 pç/h para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 53,3 € por 1000 peças trabalhadas.

Controlo visual – diminuiu-se do tempo de operação em consequência da reprogramação do robot, passou-se de 70 pç/h passando para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 14,8 € por cada 1000 peças controladas

Recuperação das peças – devido à reprogramação do robot as peças a recuperar diminuíram, passando de 3% para 1%, ou seja, conseguiu-se uma redução de custos 3,3 € por cada 1000 peças produzidas.

Embalamento – eliminou-se o controle visual e a pintura das peças controladas, passando-se de 200 pç/h para 1200pç/h;

conseguiu-se uma redução de custos de 25,7 € por cada 1000 peças embaladas.

Globalmente, por cada 1000 peças produzidas, conseguiu-se uma redução de custos de 117,5 €. Considerando um volume de produção médio semanal de 5400 peças, é possível poupar 29818,6€ num ano de produção.

2. Tempos de espera entre operações

Cada peça parada tem um custo de posse calculado pela fórmula:

$$Hanual = Cu \times Tp \times Q/2$$

Em que Hanual é o custo anual, Cu é o custo unitário, Tp é a taxa de posse e Q a quantidade média anual (11). Foi com base nesta fórmula que se calculou a redução de custos relativa aos tempos de espera.

A quantidade média foi calculada com base na produção de peças durante o tempo equivalente ao tempo de espera.

As operações de soldadura e granalhagem ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 54h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 1401 €.

As operações de granalhagem e remoção de pingos ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 18h para 0,5 h, consequentemente a redução de custos anual é de 568,5 €.

As operações de remoção de pingos e controlo visual ficaram mais próximas; o tempos de espera passou de 18h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 399,3 €

O valor total estimado da redução de custos devido à redução dos tempos de espera é de 2369 €/ano.

Refira-se que os tempos de *setup* não foram estudados visto que os robots estão sempre a produzir as mesmas peças.

3. Deslocações de peças

Os valores das deslocações são calculados com base nos custos do empilhador e do porta-paletes. Cada transporte tem um custo por metro deslocado.

Antes do actual projecto a distância percorrida pelo empilhador era de 151m e pelo porta-paletes 138,5m. Com a alteração do *layout* estes valores passaram para 65,1 m e 38,7 m, respectivamente.

A diferença é de 86 m, no caso da movimentação por empilhador (representa uma redução de custos anual de 75,8€) e 99,8 m, no caso da movimentação por porta-paletes (representa uma redução de custos anual de 117,9 €).

O valor da redução de custos anual é de 193,7 €.

4. Stock

O custo das peças em armazém foi calculado pela fórmula da taxa de posse apresentada no ponto 2.

Com este projecto o stock do armazém intermédio passou de 20 dias para 5 dias.

A quantidade média semanal do componente A era 21600 pç e passou para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 300,3 € por ano.

A quantidade média semanal do componente B (com o dobro do consumo), era 43200pç e passou para 10800pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 131,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente C era 21600pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente D era 21600 pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

Refira-se que o stock de produtos finais manteve-se com um valor médio semanal de 5400pç para se assegurar o stock de segurança equivalente a uma semana.

A redução de custos anual por diminuição de stocks foi de 463,9 €.

5. Resultados Globais

As melhorias descritas anteriormente resultaram numa redução de custos anual de 32845€.

Considerando o investimento do projecto (horas-homem dedicadas ao projecto) de 1809 €, resulta um balanço positivo de 31036 €.

Cap V - Considerações finais

O trabalho desenvolvido possibilitou a aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* tendo em consideração a realidade da empresa, conseguindo-se assim atingir os objectivos inicialmente pretendidos.

Houve alguma dificuldade na implementação e interiorização dos novos conceitos *Lean* por parte dos colaboradores. Cite-se, como exemplo, não produzir no caso de não haver cartão Kanban.

Apesar das dificuldades, alguns colaboradores mostraram grande entusiasmo, interesse e dedicação ao projecto, apresentando ideias para melhorar a respectiva secção. Refira-se, como exemplo, as sugestões de alteração de *layout*.

A poupança resultante deste projecto vai ser investido noutros projectos a desenvolver pela equipa do *Lean* da Ciclo Fapril, permitindo assim, a empresa reduzir cada vez mais os seus desperdícios.

Considerando que a divulgação da informação é um factor decisivo para o sucesso deste tipo de projecto, a equipa *Lean* decidiu investir num LCD para que a informação sobre todas as áreas da empresa (técnica, recursos humanos, produção, qualidade) actualizada semanalmente, chegue a todos os colaboradores.

Em jeito de balanço final, pode-se afirmar que os colaboradores perceberam que as mudanças introduzidas trazem benefícios para todos, através da redução dos desperdícios e consequentemente dos custos.

O trabalho descrito neste relatório consiste no primeiro projecto da equipa *Lean*. O objectivo é implementar outros projectos que a Ciclo Fapril já tem neste momento em curso e os novos que surgirão entretanto. É esta ideia de Melhoria Contínua que deverá ser seguida para garantir o sucesso da empresa. Para isso é fundamental manter a monitorização dos resultados para se melhorar cada vez mais e diminuir os custos.

Cap VI - Referências Bibliográficas

(1) Poppendieck, Mary.2002.Principles of Lean Thinking. Poppendieck. LLC.1-7. www.poppendieck.com/. (acedido em 30 de Junho de 2009).

(2) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking, Criar Valor Eliminando desperdício. Comunidade Lean Thinking.1-8. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(3) Pinto, João Paulo. 2006.Gestão de Operações na Industria e nos Serviços. Lisboa: LIDEL, Edições Técnicas.

(4) Pinto, Luiz Fernando Rodrigues Pinto. Sistema de Gestão Visual Aplicada ao TPM – Uma abordagem prática. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de engenharia mecânica, departamento de produção

(5) Alain Courtois; Pellet, Maurice and Martin-Bonnefous, Chantal. 1997. Gestão da Produção. Lisboa: Lidel, Industria & Serviços

(6) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking , glossário de termos e acrónimos.1-9. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(7)Lean Manufacturing Concepts. http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_TAKT.htm (acedido em 30 de Junho de 2009).

(8) Rodrigues, Carlos.2008. Heijunka, Ferramenta Lean Thinking.1-4

(9) Shingo, Shingeo.1996.O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman

(10)Windows. http://www.microsoft.com/portugal/windows/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

(11) Silva, Beatriz Marmelo e. 2003.Gestão de stocks, modelo MRP, MRP II e ERP.Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Outras referências bibliográficas consultadas:

- Gemba Research. http://www.gemba.com/ (acedido em 30 de Junho de 2009)
- Toyota, Equipamento industrial. http://empilhadores.toyota.pt/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

- Arthtur, Jay. 2006.Lean Six sigma, DeMystified, a self-teaching Guide. McGrawHill.
- Domingo, Rosario. 2007. Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. Assemble Automation, 27/2. Emerald Group Publining Limited.27:141-147.
- George, Mike; Rowlands, Dave and Kastle, Bill. 2008.O que é o Lean Six Sigma?". Lisboa: Actual editora.
- Guedes, Maria João SV Guedes and Ribeiro, Laura MM. 2008. Em direcção a uma empresa lean: a mudança necessária, fundição. 4-7.
- Hicks, BJ. 2007. Lean information management: Understanding and eliminating waste. International Journal of Information Mangement.27:233-249.
- Manufacturing. 2007. Lean or flabby?. Lean Overview.86:36-39.
- Ohno, Taiichi.1998.Toyota production System, Beyond large- Scale Production.Portland, Orgon: Productivity Press.
- Warwood, Stephen J and Knowles, Graeme. 2004.An onvestigation into Japanes 5-S practice in UK industry. The TQM Magzine. Emerald Group Publining Limited. 16-5: 347-353.
- Womack, James P and T. Jones. 2005.Lean Solutions:How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones, Daniel.1999. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones; Daniel.1994.From Lean Productions to the Lean Enterprise. HBR.93-104.
- Zijm, W.H.M..1999. Towards intelligent manufacturind planning and control systems. ORSpektrum, Springer-Verlag 2000.22:313-345.

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Implementação de conceitos e práticas de *Lean Manufacturing* na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA

Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes

(Licenciada em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Tese de mestrado realizada sobre a orientação de

Profª. Laura M.M. Ribeiro

Julho de 2009

CANDIDATO	Beatriz Moura Canelas Marmelo e Silva Ozgunes	*Código*	080508001
TÍTULO	Implementação de conceitos e práticas de Lean Manufacturing na empresa metalomecânica Ciclo Fapril SA		
DATA	17 de Setembro de 2009		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Sala C-603- 16h00		

JÚRI	*Presidente*	Professor Doutor Luís Filipe Malheiros Freitas Ferreira	DEMM/FEUP
	Arguente	Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho	DPS/EEUM
	Orientador	Professora Doutora Laura Maria Melo Ribeiro	DEMM/FEUP

Agradecimentos

O presente trabalho só foi possível graças ao empenho e à colaboração que várias pessoas e instituições prestaram à sua autora. A todos desejo agradecer de uma forma geral, mas em particular quero expressar o meu reconhecimento e gratidão a alguns.

À Prof.ª Laura Ribeiro, minha orientadora, pelo apoio técnico da matéria abordada.

Ao Eng.º Samuel Santos, meu co-orientador, pelo apoio metodológico e pela atenção prestada ao longo do período de realização.

À administração da Ciclo Fapril, pela oportunidade de poder realizar o projecto numa empresa como a "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA" e pela disponibilização de todos os meios necessários à concretização do mesmo.

A toda a equipa do Projecto "Emagrecer", em particular por todo o apoio técnico e confiança prestada.

A todos os elementos da "Ciclo Fapril, Industrias Metalúrgicas, SA", pela colaboração prestada.

Resumo

Devido à globalização da economia, à situação económica actual e à forte concorrência, as empresas foram forçadas a reduzir os seus custos através da melhoria dos seus sistemas de gestão. A focalização na redução de desperdícios e na melhoria contínua, utilizando métodos de gestão *Lean* permite gerar altos níveis de valor nos produtos e de satisfação dos clientes.

Esta tese apresenta os conceitos e os princípios da filosofia do *Lean Manufacturing* e o modo como foram implementados na empresa Ciclo Fapril (uma PME da área metalomecânica). A realização da tese teve assim como objectivo analisar e implementar os conceitos do *Lean Manufacturing* através de uma abordagem focalizada na redução do desperdício, conseguindo assim uma poupança nos custos.

Palavras Chave: Lean Manufacturing, Redução de desperdícios, Metalomecânica.

Abstract

Due to economical globalization, the current economical situation and strong competition in the market, the companies are urged to reduce costs by improving their management system. By focusing in waste reduction and continuous improvement using Lean Management methods, high levels of value creation of products and client satisfaction can be achieved.

This thesis presents the concept and the principles of Lean Manufacturing philosophy and how it was implemented in company Ciclo Fapril (a SME in metal works area). Realization of this thesis has the objective of analysing and implementing the

concepts of Lean Manufacturing by an approach focusing in waste reduction, resulting in cost reduction

Key Words: Lean Manufacturing, Waste Reduction, Metalworks SME'S.

Índice

Resumo ..... **I**

Abstract ..... **I**

Cap I - Introdução ao *Lean Manufacturing* **1**

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing* 1
2. Principais conceitos e definições 3
   - 2.1. Definição de Desperdício 3
   - 2.2. Princípios *Lean* 7
3. Métodos e Ferramentas *Lean* 9
   - 3.1. VSM -*Value Stream mapping* 10
   - 3.2. Gestão visual 11
   - 3.3. 5S - Organização do local de trabalho 11
   - 3.4. Kanban 13
   - 3.5. *Takt time* 15
   - 3.6. *Heijunka* – Nivelamento 16
   - 3.7. Produção celular (em fluxo contínuo) 16
   - 3.8. *Poka-yoke* 17
   - 3.9. TPM – *Total productive maintenance* 17
   - 3.10. Trabalho padronizado 18
   - 3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) 19
   - 3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act*) 20
   - 3.13. *Jidoka* 21
   - 3.14. Envolvimento dos Colaboradores 21

Cap II - Contexto do Projecto **23**

1. Motivação para o estudo e objectivos 23
2. Descrição da Empresa 25
   - 2.1. História e actividade da empresa 25

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril 27

1. Introdução 27
2. Escolha do produto a estudar 28
3. Fluxo de valor 30
4. *Layout* 33
5. Análise dos postos de trabalho 36
   - 5.1. Posto de Soldadura 36
   - 5.2. Granalhagem 37
6. Acondicionamento das peças 37

7. Análise de Stock 38
8. Implementação do Kanban 38
9. Estabelecimento do *Takt Time* 41
10. Implementação dos 5S 43
11. Próximos passos 43
Cap IV - Resultados alcançados 44
1. Cadencias..... 44
2. Tempos de espera entre operações..... 46
3. Deslocações de peças 47
4. Stock 47
5. Resultados Globais 48
Cap V - Considerações finais 50
Cap VI - Referências Bibliográficas 52

Índice de Figuras

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril..... 26
Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer" 28
Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel……29
Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel……29
Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo. 32
Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar…… 34
Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)…….. 35
Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto 35
Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout* 36
Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados..... 39
Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos. 40
Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação 42
Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo. 44

Cap I -Introdução ao *Lean Manufacturing*

1. Estado de desenvolvimento do *Lean Manufacturing*

O termo "*Lean*" (em português magro) surgiu com o livro "*The Machine that Changed the Word*" de Womack, Jones e Roos, publicado em 1990 nos EUA. O livro baseia-se num estudo sobre a indústria automóvel e onde se desvenda o sistema de produção usado pela Toyota nas suas fábricas, denominado *Toyota Productions System* (TPS). Neste livro são evidentes as vantagens do Sistema de Produção *Toyota*, designadamente, as enormes diferenças de produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos que explicavam, em grande medida, o sucesso da indústria japonesa (1).

O sistema TPS foi concebido para fornecer as ferramentas e as soluções para as pessoas melhorarem continuamente o seu desempenho. A filosofia *Toyota* assenta em princípios e valores simples e imutáveis:

- a gestão visual como forma de envolver todos através da aplicação dos sentidos;
- a uniformização e estabilização dos processos como forma de reduzir a variabilidade tão prejudicial ao desempenho e nivelamento da produção (2).

O TPS está na origem de *Lean Manufacturing* (também do *Lean prodution,* ou do *Lean Thinking*). O *Lean Manufacturing* surgiu com o engenheiro Taiichi Ohno da *Toyota* e seus precursores: Sakichi Toyoda, fundador do Grupo Toyoda em 1902, Kiichiro Toyoda, responsável pela produção de automóveis entre

1936 e 1950 e Eiji Toyoda (3). O sistema *Lean Manufacturing* consiste em aumentar a eficiência e eficácia da produção através da eliminação contínua de desperdícios. Os lotes de produção são pequenos, permitindo uma maior variedade de produtos. Por outro lado, os trabalhadores são polivalentes/flexíveis, ou seja, dominam outras tarefas para além da sua específica e sabem operar mais do que uma máquina. A preocupação com a qualidade do produto é extrema, tendo-se desenvolvido diversas técnicas, simples mas extremamente eficazes, para proporcionar os resultados esperados, como kanban e *poka-yoke*.

O Pensamento Magro, *Lean Thinking*, pode-se definir como uma filosofia operacional ou um sistema de especificar valor. Consiste em estabelecer a melhor sequência de actividades que criam valor, realizar essas actividades sempre que o cliente solicita produtos e produzir de forma mais eficaz, ou seja, fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço). Simultaneamente, tem-se que desenvolver esforços no sentido de oferecer aos clientes exactamente o que eles desejam no tempo pretendido. Esta filosofia torna o trabalho mais satisfatório, oferecendo feedback sobre a transformação de desperdícios em valor. É uma forma de criar novos trabalhos e não de simplesmente reduzir empregos em nome da eficiência. Mas, trabalhos que efectivamente agregam valor, eliminando-se desperdícios.

A filosofia *Lean* deve necessariamente ser aplicada em todas as áreas funcionais da empresa, desde as vendas às compras, passando pelas áreas financeiras e de recursos humanos, de modo a identificar onde existe maior desperdício e oferecendo

oportunidades de melhoria com impactos substanciais nos resultados do negócio.

2. Principais conceitos e definições

O *Lean Thinking* baseia-se em actividades básicas que identificam tudo o que é desperdício e que é valor. Os conceitos de desperdício e valor estão descritos nos capítulos seguintes.

Os princípios envolvem a criação de fluxos contínuos, sistemas de produção *pull* baseados nas encomendas dos clientes, a análise e melhoria do fluxo de valor (desde as matérias-primas até os produtos acabados) e o desenvolvimento de produtos que efectivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

Para uma implementação eficaz da filosofia *Lean* é então, necessário perceber o conceito de desperdício e os princípios básicos.

2.1. Definição de Desperdício

O desperdício é definido como uma actividade realizada que absorve recursos e que não acrescenta valor. Estas actividades, que julgamos úteis mas que não representam nada junto do Cliente ou das restantes partes da organização são chamadas "muda" pelos japoneses.

É necessário observar e analisar o ambiente em que se trabalha pois a maior parte dos desperdícios são muito evidentes e fáceis de identificar. É normal deparar-se com movimentos repetidos que não acrescentam valor mas que não são questionados

porque se fez sempre assim..., com papeis que circulam de mesa para mesa para serem tratados só por metade dos colaboradores. Muitas vezes uma pequena alteração na colocação das peças ou uma melhor organização do trabalho faz diminuir os tempos de produção. Estas mudanças exigem normalmente a utilização de ferramentas, mas um dos aspectos mais importante é a mudança cultural.

Os sete "muda" mais conhecidos foram identificados por Shingo em 1981 (2).

2.1.1. Produção em excesso

Um dos mais graves desperdícios é produzir mais do que é necessário. A produção antecipada gera os seguintes problemas e restrições no processo produtivo:

- antecipação de compras de peças e materiais;
- aumento dos stocks;
- ocorrências de defeitos:
    - atrasa a detecção defeitos de qualidade (obriga a situações de triagem e retrabalho sobre as peças não-conformes);
- dá origem a várias actividades desnecessárias (manusear, transportar, inventariar, ...).

As causas mais comuns deste tipo de desperdício são as seguintes:

- produção de grandes lotes (normalmente calculado com base na quantidade económica, em que se equilibra o pressuposto custo de *setup* e custo de posse);
- necessidade de rentabilizar transportes e tempos de *setups*;

- antecipação da produção;
- criação de stocks de segurança para compensar atrasos nas entregas ou avarias nos equipamentos.

Para ajustar a produção à procura é necessário implementar métodos de produção *Lean,* tais como: trabalho programado, postos de trabalho balanceados, fluxo contínuo, produção *pull,* a produção nivelada, mudança rápida de ferramentas (SMED). Estes métodos estão descritos nos capítulos seguintes.

2.1.2. Tempo de espera

Um outro desperdício consiste em materiais, pessoas, ou equipamentos à espera de algo.

As principais causas deste tipo de desperdício são as seguintes:

- fluxo obstruído;
- problemas de *layout*;
- problemas de entregas de fornecedores (internos ou externos);
- capacidade não balanceada.

Para eliminar este problema é necessário:

- nivelar a produção;
- estabelecer um *layout* específico por produto;
- garantir mudanças rápidas de ferramentas;
- melhorar a coordenação entre as diferentes áreas de trabalho.

2.1.3. Transporte e Movimentação

O transporte de materiais ou a movimentação de pessoas fazem aumentar o espaço necessário, o tempo de fabricação e por vezes podem provocar não-conformidades nos produtos.

Para se diminuir os transportes e movimentações é necessário redesenhar o *layout* de forma a que a distâncias entre as várias etapas de processamento sejam minimizadas.

2.1.4. Desperdício do próprio processo

A existência de etapas ou operações do processo que não acrescentam valor ao produto traduz-se em desperdício. As causas mais comuns deste desperdício são:

- instruções de trabalho pouco claras;
- requisitos dos clientes não definidos;
- especificações da qualidade mais exigentes do que o necessário.

2.1.5. Stock

Qualquer material ou produto em quantidade superior ao necessário para o processo é considerado um desperdício. A existência de stocks faz aumentar o espaço físico necessário, limitando o espaço existente, para além do aumento de custos de imobilizados (armazéns, taxas sobre activos, seguros, etc.).

2.1.6. Produtos Defeituosos

Todos os produtos com problemas de qualidade implicam desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenamento de produtos defeituosos. As

principais causas para o aparecimento das peças não-conformes são:

- ênfase na inspecção de fim de linha;
- ausência de normas de inspecção;
- falhas humanas;
- transporte e movimentação de materiais;
- ausência de procedimentos nas operações de fabrico.

Para eliminar este tipo de desperdício pode-se:

- implementar operações padrão;
- criar dispositivos de detecção de erros;
- produzir em fluxo contínuo;
- eliminar a necessidade de transporte de peças;
- automatizar processos.

2.1.7. Movimentação ou trabalho desnecessário

Muitos dos movimentos que as pessoas fazem não são realmente necessários. O trabalho resulta apenas do movimento que faz criar valor ao produto. Todos os movimentos que não criam valor são desperdícios. Torna-se então necessário procurar a economia e consistência dos movimentos através do estudo de métodos e tempos do trabalho.

2.2. Princípios *Lean*

Womack e Jones apresentaram pela primeira vez, em 1996, os princípios do "*Lean Thinking*" (3):

1. definir valor
2. mapear o fluxo de valor
3. optimizar os fluxos de valor

4. implementar o sistema *pull*
5. procurar a perfeição

Estes cinco princípios devem ser seguidos na ordem apresentada como se tratasse de um *roadmap* de implementação do *Lean Manufacturing*.

2.2.1. Valor

O ponto de partida essencial para o *Lean Thinking* é estabelecer aquilo que é Valor. Este conceito pode ser definido na perspectiva do cliente final, apesar de ser criado pelo produtor. Do ponto de vista do cliente é para isso que o produtor existe. No entanto, nem sempre é fácil identificar clara e objectivamente o que é que o cliente pretende (necessidades e expectativas) e está disposto a pagar.

2.2.2. Mapear o fluxo

Mapear o fluxo de valor consiste em esquematizar de forma sequencial o conjunto de todas as operações/processos específicos para produzir um produto ou serviço. Ao identificar este fluxo vão aparecer maioritariamente três tipos de actividades:

- actividades que acrescentam valor; por exemplo: abrir uma rosca num componente, dobrar um tubo;
- actividades que não acrescentam valor, mas que são necessárias; por exemplo: montar uma ferramenta num equipamento ou fazer uma inspecção de qualidade;
- actividades que não acrescentam valor; por exemplo: avarias de equipamento, erros diversos.

2.2.3. Optimizar os fluxos

Depois de mapear o fluxo de valor é necessário eliminar qualquer actividade que não acrescente valor ao processo, de modo a tornar os fluxos mais eficientes.

2.2.4. Sistema *pull*

Implementar um sistema *pull* consiste em produzir apenas aquilo que é necessário e quando necessário numa lógica de *just-in-time*. Neste sistema evita-se a formação de stocks de produtos mas tendo sempre como objectivo o fornecimento ao cliente na quantidade e no prazo desejados.

2.2.5. Procurar a perfeição

Este princípio baseia-se no compromisso de procurar continuamente os meios para acrescentar valor e eliminar desperdícios. Procurar a perfeição requer uma atitude de permanente de insatisfação com vista à melhoria contínua.

3. Métodos e Ferramentas *Lean*

Para implementar a filosofia *Lean* é necessário a utilização de métodos e ferramentas de gestão que estão orientados para a redução das perdas, aumentando a eficiência do sistema e reduzindo custos. As ferramentas devem ser aplicadas conforme o *roadmap* traçado, devendo-se começar com ferramentas de análise, depois de implementação e por fim de manutenção.

De um modo geral as ferramentas são simples mas eficazes. De destacar o Kanban, que depois ser implementado é de fácil compreensão (o operador sabe que quando tem cartão produz,

quando não tem não produz). Outra ferramenta simples são os sistemas de alerta *poka-yoke*. Existem ferramentas mais complexas e difíceis de implementar, no entanto facilitam muito o trabalho. O SMED é um exemplo destes: construir sistemas de mudança rápida de ferramentas requer tempo e engenharia, mas depois de implementado, simplifica o trabalho do operador.

Refira-se que numa pequena empresa não é fácil implementar e utilizar várias ferramentas ao mesmo tempo, pois a disponibilidade dos colaboradores é limitada e, por outro lado, nem sempre são muito bem aceites pelos operadores. Mais uma vez, e como já foi referido é muito importante a mudança cultural e participação de todos para que as ferramentas *Lean* tenham sucesso.

3.1. VSM -*Value Stream mapping*

O VSM, traduzido para português Mapeamento da Cadeia de Valor, é um método que consiste em identificar todas as actividades necessárias para produzir um produto ou serviço de modo a desenhar todo o fluxo da cadeia produtiva desde o fornecimento das matérias-primas até a entrega do produto ao cliente. Esta ferramenta permite identificar os desperdícios e consequentemente eliminar as suas fontes através da implementação de acções de melhoria.

O VSM é uma ferramenta essencial para analisar o estado actual dos fluxos antes de começar a implementar a filosofia *Lean*

3.2. Gestão visual

A gestão visual é uma forma de comunicação e compreendida facilmente por todos. Exemplos de gestão visual são os quadros de programação da linha/célula, as marcações no espaço para colocar objectos no local correcto ou a utilização de cores para identificar contentores que contêm diferentes tipos de peças.

A gestão visual permite melhorar a informação sobre o processo produtivo, instruções de manutenção ou actividades básicas dos processos (4). As grandes vantagens da gestão visual são:

- facilidade de interpretar a informação;
- permite uma resposta rápida aos problemas;
- facilita a comunicação entre as equipas de trabalho;
- permite atribuir maior autonomia aos operadores;
- contribui para a redução de erros;
- contribui para melhorar o ambiente de trabalho.

3.3. 5S - Organização do local de trabalho

A metodologia 5S consiste em simplificar o local de trabalho, reduzir o desperdício, eliminar as actividades que não acrescentam valor, aumentar a segurança e obter um nível superior de qualidade e eficiência. A designação 5S deve-se às cinco etapas que devem ser seguidas:

- **Seiri – Organização**

  Tem como objectivo:

  - garantir que os equipamentos, ferramentas e materiais estão onde realmente são precisos;

- classificar os itens de acordo com a frequência de utilização;
- remover todos os itens desnecessários;
- identificar causas de desorganização.

- **Seiton – Arrumação**

Esta etapa visa:

- ordenar e identificar os objectos necessários para que qualquer pessoa os possa localizar facilmente, simplificando-se o trabalho;
- identificar todas as áreas com ajudas visuais, tais como: linhas, etiquetas, códigos de cor, etc.

- **Seiso – Limpeza**

Tem como alvo:

- eliminar as causas de lixo;
- aumentar a eficácia da limpeza do local de trabalho incluindo os equipamentos.

- **Seiketsu – Normalizar**

O propósito desta etapa é manter os três primeiros passos implementados através da criação de regras e procedimentos, garantindo que:

- não há itens desnecessários;
- os itens estão nos locais correctos;
- o estado de limpeza é mantido.

- **Shitsuke – Disciplina**

Esta etapa visa:

- eliminar a variabilidade, ou seja, conseguir o empenho total das pessoas para procederem sempre de acordo com os procedimentos estabelecidos anteriormente;
- aplicar e aperfeiçoar as normas de organização/ arrumação/ limpeza;

- fazer cumprir as normas através de treino, empenho e disciplina;
- fazer dos 5S um hábito e um modo de vida.

As vantagens da utilização desta ferramenta são evidentes, de destacar a simplificação do trabalho, maior motivação e produtos e serviços com mais qualidade com consequência positiva ao nível do Cliente. Pode-se concluir que a aplicação dos 5S contribui para o aumento da produtividade num local de trabalho mais agradável e seguro.

3.4. Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa etiqueta/cartão/marca. O funcionamento do sistema kanban baseia-se na sinalização dos fluxo de produção com cartões que identificam a referência do produto, quantidade a produzir e a sequência de operações.

O kanban surgiu devido à necessidade de existir um sistema de informação que permitisse transmitir a informação das necessidades de material das operações a jusante para as operação a montante do processo produtivo. Num sistema *pull,* as actividades de uma determinada operação iniciam-se apenas na sequência de um pedido ou ordem do cliente.

Os objectivos da ferramenta kanban são:

- regular o volume de produção dos diferentes postos de trabalho de acordo com as flutuações da procura;
- reduzir o stock em curso;

- produzir a quantidade solicitada e no momento em que é solicitada (reposição baseada no consumo/pedido);
- manter um fluxo contínuo de produção;
- controlar visualmente o fluxo ao longo da cadeia de valor

As informações que constam nos cartões Kanban variam de empresa para empresa, no entanto existem dados que são indispensáveis:

- referência da peça a ser fabricada;
- quantidade a produzir;
- designação do posto fornecedor;
- designação do posto cliente.

Para determinar o número de contentores Kanban, não existe propriamente uma regra. Na maior parte das empresas, começa-se, em geral, por um número elevado sem que haja uma quebra de fluxo. Porém pode-se utilizar a seguinte fórmula para calcular o número de cartões:

$$\text{N.º} = \frac{\text{consumo médio x Lead Time + stock de segurança}}{\text{número de peças existentes do contentor.}} \quad (5)$$

Estes contentores não podem ser deslocados sem um cartão kanban e todos devem conter o mesmo número de componentes. Para além destas regras, de referir que apenas os produtos conformes é que podem seguir na cadeia de valor.

O sistema kanban apresenta as seguintes vantagens:

- baixo custo associado ao sistema de informação;
- não necessita de sistemas informáticos complexos;

- maior interligação dos postos de trabalho no que se refere aos fluxos materiais e informação;
- maior delegação de responsabilidades aos operadores;
- *lead times* mais reduzidos;
- diminuição de stocks (consequentemente maior libertação de espaço, inventário mais fácil e menos custos).

No entanto a aplicação deste sistema apresenta algumas desvantagens, de destacar:

- a necessidade de planos de produção estáveis; o surgimento de uma procura não planeada causa interferências nos fluxos;
- não permite grande variabilidade, o que quer dizer que tempos de paragem imprevistos e prolongados podem afectar os fluxos;
- é afectado pelo aparecimento de peças não conformes.

3.5. Takt time

Takt time é uma palavra alemã que significa batuta. O *takt time* define a cadência a que se deve produzir baseada na taxa de vendas. Se a procura aumenta, o *takt time* terá de diminui e vice-versa (6). É calculado do seguinte modo:

Takt time = tempo de trabalho disponível/ procura do cliente (7)

As vantagens da implementação do *takt time* são as seguintes:

- eliminar o desperdício da sobreprodução;

- permite uma programação precisa por parte do planeamento;
- permite sincronizar a produção com a procura dos produtos;
- constitui a base para a medição do desempenho;
- ritmo de produção mais estável;
- permite dimensionar as células de produção;
- reduz o trabalho em curso.

3.6. *Heijunka* – Nivelamento

O grande objectivo da ferramenta *Heijunka* é nivelar o volume de produção, o mix de produtos e o tempo de produção (8). Através desta ferramenta de programação da produção consegue-se implementar um fluxo contínuo de acordo com o *takt time* previamente definido e produzir nem mais nem menos da quantidade solicitada.

Refira-se que com a produção de lotes mais pequenos e a uniformização dos processos, consegue-se identificar mais facilmente os problemas e consequentemente a forma de os eliminar. Com esta programação torna-se possível reduzir os stocks, o espaço necessário e os tempos de espera.

3.7. Produção celular (em fluxo contínuo)

A produção celular consiste em juntar num local específico um grupo de operações concebidas para produzir um produto ou família de produtos de uma forma flexível. O movimento de materiais segue a lógica dos fluxos e faz-se em lotes pequenos.

Para implementar este método é aconselhável que:

- As células de produção sejam em U
- Todas as operações necessárias para produzir um componente ou montar um subconjunto são realizadas muito próximo umas das outras

Para que este sistema funcione em pleno é necessário garantir previamente a flexibilidade e polivalência dos colaboradores.

3.8. Poka-yoke

O *poka-yoke* é um método, desenvolvido por Shigo Shingo, (9) que visa dotar os processos de fabrico com dispositivos de controlo capazes de eliminar as causas de erro (evitando a sua recorrência) ou detectar os erros à medida que acontecem de forma a prevenir que as peças não-conformes sigam no fluxo de fabrico.

Assim sendo, o *poka-yoke* permite:

- eliminar os problemas causados por erros;
- assegurar a qualidade esperada pelo cliente;
- reduzir o retrabalho e os custos associados;
- prevenir danos nos equipamentos.

3.9. TPM – *Total productive maintenance*

O TPM (*Total Productive Maintenance)* é um processo que visa o compromisso e envolvimento de todos em actividades de manutenção produtiva, tendo em vista reduzir as avarias dos

equipamentos, contribuindo para melhorar a qualidade e produtividade.

O TPM tem um efeito directo na eficácia global dos equipamentos (OEE) porque dirige os esforços para a eliminação das "seis grandes perdas" dos equipamentos com consequência ao nível da disponibilidade, cadência ou qualidade:

- falha/ avaria do equipamento;
- perdas de tempo para mudança e ajustes (*setup*);
- esperas ou pequenas paragens devido a outras etapas do processo (a montante ou a jusante);
- redução de cadência;
- defeitos no processo;
- perdas no início da produção.

3.10. Trabalho padronizado

O princípio do trabalho padronizado é documentar e normalizar as tarefas ao longo da cadeia de valor. Normalmente são desenvolvidos dois tipos de documentos:

- instruções de fabrico - específicos para um determinado trabalho, podem conter o desenho da peça, referência, lista de materiais, ferramentas usadas, ...;
- procedimentos operacionais – especificam o modo de realizar as actividades gerais da empresa, como por exemplo, a recepção de matéria-prima, o que fazer quando se detecta material não-conforme, ...

A implementação do trabalho padronizado permite:

- aumentar a eficácia da formação e treino dos operadores;
- suportar a melhoria dos processos e produtos;
- reduzir a variabilidade da qualidade do produto;
- reduzir os custos da formação dos colaboradores novos.

3.11. SMED (*Single Minute Exchange of Dies)*

O objectivo do SMED é a racionalização do trabalho de preparação de um determinado equipamento. Os passos a desenvolver consistem em:

1. analisar a situação actual – efectuar o levantamento de todas as tarefas e tempos associados;
2. separar as operações internas (montagem e desmontagem realizadas com a máquina parada) e externas (operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, por exemplo o transporte de ferramentas) – organizar o trabalho de tal forma que as operações externas sejam realizadas antes da paragem do equipamento;
3. transformar as operações internas (equipamento parado) em externas (equipamento a funcionar) – fazer a transformação através de alterações do equipamento ou procedimentos;
4. reduzir a extensão das tarefas internas (realizá-las em paralelo ou demorar menos tempo na sua realização);
5. reduzir a extensão das tarefas externas – demorar menos tempo a realizar as tarefas de preparação .

A utilização do SMED contribui para aumentar a flexibilidade e a rapidez de resposta às variações da procura e permite a redução de lotes, pois o tempo de mudança de ferramenta é reduzido. Permite também aumentar a disponibilidade e a capacidade de produção e, por último, a redução de stocks.

3.12. PDCA (*Plan, Do, Chek, Act)*

O PDCA foi modelizado por Shewhart, em meados na década de 20, sendo divulgado e efectivamente aplicado, mais tarde, por Deming.

O Ciclo de melhoria contínua, denominado por PDCA é centrado na resolução de problemas, identificação das causas e na procura da melhor solução. Segundo Deming é composto pelas seguintes etapas:

- **Plan** (planear) - definir as metas a alcançar e o método para o conseguir.
- **Do** (executar) – executar as tarefas exactamente como previsto na etapa de planeamento;
- **Check** (verificar) - verificar se o que foi feito está conforme o planeado, ou seja, se os objectivos foram alcançados, através da aplicação do método definido.
- **Act** (actuar) - caso sejam identificados desvios, é necessário definir e implementar soluções que eliminem as suas causas. Também é sempre possível melhorar identificando potenciais fontes de variação, causas e soluções.

O PDCA pode ser aplicado na realização de qualquer actividade da organização. Idealmente todos deveriam utilizar esta ferramenta de gestão na realização das suas actividades diárias.

3.13. Jidoka

A palavra *Jidoka*, em japonês, significa automação, mas é um termo conhecido como "automação com características humanas". O objectivo central desta ferramenta é impedir a propagação de defeitos e eliminar qualquer anomalia no processamento e fluxo de produção. Quando o processo é interrompido o problema torna-se visível ao operador, aos seus colegas e à sua supervisão. O *Jidoka* usa os mecanismos *poka-yoke*.

As vantagens do uso do Jidoka são:

- melhoria da produtividade – melhor utilização dos recursos;
- melhoria da qualidade – os erros de qualidade são diminuídos;
- redução do stock - conseguido pela eliminação de stocks intermédios entre as operações;
- redução do *lead time* - com a eliminação dos tempos de espera entre operações e pela cadência da movimentação dos materiais.

3.14. Envolvimento dos Colaboradores

É decisivo para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* o envolvimento e a contribuição de todos, desde os

elementos da administração da empresa até aos operadores de máquina.

Cap II - Contexto do Projecto

1. Motivação para o estudo e objectivos

O presente relatório descreve o projecto realizado na área de Planeamento e Gestão da Produção da empresa Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas, S.A, entre 25 de Fevereiro de 2008 e 30 de Junho de 2009. O projecto foi realizado no âmbito de um projecto mais alargado intitulado "Emagrecer" e que teve como objectivo a aplicação da filosofia *Lean* na empresa. Este projecto contou com a colaboração de uma equipa de colaboradores de diferentes áreas funcionais da Ciclo Fapril.

A crise económica que se tem vivido em todo mundo tem provocado uma grande preocupação com a redução de custos/desperdícios em vista à melhoria do desempenho da organização conseguindo assim continuar a competir no mercado. Foi neste contexto que surgiu o projecto "Emagrecer". O projecto teve também o propósito de mudar a mentalidade dos colaboradores, muito voltada para dentro da empresa/produto, visando a satisfação total do cliente.

Embora a filosofia *Lean* possa parece simples e óbvia (e efectivamente é), a experiência tem mostrado que são poucas as empresas que conseguem replicar o sucesso da Toyota. A razão é simples, mas não é fácil de ultrapassar, exigindo uma mudança radical na mentalidade, valores e disciplina. A introdução de algumas ferramentas isoladamente não significa sucesso na implementação, tornando este projecto num grande desafio para a empresa.

Os principais problemas com que a Ciclo Fapril se tem deparado são os seguintes:

- **stock excessivo** - existe uma grande quantidade de stock nos armazéns porque se produziram quantidades de produtos que os clientes deixaram de pedir ou mais rápido do que era necessário; stocks elevados requerem maior espaço de armazém e dificultam a gestão dos contentores dentro do mesmo; assim, estabeleceu-se como objectivo baixar o stock médio de 20 dias para 5 dias (equivalente a uma semana).
- **logística interna** – alguns componentes são deslocados desnecessariamente entre postos de trabalho, consequentemente os empilhadores são constantemente requisitados, existindo uma procura constante de contentores; estabeleceu-se como objectivo reduzir as distâncias através da alteração de *layout*.
- **desperdício do próprio processo** – nem sempre os requisitos do cliente são bem traduzidos internamente, consequentemente executam-se operações que o cliente não valoriza, por exemplo, polir demasiado uma peça quando o cliente só quer que não apareçam pingos de soldadura.
- **excesso de produção** - produzir para além daquilo que é necessário para uso imediato; normalmente a falta de definição de prioridades levam a produzir o que não é necessário para aquele momento, atrasando as encomendas que deveriam ser produzidas; não há um planeamento detalhado das máquinas.

O grande objectivo deste projecto foi, então, eliminar ou reduzir os problemas acima referidos, ou seja, eliminar desperdícios.

2. Descrição da Empresa

2.1. História e actividade da empresa

Fundada em 1965 por António Serafim Soares de Almeida, a empresa inicialmente denominada **Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ltª,** começou a laborar com seis empregados, para além dos três sócios.

Os produtos fabricados eram exclusivamente componentes (eixos para jogos pedaleiros) para veículos de duas rodas, sendo o principal cliente a S.I.S Sachs e o principal fornecedor a empresa F.Ramada. Em 1968 a empresa altera a sua denominação para **Ciclo-Fapril Comércio e Indústrias de Bicicletas Ldª**, passando a produzir jogos pedaleiros para bicicletas. Em 1992 é transformada em sociedade anónima, sem perder o seu carácter familiar e adopta a denominação de **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**.

Actualmente a **Ciclo Fapril, Indústrias Metalúrgicas S.A**. actua no mercado da subcontratação de peças metálicas, produzindo componentes obtidos por corte, estampagem e/ou soldadura, 85% dos quais são destinados ao mercado externo (dados de 2006).

Dentre os principais clientes da empresa destacam-se a Yamaha, Peugeot, Derbi (sector de motociclismo) e Hill-Rom (sector hospitalar).

Na figura 1 pode-se observar um dos produtos (quadro de motorizada) fabricados na Ciclo Fapril.

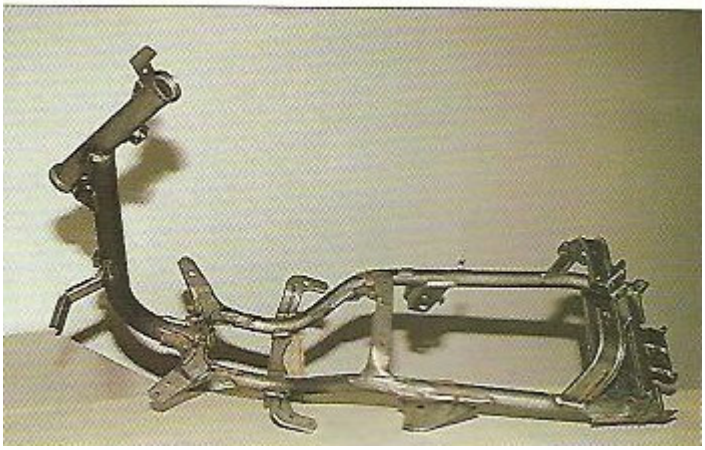

Figura 1 - Quadro de mota produzido na Ciclo Fapril

A Ciclo Fapril dispõe de um parque de máquinas e equipamentos adequados ao corte, deformação, soldadura, e revestimentos de superfície de tubos, chapas e varões. Em Fevereiro de 2009 a Ciclo Fapril tinha 150 colaboradores e funcionava a dois turnos, cinco dias por semana.

A Ciclo Fapril possui um Sistema de Gestão da Qualidade certificado segundo a norma NP EN ISO 9001:2000.

Cap III - Aplicação do *Lean Manufacturing* na empresa Ciclo Fapril

1. Introdução

A implementação do *Lean Manufacturing* na Ciclo Fapril, começou pela constituição de uma equipa de dez pessoas de diferentes sectores da empresa. A seguir escolheu-se um produto de classe A (produto com um elevado custo de stock) que tivesse encomendas regulares e um tempo de vida longa.

Após a escolha do produto, fez-se um levantamento do seu fluxo e estudaram-se todos os processos de forma a diminuir os seus desperdícios através da aplicação das ferramentas *Lean*. O projecto foi realizado em etapas e sofreu alterações pontuais de acordo com as necessidades.

A equipa passou a reunir semanalmente para discutir ideias sobre as eventuais mudanças que deveriam ser realizadas e decidir sobre as acções a implementar. Em todas as reuniões registou-se a lista de medidas e acções correctivas assim como os respectivos responsáveis. Foi criado um documento digital com os planos de acção para facilitar a monitorização do projecto. A figura 2 mostra uma parte desse documento. Como se pode observar, o documento descreve os problemas surgidos, as datas previstas para a realização das acções a desenvolver e os responsáveis. Por exemplo, um dos problemas era os operadores queixarem-se dos bancos; a medida tomada foi procurar um tipo de banco mais confortável até ao dia 12 de Fevereiro de 2009; ficando responsáveis por esta medida a Catarina, a Célia e a Eliana.

CLIENTE / FORNECEDOR	CARACT. NORMAL / CRITICA (C/C) / REGULAMENT.(S/C)	DESIGNAÇÃO DO PROBLEMA / ASSUNTO	ACÇÕES A DESENVOLVER (AP) - PREVENTIVAS / (AC) - CORRECTIVAS / (C) - CORRECÇÕES	DATA PREVISTA	RESPONSÁVEL	COLABORAÇÃO	RESULTADO DAS ACÇÕES	CONCLUÍDO	DATA de Termino	COMENTÁRIOS / OBSERVAÇÕES
ALLEVARD	NORMAL	OS UTILIZADORES DOS BANCOS NÃO SE SENTEM CONFORTAVÉIS.	(AC) - EXPERIMENTAR OUTRO TIPO DE BANCOS	12-02-2009	CATARINA / CÉLIA	ELIANA		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	AS BANCADAS QUE COLOCAMOS NA LINHA ALLEVARD TEM ASPECTO MAL E AS PESSOAS NÃO TRABALHAM COM EFICIENCIA	(AC) - DESENHAR E CONSTRUIR UMA BANCADA PARA AUMENTAR EFICIENCIA NO LOCAL DO TRABALHO.	26-02-2009	CATARINA			NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	FALTA PROCEDIMENTO PARA SUBCONTRATAÇÃO	(AP) - DEFINIR/EXPLICAR COM ELECTROFER COMO VAMOS PROCEDER	12-02-2009	CÉLIA	EMIRE		NÃO		
ALLEVARD	CRITICA	QUANTIDADE DE KANBAN NÃO COINCIDE COM QUANTIDADE DE PEDIDOS DO CLIENTE	(AC) - ACERTAR A QUANTIDADE POR MULTIPLOS DE PEDIDO DO CLIENTE / CAIXA E IMPRIMIR NOVAS CARTÕES		BEATRIZ			NÃO		

Figura 2 - Exemplo de um plano de acções estabelecido numa reunião da equipa "Emagrecer"

2. Escolha do produto a estudar

Para escolher o produto a estudar foi realizada uma análise ABC. Dos produtos de classe A, escolheu-se um produto com problemas de qualidade no cliente e com encomendas regulares. Trata-se de uma abraçadeira para fixar a barra estabilizadora da direcção de um automóvel. Os problemas de qualidade eram a dimensão da abertura e problemas de soldadura (solda descontínua e aparecimentos de porosidade).

Na figura 3 pode-se observar um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel que incorpora a barra de direcção e a abraçadeira produzida pela Ciclo Fapril.

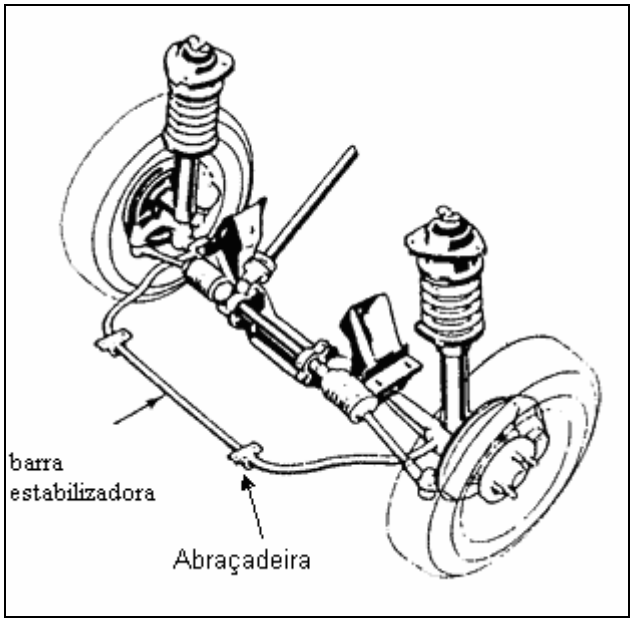

Figura 3 - Imagem de um sistema de suspensão da parte frontal de um automóvel

Esta abraçadeira é constituída pelos 4 componentes assinalados na figura 4.

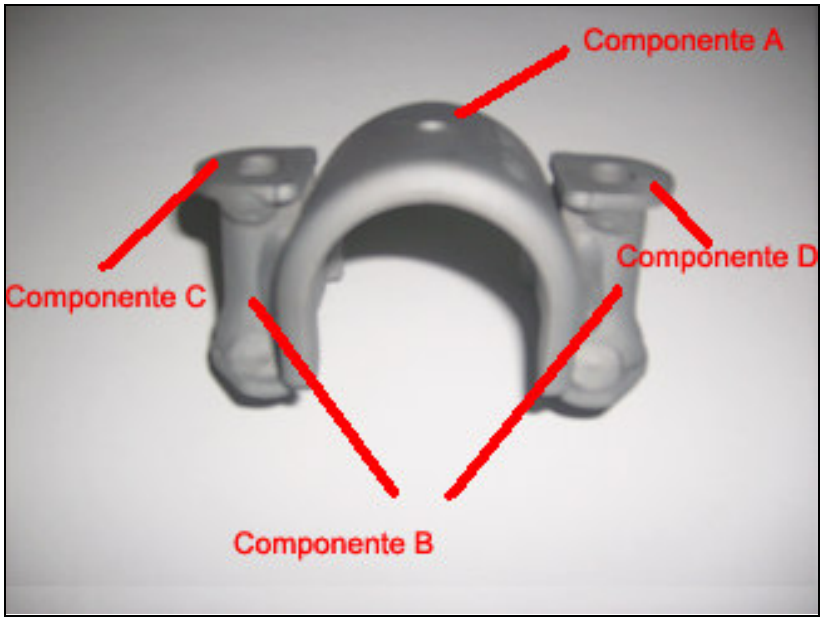

Figura 4 - Abraçadeira para fixar a barra de direcção de um automóvel

A abraçadeira é fabricada de acordo com a seguinte gama operatória:

1. Soldar (em robot) por soldadura MIG – na soldadura MIG estabeleceu-se um arco eléctrico entre um fio de metal que é fundido e a peça a soldar;
2. Granalhar – processo que utiliza granalha de aço inoxidável para polimento das peças;
3. Eliminar pingos – com a ajuda de uma talhadeira "raspam-se" os excessos de metal de adição da soldadura;
4. Controlar dimensionalmente com a ajuda de um gabarit e controlar visualmente a superfície;
5. Zincar – operação de revestimento da superfície com zinco realizada no exterior.
6. Embalar – acondicionamento das peças em caixas de cartão.

3. Fluxo de valor

Para realizar o mapeamento do fluxo de valor foi necessário descrever todo o processo de fabrico do produto em análise. Este estudo foi realizado pela equipa formada, tendo-se solicitado, pontualmente, a intervenção de outros colaboradores para o esclarecimento de dúvidas sobre operações específicas.

Esta actividade teve como objectivo identificar os pontos críticos para uma intervenção prioritária. Ao ser realizado este estudo identificou-se, desde logo, uma operação que era feita desnecessariamente. De facto, no início da produção da abraçadeira, o polimento era efectuado na máquina de abrasivos cerâmicos, os quais ficavam muitas vezes presos na peça.

Consequentemente, esta operação era realizada com um controlo a 100% para verificação da existência de abrasivos na peça. Durante o controlo era feita uma marca com um pincel para assinalar as peças verificadas. Com a alteração do referido equipamento para uma máquina de granalhar, a operação de inspecção manteve-se. Com o mapeamento de fluxos apercebeu-se que actualmente esta operação não fazia qualquer sentido, tendo sido eliminada de imediato do processo de fabrico.

Na figura 5 apresenta-se o fluxo relativo à peça em estudo: o cliente envia informação sobre as quantidades pedidas; esta informação é tratada pela Comercial que coloca a informação no sistema informático; em seguida o Planeamento verifica as necessidades e envia a informação para as Compras que efectuam encomendas ao fornecedor com um prazo de 20 dias; depois das peças chegarem passam para o armazém de produtos intermédios até serem enviadas para a Soldadura; depois de soldadas, em média 97% das peças vão para a Granalhagem e 3% são retocadas (e posteriormente são granalhadas); depois da Granalhagem vão para a operação de Retirar pingos, Controlo, Zincagem (no exterior), Embalamento e por último, são carregadas no camião para seguirem para o cliente.

Os Triângulos a vermelho representam tempos de espera; dentro de cada operação, o símbolo representa o número de pessoas, TS – o tempo de *setup*; TC – o tempo de cadência do posto e a TE – a cadência máxima da máquina.

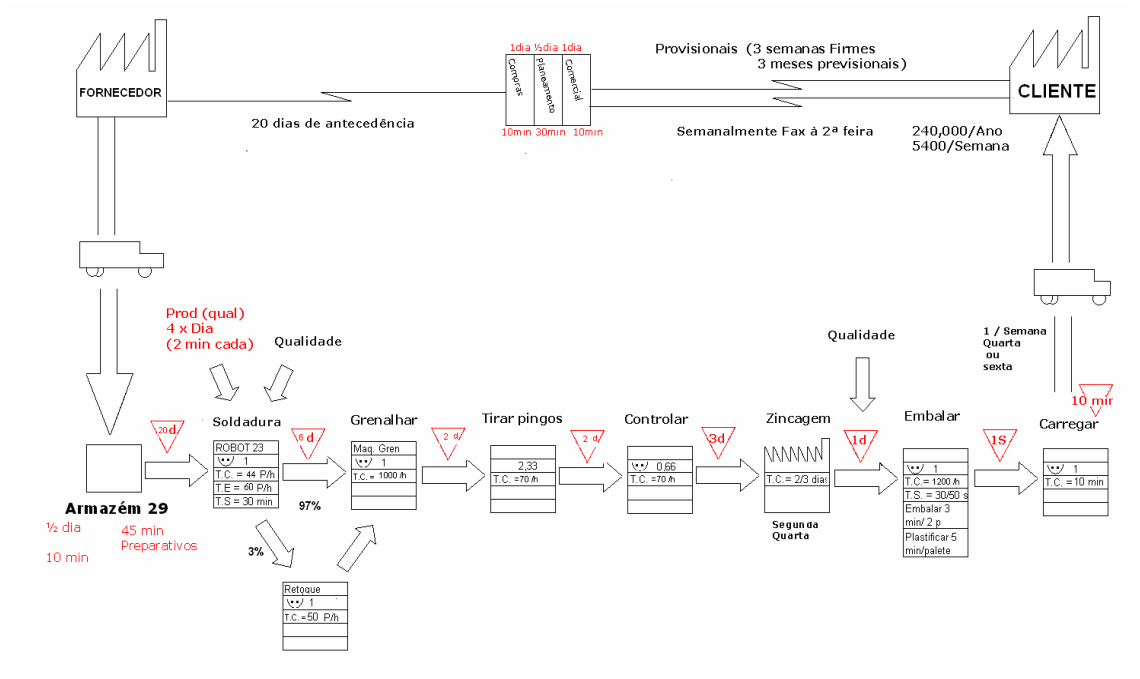

Figura 5 - Fluxo de valor da peça em estudo.

As cadências de operações eram as seguintes:

- Soldadura – 44 peças/hora
- Retoque (3% das peças soldadas) – 50 peças/hora
- Granalhagem – 1000 peças /hora
- Retirar pingos – 70 peças/hora
- Controlar peças – 70 peças /hora
- Zincagem – é realizada no exterior (2 a 3 dias)
- Embalamento – 200 peças/hora
- Carregar peças para o camião – 10 peças/hora

Os tempos de espera, entre operações, eram os seguintes:

- Soldadura para a Granalhagem – 54horas
- Granalhagem para Retirar pingos – 18 horas
- Retirar pingos para Controlar – 18 horas
- Controlar para Zincagem – 3 dias

- Zincagem para Embalamento – 1 dia
- Embalamento até carregar o camião para o cliente – 1 semana

4. Layout

Fez-se também um levantamento do percurso das peças durante a realização das operações de fabrico. Na figura 8 pode-se verificar o percurso no início do projecto.

Ao analisar o fluxo identificaram-se postos de trabalho indevidamente localizados (um robot, a máquina de granalhar e os postos de retirar pingos). Como estes estavam só dedicados ao produto em estudo, alterou-se a localização dos mesmos de forma a reduzir a distância percorrida pelas peças e criando assim uma célula de fabrico. As medidas tomadas foram as seguintes:

- um dos robots foi deslocado para junto de um outro;
- a máquina de granalhar foi colocada no meio dos 2 robots e os postos onde se retiram pingos de soldadura também foram colocados ao lado da máquina de granalhar.

Na figura 6 pode-se observar uma parte do *layout* com as alterações realizadas.

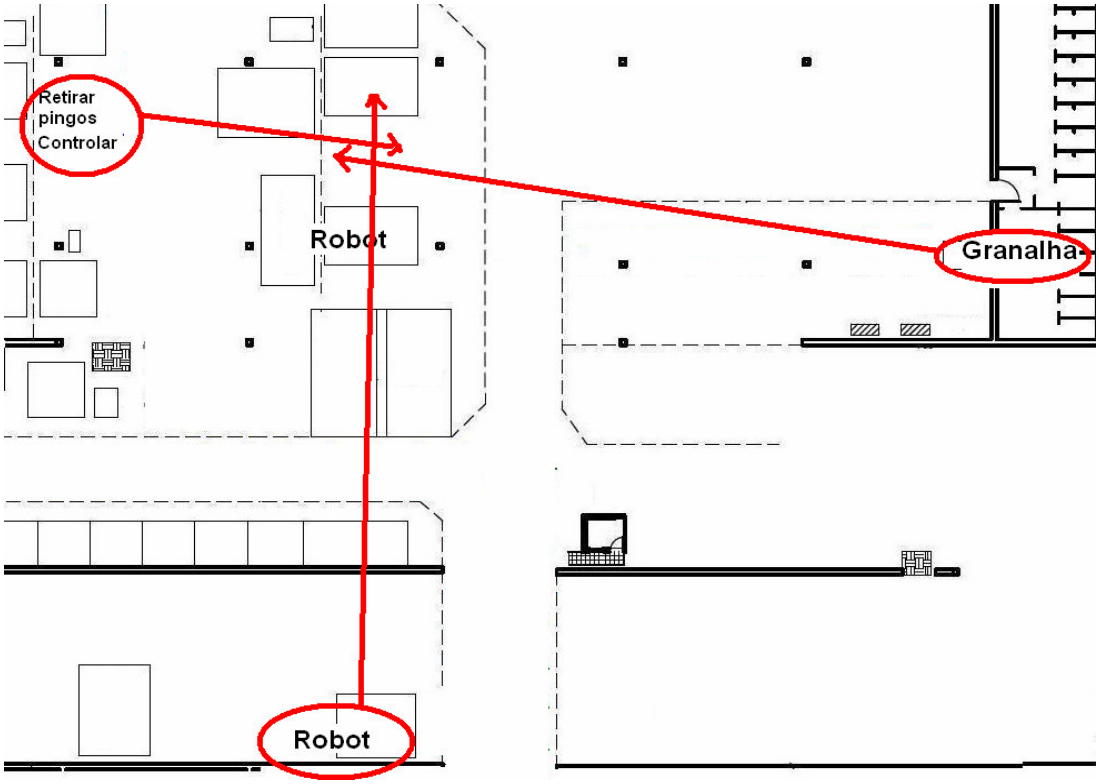

Figura 6 - Alteração da localização dos postos de trabalho: robot de soldadura, máquina de granalhagem e postos de trabalho de retirar pingos e controlar

Estas alterações deram origem a uma redução considerável do tempo de espera e do percurso das peças.

A figura 7 representa as deslocações (em metros) entre os diferentes postos. São descriminadas as deslocações efectuadas por porta-paletes e empilhador. Por exemplo, pode-se observar que as peças correspondentes à primeira linha deslocavam-se 25 metros desde o armazém até ao robot em empilhador, depois de soldadas deslocavam-se em porta-paletes 66 metros até a máquina de grenalhar, e assim sucessivamente.

Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	Des.	Posto	TOTAL	
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									282	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	105	zin.									288	97%
Arm.	25	Rob. 18	66	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	501	
Arm.	42	Rob. 23	55	Grenal.	70	Ret. ping	16	Cont.	42	ret.	91	Grenal.	70	Ret. ping	16	cont.	105	zin.	507	
Arm.	25	Rob. 18	41	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							348	
Arm.	42	Rob. 23	70	ret.	91	Grenal.	70	Ret. Ping	16	cont.	105	zin.							394	3%
Des. (empilha)			Des. (porta-pal)																	

Figura 7 - Tabela das deslocações dos diferentes postos inicias (em metros)

A figura 8 representa o fluxo das peças no início do projecto e a figura 9 representa o fluxo actual das peças após a alteração do *layout*.

Figura 8 - Percurso das peça no início do projecto

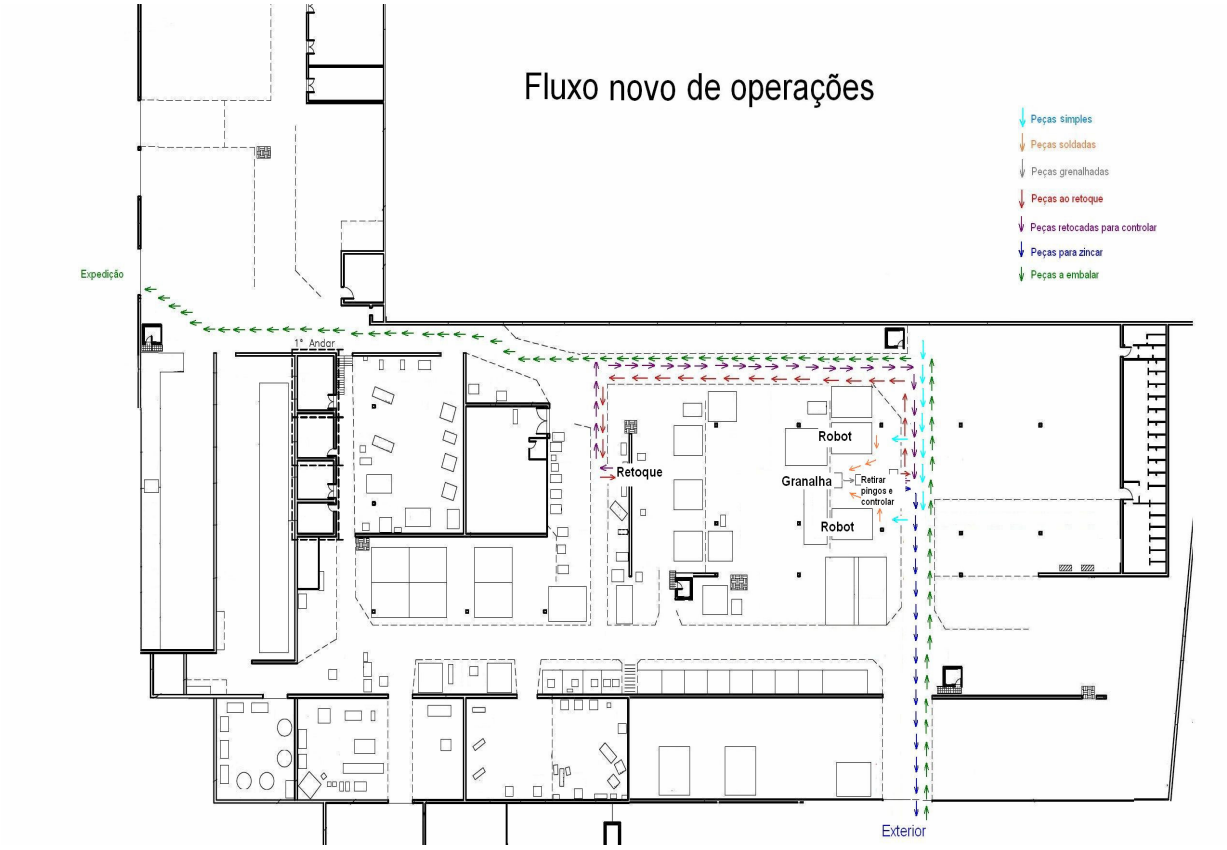

Figura 9 - Percurso das peças após alterações de *layout*

5. Análise dos postos de trabalho

5.1. Posto de Soldadura

O programa de robots de soldadura foi analisado de forma a reduzir o tempo de soldadura e a diminuir os pingos de soldadura nas peças. A reprogramação permitiu aumentar o número de peças produzidas por hora e diminuir o tempo dedicado a retirar pingos e a controlar visualmente. Os retoques de soldadura também foram diminuídos.

5.2. Granalhagem

A deslocalização da máquina de granalhar para junto dos robots se soldadura foi possível porque cerca de 90% das peças sujeitas a esta operação são abraçadeiras. Esta média permitiu diminuir uma pessoa nesta operação.

Um outro aspecto estudado foi o número de peças granalhadas por batch, tendo-se testado um aumento de 400 para 500 peças. Como a qualidade (aspecto visual) manteve-se dentro dos requisitos, alterou-se a dimensão do batch para 500 peças. Esta medida foi tomada de forma a rentabilizar melhor a máquina de granalhar.

6. Acondicionamento das peças

Anteriormente ao projecto as peças, após a operação de soldadura, eram acondicionadas em contentores e destes passavam para pequenos contentores plásticos imediatamente antes da máquina de granalhar. Depois desta operação eram novamente acondicionadas em contentores, passando destes para pequenos contentores plásticos antes da operação de retoque. A movimentação dos contentores e dos pequenos contentores plásticos fazia-se por empilhador. Com a aproximação dos postos de trabalho, referido anteriormente no ponto 4, pôde-se uniformizar o acondicionamento das peças em pequenos contentores plásticos.

Os resultados desta acção são difíceis de quantificar. No entanto, considera-se que esta alteração de acondicionamento está reflectida na redução de tempos de espera e no aumento da produtividade conseguida.

7. Análise de Stock

Analisou-se o stock do produto em estudo e verificou-se que havia uma quantidade excessiva de peças em armazém. Muito mais do que se conseguia produzir e do que o cliente pretendia. O stock em armazém era aproximadamente de 20 dias.

A quantidade média pedida pelo cliente era 5400 peças por semana. Assim, estabeleceu-se um stock de segurança de uma semana, ou seja, 5400 peças.

8. Implementação do Kanban

A introdução do Kanban foi decidida numa altura em que baixou o volume de encomendas. Na fabrica, os stocks aumentaram como consequência de não se ajustarem os objectivos de produção às necessidades do cliente. Designadamente na soldadura continuava-se a soldar peças desnecessariamente, fazendo aumentar os stocks de produto acabado.

Foram construídos quadros específicos: as estruturas foram cortadas, soldadas e pintadas internamente; os cartões também foram desenhados, impressos e plastificados na empresa. Pode-se ver na figura 10 um exemplo de um cartão kanban. Este cartão contem a referência da peça, a quantidade a fabricar, a operação de onde a peça se desloca e a operação seguinte.

Figura 10 - Cartão Kanban que se movimenta da operação de soldadura para o armazém de produtos acabados

Refira-se que a introdução do Kanban na empresa exigiu a formação de todos os colaboradores envolvidos no projecto. Realizou-se uma formação em sala com a duração de 3 horas e posteriormente um acompanhamento pelos responsáveis no terreno.

Com a introdução do kanban o procedimento passou a ser o seguinte:

quando o cliente coloca uma encomenda, o Armazém de produtos acabados envia as peças pedidas e retira o cartão do seu quadro e coloca no quadro da operação de Soldadura. Por sua vez, a Soldadura retira do armazém de produtos intermédios (as paletes necessárias uma de cada vez). Cada palete contem o conjunto de componentes que constituem a peça e está identificada com um cartão que é retirado e colocado no quadro do Armazém de produtos intermédios. A Soldadura envia os contentores pequenos plásticos de peças para a operação de zincagem. Quando é efectuada esta operação os cartões precedentes da Soldadura são colocados no quadro da Zincagem.

Sempre que existem cartões no quadro do Armazém Intermédio é feita uma palete com o conjunto dos componentes necessários e identificados com um cartão. Como se gastaram peças do armazém é necessário efectuar um pedido ao Fornecedor, colocando-se então, um cartão no quadro do fornecedor. Quando o fornecedor entrega as peças necessárias os cartões são retirados do quadro Fornecedor e colocados no quadro do Armazém intermédio.

A figura 11 representa os fluxos de informação e físicos. Nos fluxos de informação os cartões são deslocados de um quadro kanban para outro. Por exemplo, o Armazém quando necessita de peças informa a operação anterior (soldadura), que já enviou peças e por isso será necessário produzir mais peças. No fluxo físico o cartão kanban acompanha as peças até chegar ao seu destino, por exemplo, quando o armazém intermédio envia peças para a Soldadura o cartão Kanban acompanha o contentor até ao destino, sendo nessa altura colocado no quadro da Soldadura.

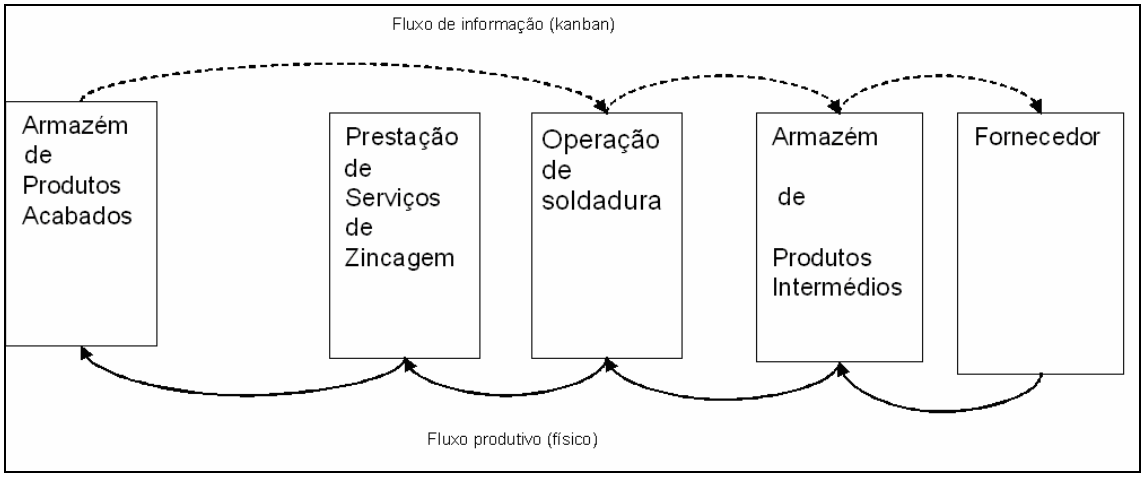

Figura 11 - Fluxos de informação e de produtos.

9. Estabelecimento do *Takt Time*

Na implementação do Kanban um dos problemas que se coloca é saber o ritmo a que se deve produzir. Será necessário produzir sempre à mesma cadência nos vários turnos? Ou deve-se variar? Para ultrapassar este problema determinou-se o *takt time*. O cálculo deste factor permite saber exactamente a que ritmo é que se deve produzir e consequentemente o número de horas de trabalho.

Foi criado um ficheiro Excel para recolher dados do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning)* da empresa (AS400, SII) através da interface ODBC[1]. O ficheiro criado permite recolher dados de toda a fábrica, ou seja, de todas as peças e de todos os postos de trabalho. Os dados recolhidos são os seguintes:

- stock existente – stock real em armazém;
- peças produzidas nas diferentes operações – registo das quantidades e tempos de produção das peças produzidas;
- encomendas existentes – encomendas dos clientes colocadas no sistema.

É possível calcular o *takt time* com base nas seguintes variáveis:

- referência da peça;
- operação da peça seleccionada;
- horas que se pretende trabalhar em cada turno;
- minutos previstos de paragem por turno para limpezas;

[1] ODBC (acrónimo para *Open Data Base Connectivity*) é uma tecnologia que se utiliza para mover dados de um tipo de base de dados (uma origem de dados) para outra. (10)

- duas datas limite definidas pelo utilizador.

Na figura 12 apresenta-se um exemplo de cálculo no ficheiro construído. Todas as entradas a vermelho podem ser alterados pelo utilizador. Este ficheiro, conforme a referência da peça, altera a informação das operações, o stock existente e as encomendas do cliente. Na figura 12 o *takt time* é calculado para a peça 12491180 e para a operação de soldadura, que vai trabalhar, no turno 1, 10 horas com uma paragem de 15 minutos e no turno 2, 5 horas com uma paragem de 15 minutos. Pode-se observar que o stock é de 3911 peças e que já foram soldadas mais 8771 peças. Para se conseguir entregar as peças ao cliente até 9 de Abril, cada peça deverá ser produzida em 68,80 segundos, mas se a data de entrega for até 23 de Abril pode-se demorar 85,18 segundos. Como o robot tem uma cadência estabilizada, pode-se ajustar o *takt time* alterando-se o número de horas trabalhadas.

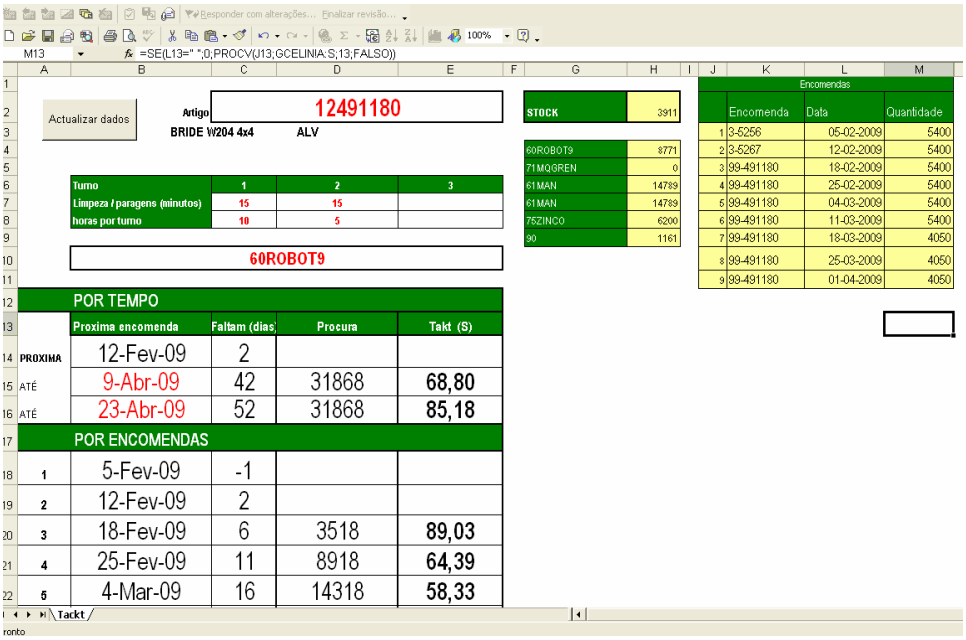

Figura 12 - Exemplo do cálculo do *Takt time* para um determinado artigo e para uma operação

10. Implementação dos 5S

Os ambientes de trabalho foram estudados e alterados de forma a melhorar o aproveitamento do espaço e obrigatoriamente a sua organização. Os locais para a colocação de peças conformes, não-conformes e para retrabalho foram assinalados, aplicando a metodologia dos 5S.

Os resultados desta actividade são difíceis de quantificar, considera-se, no entanto, que estão reflectidos nos tempos de actividade e nos tempos de espera das operações.

11. Próximos passos

O próximo passo consistirá em criar um posto de trabalho para tirar pingos que facilite a forma de trabalhar dos operadores. O projecto consiste, basicamente, numa nova mesa de trabalho na qual onde as condições de ergonomia serão melhoradas. Faz parte também do projecto a colocação de contadores mecânicos.

Outra alteração será a criação de um posto de retrabalho mais próximo da operação de soldadura.

Pretende-se também que as peças passem a ser embaladas pelos fornecedores de serviço de zincagem. Já foi pedido o referido orçamento. Espera-se com esta alteração a eliminação da operação de embalagem internamente, libertando espaço e pessoas.

Cap IV - Resultados alcançados

A redução de custos conseguida com este projecto deveu-se à aproximação de operações, redução de tempos de espera, redução das distâncias percorridas e redução dos stocks intermédios, como se pode constatar através da comparação dos fluxos de valor antes (figura 5, p.32) e depois das alterações realizadas (figura 13)

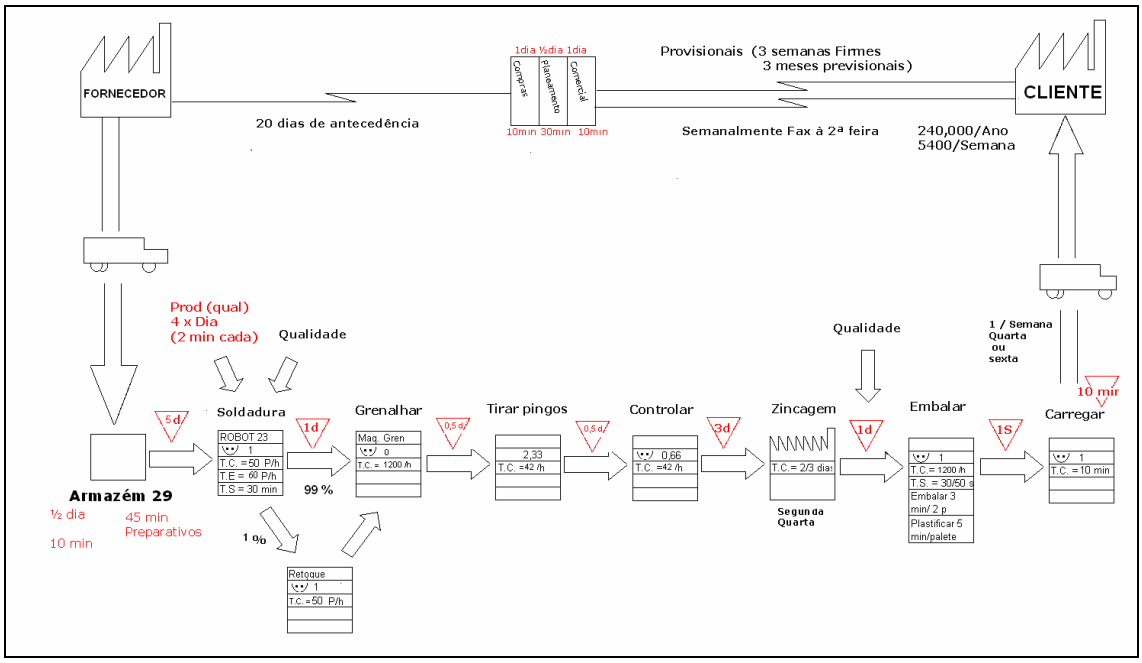

Figura 13 - Fluxo de valor final da peça em estudo.

1. Cadências

Cada posto de trabalho tem um custo fixo por hora, quando no mesmo tempo se produzem mais peças o custo será menor por peça produzida porque cada peça gasta menos tempo da máquina.

Foi com base neste princípio que se determinou a redução de custos resultante do projecto.

Soldadura – com a optimização do programa de soldadura passou-se de 44 pç/h para 50 pç/h; conseguiu-se um ganho de 6 pç/h, ou seja uma redução de custos de 8,6 € por cada 1000 peças soldadas.

Granalhagem – a preparação de batch maiores e emprego de menos uma pessoa permitiu passar de 1000 pç/h para a 1200 pç/h; conseguiu-se um ganho de 200 pç/h, ou seja uma redução de custos de 11,7 € por cada 1000 peças granalhadas

Eliminação de pingos – diminuiu-se o tempo de operação em consequência da reprogramação do robot; passou-se de 70 pç/h para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 53,3 € por 1000 peças trabalhadas.

Controlo visual – diminuiu-se do tempo de operação em consequência da reprogramação do robot, passou-se de 70 pç/h passando para 112pç/h; conseguiu-se um ganho de 42pç/h, ou seja uma redução de custos de 14,8 € por cada 1000 peças controladas

Recuperação das peças – devido à reprogramação do robot as peças a recuperar diminuíram, passando de 3% para 1%, ou seja, conseguiu-se uma redução de custos 3,3 € por cada 1000 peças produzidas.

Embalamento – eliminou-se o controle visual e a pintura das peças controladas, passando-se de 200 pç/h para 1200pç/h;

conseguiu-se uma redução de custos de 25,7 € por cada 1000 peças embaladas.

Globalmente, por cada 1000 peças produzidas, conseguiu-se uma redução de custos de 117,5 €. Considerando um volume de produção médio semanal de 5400 peças, é possível poupar 29818,6€ num ano de produção.

2. Tempos de espera entre operações

Cada peça parada tem um custo de posse calculado pela fórmula:

$$Hanual = Cu \times Tp \times Q/2$$

Em que Hanual é o custo anual, Cu é o custo unitário, Tp é a taxa de posse e Q a quantidade média anual (11). Foi com base nesta fórmula que se calculou a redução de custos relativa aos tempos de espera.

A quantidade média foi calculada com base na produção de peças durante o tempo equivalente ao tempo de espera.

As operações de soldadura e granalhagem ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 54h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 1401 €.

As operações de granalhagem e remoção de pingos ficaram mais próximas; o tempo de espera passou de 18h para 0,5 h, consequentemente a redução de custos anual é de 568,5 €.

As operações de remoção de pingos e controlo visual ficaram mais próximas; o tempos de espera passou de 18h para 9h, consequentemente a redução de custos anual é de 399,3 €

O valor total estimado da redução de custos devido à redução dos tempos de espera é de 2369 €/ano.

Refira-se que os tempos de *setup* não foram estudados visto que os robots estão sempre a produzir as mesmas peças.

3. Deslocações de peças

Os valores das deslocações são calculados com base nos custos do empilhador e do porta-paletes. Cada transporte tem um custo por metro deslocado.

Antes do actual projecto a distância percorrida pelo empilhador era de 151m e pelo porta-paletes 138,5m. Com a alteração do *layout* estes valores passaram para 65,1 m e 38,7 m, respectivamente.

A diferença é de 86 m, no caso da movimentação por empilhador (representa uma redução de custos anual de 75,8€) e 99,8 m, no caso da movimentação por porta-paletes (representa uma redução de custos anual de 117,9 €).

O valor da redução de custos anual é de 193,7 €.

4. Stock

O custo das peças em armazém foi calculado pela fórmula da taxa de posse apresentada no ponto 2.

Com este projecto o stock do armazém intermédio passou de 20 dias para 5 dias.

A quantidade média semanal do componente A era 21600 pç e passou para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 300,3 € por ano.

A quantidade média semanal do componente B (com o dobro do consumo), era 43200pç e passou para 10800pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 131,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente C era 21600pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

A quantidade média semanal do componente D era 21600 pç passando para 5400pç. Esta redução traduziu-se numa redução de custos de 16,2 € por ano.

Refira-se que o stock de produtos finais manteve-se com um valor médio semanal de 5400pç para se assegurar o stock de segurança equivalente a uma semana.

A redução de custos anual por diminuição de stocks foi de 463,9 €.

5. Resultados Globais

As melhorias descritas anteriormente resultaram numa redução de custos anual de 32845€.

Considerando o investimento do projecto (horas-homem dedicadas ao projecto) de 1809 €, resulta um balanço positivo de 31036 €.

Cap V - Considerações finais

O trabalho desenvolvido possibilitou a aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* tendo em consideração a realidade da empresa, conseguindo-se assim atingir os objectivos inicialmente pretendidos.

Houve alguma dificuldade na implementação e interiorização dos novos conceitos *Lean* por parte dos colaboradores. Cite-se, como exemplo, não produzir no caso de não haver cartão Kanban.

Apesar das dificuldades, alguns colaboradores mostraram grande entusiasmo, interesse e dedicação ao projecto, apresentando ideias para melhorar a respectiva secção. Refira-se, como exemplo, as sugestões de alteração de *layout*.

A poupança resultante deste projecto vai ser investido noutros projectos a desenvolver pela equipa do *Lean* da Ciclo Fapril, permitindo assim, a empresa reduzir cada vez mais os seus desperdícios.

Considerando que a divulgação da informação é um factor decisivo para o sucesso deste tipo de projecto, a equipa *Lean* decidiu investir num LCD para que a informação sobre todas as áreas da empresa (técnica, recursos humanos, produção, qualidade) actualizada semanalmente, chegue a todos os colaboradores.

Em jeito de balanço final, pode-se afirmar que os colaboradores perceberam que as mudanças introduzidas trazem benefícios para todos, através da redução dos desperdícios e consequentemente dos custos.

O trabalho descrito neste relatório consiste no primeiro projecto da equipa *Lean*. O objectivo é implementar outros projectos que a Ciclo Fapril já tem neste momento em curso e os novos que surgirão entretanto. É esta ideia de Melhoria Contínua que deverá ser seguida para garantir o sucesso da empresa. Para isso é fundamental manter a monitorização dos resultados para se melhorar cada vez mais e diminuir os custos.

Cap VI - Referências Bibliográficas

(1) Poppendieck, Mary.2002.Principles of Lean Thinking. Poppendieck. LLC.1-7. www.poppendieck.com/. (acedido em 30 de Junho de 2009).

(2) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking, Criar Valor Eliminando desperdício. Comunidade Lean Thinking.1-8. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(3) Pinto, João Paulo. 2006.Gestão de Operações na Industria e nos Serviços. Lisboa: LIDEL, Edições Técnicas.

(4) Pinto, Luiz Fernando Rodrigues Pinto. Sistema de Gestão Visual Aplicada ao TPM – Uma abordagem prática. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de engenharia mecânica, departamento de produção

(5) Alain Courtois; Pellet, Maurice and Martin-Bonnefous, Chantal. 1997. Gestão da Produção. Lisboa: Lidel, Industria & Serviços

(6) Pinto, João Paulo. 2008. Lean Thinking , glossário de termos e acrónimos.1-9. http://www.leanthinkingcommunity.org/recursos_lean.html (acedido em 30 de Junho de 2009).

(7)Lean Manufacturing Concepts. http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_TAKT.htm (acedido em 30 de Junho de 2009).

(8) Rodrigues, Carlos.2008. Heijunka, Ferramenta Lean Thinking.1-4

(9) Shingo, Shingeo.1996.O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman

(10)Windows. http://www.microsoft.com/portugal/windows/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

(11) Silva, Beatriz Marmelo e. 2003.Gestão de stocks, modelo MRP, MRP II e ERP.Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Outras referências bibliográficas consultadas:

- Gemba Research. http://www.gemba.com/ (acedido em 30 de Junho de 2009)
- Toyota, Equipamento industrial. http://empilhadores.toyota.pt/. (acedido em 30 de Junho de 2009)

- Arthtur, Jay. 2006.Lean Six sigma, DeMystified, a self-teaching Guide. McGrawHill.
- Domingo, Rosario. 2007. Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. Assemble Automation, 27/2. Emerald Group Publining Limited.27:141-147.
- George, Mike; Rowlands, Dave and Kastle, Bill. 2008.O que é o Lean Six Sigma?". Lisboa: Actual editora.
- Guedes, Maria João SV Guedes and Ribeiro, Laura MM. 2008. Em direcção a uma empresa lean: a mudança necessária, fundição. 4-7.
- Hicks, BJ. 2007. Lean information management: Understanding and eliminating waste. International Journal of Information Mangement.27:233-249.
- Manufacturing. 2007. Lean or flabby?. Lean Overview.86:36-39.
- Ohno, Taiichi.1998.Toyota production System, Beyond large- Scale Production.Portland, Orgon: Productivity Press.
- Warwood, Stephen J and Knowles, Graeme. 2004.An onvestigation into Japanes 5-S practice in UK industry. The TQM Magzine. Emerald Group Publining Limited. 16-5: 347-353.
- Womack, James P and T. Jones. 2005.Lean Solutions:How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones, Daniel.1999. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster.
- Womack, James P and T. Jones; Daniel.1994.From Lean Productions to the Lean Enterprise. HBR.93-104.
- Zijm, W.H.M..1999. Towards intelligent manufacturind planning and control systems. ORSpektrum, Springer-Verlag 2000.22:313-345.