



Diogo Ferreira Lopes

Análise e implementação de um sistema Kanban numa empresa metalomecânica

Dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise e implementação de um sistema Kanban numa empresa metalomecânica

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Analysis and implementation of a Kanban system in a metal-mechanical company

Autor

Diogo Ferreira Lopes

Orientador

Cristóvão Silva

Júri

Presidente	Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Luis Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Epedal, S.A.



**Kaizen Institute
Portugal**

Coimbra, Setembro, 2017

Aos meus pais.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração e apoio de inúmeras pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento a todos eles.

Quero ainda deixar um agradecimento à Epedal, S.A, em especial ao Eng. Luis Neves pela oportunidade em realizar este projecto em ambiente industrial, junto de uma equipa que me acolheu extremamente bem, prestando o necessário acompanhamento, disponibilidade e conhecimento, fundamentais para a realização desta dissertação.

Ao professor Cristóvão Silva pela disponibilidade e apoio demonstrados no decorrer do projecto.

Aos meus amigos e família que sempre me apoiaram.

Resumo

A presente dissertação consiste no estudo das potencialidades e implementação de um sistema puxado, mais concretamente um sistema Kanban. Este sistema foi implementado na Epedal, S.A, empresa de indústria metalomecânica auxiliada pelo instituto Kaizen, especialista em implementação de melhoria contínua.

O estudo consistiu numa primeira fase, em seleccionar o sistema produtivo e sua posterior análise crítica, de forma a serem identificados os problemas deste mesmo sistema e do seu modelo de produção.

Depois de uma avaliação dos problemas encontrados, foram apresentadas propostas de melhoria que passaram essencialmente pela implementação de um controlo dos produtos intermédios através de um sistema Kanban.

Por fim, foram obtidos resultados que foram discutidos e analisados sendo considerados satisfatórios pela empresa que evidenciou disponibilidade para implementação deste sistema em todas as suas linhas de produção.

Palavras-chave: Sistema Puxado, Kanban, Melhoria Contínua

Abstract

The present dissertation consists in the study of the potentialities and implementation of a Pull system, more concretely a Kanban system. It was implemented in Epedal, S.A, a metalworking industry company, with the co-work of the institute Kaizen, a specialist in continuous improvement.

This study consists, in a first phase to select the productive system and its subsequent critical analysis, in order to identify the problems of the system used and its product model.

After an evaluation of the problems encountered, improvement proposals were presented, mainly through the implementation of a control of the intermediate products with a Kanban system.

Finally, the obtained results were discussed and analysed being considered satisfactory by the company that showed availability to implement the system in all its production lines.

Keywords Pull System, Kanban, Continuous improvement

Índice

Índice de Figuras	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Siglas.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. Contextualização	21
1.2. Objectivos.....	22
1.3. Metodologia	22
1.4. Estrutura.....	23
2. Revisão Bibliográfica.....	25
2.1. <i>Lean Manufacturing e Toyota Production System</i>	25
2.2. <i>Princípios Lean Manufacturing</i>	26
2.3. <i>Desperdícios Lean Manufacturing</i>	27
2.4. <i>Estrutura Lean Manufacturing</i>	30
2.5. <i>Ferramentas Lean Manufacturing</i>	32
2.5.1. <i>VSM</i>	32
2.5.2. <i>5S</i>	33
2.5.3. <i>Kaizen</i>	34
2.5.4. <i>TPM</i>	35
2.5.5. <i>SMED</i>	36
2.5.6. <i>Gestão Visual</i>	37
2.5.7. <i>Kanban</i>	37
3. Apresentação das empresas envolvidas.....	47
3.1. Instituto Kaizen.....	47
3.1.1. <i>Visão, Missão e Valores</i>	48

3.1.2.	Fundamentos.....	49
3.2.	Epedal, S.A.....	50
3.2.1.	Vendas, Clientes e Fornecedores.....	52
3.2.2.	Processos e <i>layout</i>	54
4.	Caso Estudo	63
4.1.	Seleccção do processo produtivo	63
4.2.	Descrição do Processo.....	64
4.3.	Actual sistema de produção.....	70
4.4.	Recolha e análise de dados	71
4.5.	Definição dos circuitos <i>Kanban</i>	73
4.6.	Dimensionamento da proposta	74
4.6.1.	Capacidade da palete	74
4.6.2.	<i>Stock</i> de segurança.....	75
4.6.3.	Quantidade de cartões <i>Kanban</i>	76
5.	Implementação e resultados do sistema <i>Kanban</i>	79
5.1.	Implementação do Sistema <i>Kanban</i>	79
5.1.1.	Concepção do cartão <i>Kanban</i>	79
5.1.2.	Controlo visual da Produção	81
5.1.3.	Regras do sistema <i>Kanban</i>	82
5.1.4.	Formação dos intervenientes.....	82
5.1.5.	Iniciação, Monitorização e Melhoria do sistema	83
5.1.6.	Implementação de gestão visual nos <i>Racks</i> de soldadura	83
5.2.	Resultados	85
6.	Conclusão	89
7.	Bibliografia.....	91

Anexo A	93
Anexo B	94
Anexo C	95
Anexo D	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do <i>TPS (Toyota Product System)</i>	30
Figura 2 – <i>VSM</i>	33
Figura 3 - Ciclo <i>PDCA</i>	35
Figura 4 - Fases <i>SMED</i>	37
Figura 5 - Exemplo etiqueta <i>Kanban</i>	40
Figura 6 - Gestão visual <i>Kanban, Look-see</i>	41
Figura 7 - Quadro planeamento <i>Kanban</i>	45
Figura 8 - Globalização Instituto Kaizen	48
Figura 9 - Localização Epedal.....	50
Figura 10 - Área Epedal	51
Figura 11 - Organigrama Epedal.....	52
Figura 12 - Vendas 2008-2018.....	53
Figura 13 - Volume de vendas.....	54
Figura 14 - Peças estampadas	55
Figura 15 - Prensa 800 Ton.....	56
Figura 16 - Peças conformadas	56
Figura 17 - Máquina de dobrar tubos e arames.....	57
Figura 18 - Peças soldadas	58
Figura 19 - Célula soldadura	58
Figura 20 - Posto Cravação	59
Figura 21 - Sistema CAD e máquina CNC.....	60
Figura 22 – Metrologia	60
Figura 23 - <i>Layout</i> Epedal	61
Figura 24 - <i>Isofix Crossmember</i>	63
Figura 25 - Aplicabilidade <i>Isofix</i>	64
Figura 26 - Fluxo das operações do processo	65
Figura 27 - Máquina conformar arame	66
Figura 28 - Componentes 0100/0200	66
Figura 29 - Prensa 500 Ton.....	67

Figura 30 - Componente 0015.....	67
Figura 31 - Robot de soldadura.....	68
Figura 32 - Peça soldada.....	68
Figura 33 - Túnel de pulverização	69
Figura 34 - Embalagem final.....	69
Figura 35 - Percurso do <i>Isofix Crossmember</i>	73
Figura 36 - Utilização de um KLT	74
Figura 37 – Plano de acções Epedal	79
Figura 38 – Design do cartão <i>Kanban</i> do componente 0015.....	80
Figura 39 – Design quadro da secção dos arames	81
Figura 40 – Design quadro da secção das prensas.....	82
Figura 41 – <i>Rack</i> da célula de soldadura	85
Figura 42 – Ganhos da redução de tamanhos de lote	86
Figura 43 – Ganhos de horas de produção	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise Sobreprodução.....	27
Tabela 2 - Análise Esperas.....	27
Tabela 3 - Análise Transportes.....	28
Tabela 4 - Análise Processo.....	28
Tabela 5 - Análise Defeitos.....	28
Tabela 6 - Análise Trabalho desnecessário.....	29
Tabela 7 - Análise <i>Stock</i>	29
Tabela 8 - Visão Tradicional vs. <i>Just in Time</i>	32
Tabela 9 - Dados operações dos arames.....	71
Tabela 10 - Dados Operação Estampagem.....	72
Tabela 11 - Capacidade de cada palete.....	75
Tabela 12 - Dimensionamento do componente 0100.....	76
Tabela 13 - Dimensionamento do componente 0200.....	76
Tabela 14 - Dimensionamento do componente 0015.....	77
Tabela 15 - Limites de sinalização.....	81
Tabela 16 - Limite mínimo nos <i>Rack</i> de soldadura.....	84
Tabela 17 - Comparação de dados da secção de arames.....	85
Tabela 18 - Comparação de dados da secção de estampagem.....	86

SIGLAS

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just in Time*

MRP – *Manufacturing resource planning*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

SS – *Stock de Segurança*

Ton - Tonelada

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

TPS- *Toyota Production System* (Sistema de Produção Toyota)

VSM – *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor)

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação resulta de um projecto realizado, na sequência do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, na empresa Epedal S.A., que se dedica ao fabrico de componentes metálicos para a indústria automóvel. O trabalho foi realizado no âmbito de um estágio curricular com a duração de seis meses.

O tema proposto para a dissertação “Análise e Implementação de sistema *Kanban* numa empresa metalomecânica” está ainda inserido num projecto desenvolvido em parceria com a empresa de consultadoria Kaizen Institute Portugal.

1.1. Contextualização

A situação social e económica encontra-se em constante alteração, criando nas empresas a necessidade de adaptação às mudanças, caso pretendam manter-se competitivas no ramo em que operam.

Nomeadamente no sector automóvel, verifica-se uma elevada competitividade, o que conjugada com a actual crise económica, força as empresas a procurar soluções no sentido de otimizar e reduzir desperdícios nos seus processos. Em média, 40% dos custos de produção são desperdício, o que leva as organizações a procurar reduzir estes custos através da integração de filosofias *Lean* em todos os seus processos.

Uma das filosofias mais populares de optimização dos processos de produção, é uma filosofia conhecida por *Toyota Production System (TPS)*, que consiste num conceito de produção flexível, técnicas e ferramentas orientadas à simplificação dos processos, eliminação de desperdícios e um envolvimento de todos os intervenientes na constante melhoria do desempenho da empresa.

Um dos princípios mais utilizados da filosofia *TPS* é o *Just in Time (JIT)*, que tem como objectivo produzir apenas aquilo que é necessário na altura certa. Este princípio é assente em algumas ferramentas, sendo uma das mais utilizadas para o controlo de produção, a ferramenta *Kanban*. Esta ferramenta permite controlar os níveis de *stock*, a produção e fornecimento de componentes de maneira simples e eficaz.

1.2. Objectivos

Este trabalho tem como principal objectivo a implementação do sistema *Kanban* num processo produtivo da empresa. Espera-se que esta implementação sirva de aprendizagem para todos os intervenientes, de modo a que este sistema possa ser aplicado em outros processos produtivos da Epedal.

Com a implementação deste sistema, pretende-se estabelecer alguns objectivos mais específicos como:

- Diminuir tamanhos de lote de produção;
- Melhorar e clarificar os fluxos de informação e materiais;
- Facilitar acesso à informação;
- Criar fluxo de produção;
- Simplificar e otimizar o planeamento da produção.

1.3. Metodologia

Para a realização deste projecto, e alcance dos objetivos propostos, este trabalho foi dividido em fases de maneira a facilitar o seu desenvolvimento. Foram desenvolvidas uma série de actividades organizadas de forma cronológica, sendo elas:

- Adaptação ao ambiente da empresa, conhecendo de uma forma geral os processos produtivos e todo o funcionamento da organização em si;
- Realização de *workshops* com o intuito de recolher dados operacionais para encontrar possíveis melhorias;
- Enquadrar as metodologias Lean, de modo a eliminar, evitar e melhorar os pontos identificados;
- Apresentação das soluções encontradas e consequente planeamento de implementação;
- Implementação das metodologias;

- Avaliação e discussão dos resultados obtidos.

1.4. Estrutura

A presente dissertação está dividida em 6 capítulos.

No capítulo 1 é apresentada uma breve introdução ao tema, a sua contextualização e ainda os objectivos e metodologia deste projecto.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica do tema em questão. Está dividido pelas respectivas secções onde são apresentados todos os conceitos abordados no projecto.

No capítulo 3 apresenta-se as empresas envolvidas, descrevendo mais detalhadamente a Epedal, apresentando os produtos que esta produz, o seu sistema de produção e os principais clientes.

No capítulo 4 é apresentado o caso de estudo em questão, a sua situação actual e as melhorias que se pretende implementar.

No capítulo 5 é apresentada a implementação do sistema e os resultados obtidos no desenvolvimento do projecto.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A competitividade vivida actualmente pelas empresas obriga-as a procurarem sistemas de gestão que as permitam superiorizar-se à concorrência. A filosofia *Lean* foi um dos princípios encontrados para contrariar este problema, na medida em que procura reduzir desperdícios e maximizar o valor acrescentado. Para se obter resultados positivos com esta implementação, foi necessário as empresas estarem dispostas a alterar/melhorar o seu processo produtivo.

2.1. *Lean Manufacturing e Toyota Production System*

No início do século XX, Henry Ford desenvolveu o conceito de produção em massa para sustentar a produção de automóveis em série. Esta filosofia baseava-se na produção em grande escala com lotes de grandes dimensões, de forma a reduzir custos unitários com um único objectivo, produzir. Em meados dos anos 50, a produção em massa Americana estava no auge, quando começou a sentir o aumento de competitividade das organizações Europeias até à década de 1970.

No Japão, devido à Segunda Guerra Mundial a *Toyota Motor Company* tinha uma grande quantidade de *stock* de produtos acabados que juntado a graves problemas financeiros fez com que a Toyota se visse obrigada a criar novas formas de produção. Foi assim que Taiichi Ohno, na Toyota desde 1943, começou a estudar esta produção em massa da indústria americana, identificando dois grandes problemas:

1. Grandes tamanhos de lote originam grandes quantidades de *stock*, o que resulta em elevados custos;
2. Produção não centrada na satisfação do cliente (Holweg, 2007; Hunter, 2008).

Este sistema de produção classificava-se como bastante rudimentar e pouco optimizado, com *outputs* relativamente baixos. Graças ao trabalho árduo de Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, a Toyota começou a dar os primeiros passos para otimizar o seu sistema de produção de forma efectiva e abranger o mercado automóvel como um todo. Surge assim, a filosofia de produção *Lean Manufacturing*, mais conhecida como Sistema de Produção da Toyota (*TPS*), um sistema de produção com o objectivo de otimizar os processos e procedimentos através da eliminação de desperdícios e da orientação para a satisfação do cliente (Melton, 2005; Shah &

Ward, 2003; Liker & Morgan, *The toyota way in services: the case of lean product development*, 2006).

Devido ao sucesso do sistema de produção das empresas japonesas, Womack e Jones criaram o conceito *Lean Thinking* para se referirem à evolução do *TPS* durante a década de 90.

“*Fortunately, there is a powerful antidote to muda: lean thinking.*” (Womack & Jones, 1996).

2.2. Princípios *Lean Manufacturing*

Os princípios do *Lean Thinking* foram apresentados como uma metodologia para quem pretendesse implementar este modelo. Existem alguns autores que consideram a inclusão de mais dois princípios, no entanto só vão ser detalhados os cinco princípios fundamentais (Womack & Jones, 2003):

- Valor – Identificação do que se pretende ou necessita. Define valor na perspectiva do cliente final, em termos de um produto específico, com capacidades específicas e num tempo específico;
- Cadeia de Valor – A cadeia de valor é o conjunto de acções necessárias, sequenciadas, do ponto de vista do cliente para a criação de um produto específico, sendo este um bem ou um serviço;
- Fluxo – Os processos de trabalho e de gestão devem ser executados de forma fluida, estabelecendo condições para ultrapassar a separação de processos por funções ou departamentos, processamento em lote e economias de escala;
- Pull – O cliente tem que “puxar” para si o valor, isto é, deve ser apenas e só fornecido ao cliente, aquilo que ele quer e quando quer;
- Perfeição – Consiste na procura incessante pela perfeição do sistema produtivo ao remover camadas sucessivas de desperdícios, com o objectivo de produzir sem qualquer tipo de defeito ou não conformidade de acordo com os requisitos do cliente.

2.3. Desperdícios *Lean Manufacturing*

Desperdício é toda a actividade que consome recursos e não acrescenta valor do ponto de vista do cliente (Womack & Jones, 2003). Existem vários tipos e causas de desperdícios, tanto no processo de criação de produtos como na prestação de serviços. Os autores referem a existência de sete tipos de desperdício, categorizados da seguinte forma:

1. **Sobreprodução** – Considerado pela Toyota como o pior dos desperdícios (Monden, 2011). O excesso de produção sucede quando esta vai para além do que é necessário.

Tabela 1 - Análise Sobreprodução

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> • Defeitos • <i>Stocks</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamanhos de lote elevados • Margem de produção para compensar defeitos • Rentabilizar actividades sem valor acrescentado 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de produção <i>Lean</i> • <i>JIT, SMED, Kanban</i>

2. **Esperas** – Tempo que as pessoas e máquinas perdem sempre que estão à espera de algo.

Tabela 2 - Análise Esperas

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> • Perdas de tempo • Diminuição da produtividade 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de <i>layout</i> • Entrega dos fornecedores não conforme ou em atraso • Fluxo obstruído 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> adequado • <i>SMED</i> • Balancear postos de trabalho

3. **Transportes** – O transporte está intimamente ligado com todas as funções que geram valor acrescentado ao produto final, pois é o responsável de todo o fluxo de materiais.

Tabela 3 - Análise Transportes

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none">• Danos nos produtos• Aumento tempo de fabrico• Custos acrescidos	<ul style="list-style-type: none">• Problemas de <i>layout</i>• Mau armazenamento de materiais	<ul style="list-style-type: none">• Eliminar movimentações desnecessárias• Sincronizar os processos• Optar por sistemas de transporte flexíveis

4. **Processo** – A existência de operações e processos que não são necessários, ou seja, não acrescentam valor ao produto.

Tabela 4 - Análise Processo

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none">• Perdas• Custos adicionais	<ul style="list-style-type: none">• Falta de treino• Falta de uniformização	<ul style="list-style-type: none">• Automatizar e normalizar o processo• Formar os colaboradores• Processos mais eficientes

5. **Defeitos** – Os produtos sem qualidade ou defeituosos representam bem o desperdício que se pretende eliminar em qualquer empresa.

Tabela 5 - Análise Defeitos

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> Retrabalho Custo acrescido Maior lead time 	<ul style="list-style-type: none"> Faltas e erros humanos Ênfase na inspeção final Ausência de padrões de autocontrole 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Poka-Yoke</i> Encontrar causa raiz do efeito Implementar operações padrão

6. **Trabalho desnecessário** – Todo o âmbito de movimentos em que os operadores ou equipamentos não desenvolvem qualquer tipo de trabalho sobre o produto pode ser encarado como trabalho desnecessário.

Tabela 6 - Análise Trabalho desnecessário

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> Custos adicionais 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de <i>layout</i> Operações isoladas Falta de formação 	<ul style="list-style-type: none"> Formar os colaboradores Promover a uniformização das operações de trabalho Procurar atingir fluxo contínuo de

7. **Stock** – O *Stock* diz respeito não só ao armazenamento desnecessário de produtos finais, mas também ao armazenamento desnecessário de matérias-primas e produtos intermédios.

Tabela 7 - Análise Stock

Consequências	Causas	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> Implica mais espaço Mais manuseamento e transportes 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas <i>layout</i> Elevado tempo Setup Antecipação da produção 	<ul style="list-style-type: none"> Produção <i>Pull</i> Controlar as operações Tamanhos de lote pequenos

2.4. Estrutura *Lean Manufacturing*

A estrutura do *Lean Manufacturing* é baseada nos elementos fundamentais que caracterizam o *TPS*. Este sistema está assente em dois pilares fundamentais, *Just in Time* e *Jidoka* (Ohno, 1988) contendo cada um destes um conjunto de ferramentas aplicáveis. De referir ainda que todos os elementos constituintes do *TPS* funcionam de forma sinérgica e interligada, na procura dos objectivos do *Lean Manufacturing*: baixo custo de produção, *lead time* reduzido, elevada qualidade, colaboradores motivados e satisfação no trabalho, conforme abaixo ilustrado na figura 1.

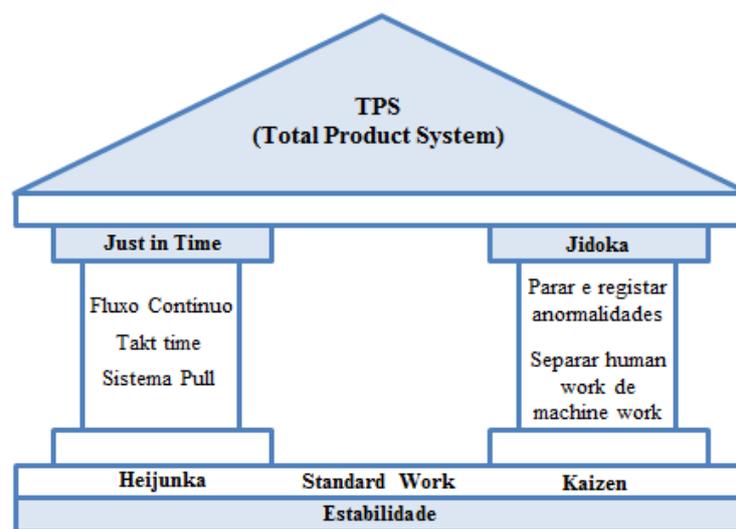


Figura 1 - Casa do *TPS* (*Toyota Product System*)

Fonte: Adaptado (Shingo, 1989)

O *Just in Time* (*JIT*) consiste em produzir bens e serviços exactamente no momento em que são necessários, recorrendo ao paradigma *Pull* e *Kanban* para controlar o fluxo de materiais, pessoas e informação.

O *JIT* não é apenas uma filosofia, uma técnica ou um método de gestão, mas sim uma filosofia global de produção suportada em métodos particulares com o objectivo de atingir:

1. Zero stocks;
2. Zero defeitos;
3. Zero movimentações;

4. *Zero Lead Time*;
5. Lote unitário;
6. Fluxo de materiais;
7. Fluxo *one-piece-flow*;
8. Polivalência dos operários.

Para alcançar estes objectivos esta técnica baseia-se em três princípios básicos (Hay, 1988; Liker, *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, 2004; Suzaki, 2010):

1. Melhoria contínua

O *JIT* defende o desenvolvimento de sistemas internos que procuram a melhoria contínua, não apenas dos processos e procedimentos, mas também das pessoas dentro e fora da empresa. Esta filosofia permite às empresas ter uma percepção das causas que geraram os incidentes, através da exposição aos problemas no chão de fábrica, ajudando à implementação da sua resolução e contínua melhoria;

2. Flexibilidade

A flexibilidade aparece como o princípio fundamental do *JIT*, no sentido de tornar a empresa mais competitiva. Este princípio é cada vez mais necessário devido a uma procura cada vez mais diversificada e localizada nos clientes.

3. Simplificação de método e processos

Esta simplificação de processos e métodos origina uma maior qualidade no produto e uma redução nos seus custos sendo para isso necessário diminuir fases de processo, ajustar o número de componentes de produto ao pedido pelo cliente e ainda melhorar processos de fabrico, reduzindo o número de equipamentos e ferramentas utilizados.

A aplicação desta metodologia veio trazer uma evolução em relação à visão tradicional. No sentido de demonstrar esta evolução, é apresentada a Tabela 8, que diferencia os vários aspectos principais.

Tabela 8 - Visão Tradicional vs. *Just in Time*

	<i>Stock</i>	Fluxo	Setup	Lotes	Flexibilidade	Lead time	Mão-de-obra
Visão Tradicional	<i>Stocks</i> elevados	Push	Poucos e longos	Elevados	Baixa	Maior volume de produção	Segue ordens
Just in Time	Eliminar se possível	Pull	Muitos e curtos	Reduzidos	Alta	Reduzido ao mínimo	Autonomia, cooperação

Fonte: Adaptado (Kaizen, TFM - Introdução ao Total Flow Management Valor Acrescentado e Muda, 2017)

O *Jidoka* tem como objectivo fornecer autonomia ao processo, para que seja possível evoluir do processo tradicional 1 homem - 1 máquina para um processo 1 homem - várias máquinas. Para esta metodologia conseguir ser aplicada com sucesso, é necessário introduzir nas máquinas mecanismos de prevenção de erros numa máquina ou linha de produção (Monden, 2011).

Estes mecanismos asseguram a produção com qualidade e a eliminação, tanto quanto possível, de produção não-conforme. O ciclo *Jidoka* consiste em cinco passos:

1. A máquina detecta o erro e comunica-o;
2. O produto sai do fluxo normal de trabalho;
3. A máquina é interrompida;
4. O supervisor identifica o problema;
5. São implementadas melhorias para resolver o problema.

2.5. Ferramentas *Lean Manufacturing*

2.5.1. VSM

O *VSM* é o primeiro passo quando se pretende atingir uma situação ideal para a organização. O *VSM* é aplicado na fase inicial de implementação de um projecto *Lean*. É um método simples e eficaz que permite visualizar o percurso de um produto ao longo de toda a cadeia de valor sendo que, numa fase inicial, ajuda a gestão, a engenharia e as operações a reconhecerem o

desperdício e a identificarem as suas causas. Esta ferramenta apresenta quatro fases de implementação, sendo elas as seguintes (Womack & Jones, 2003):

1. Seleccionar a família de produtos a analisar;
2. Fazer um esquema da situação actual, em que esteja incluído o mapa de operações, os tempos das operações e os tempos de desperdício;
3. Fazer um esquema da situação futura que se pretende atingir (procura da eliminação de desperdício, utilizando iniciativas Kaizen);
4. Desenvolver um plano de implementação das mudanças.

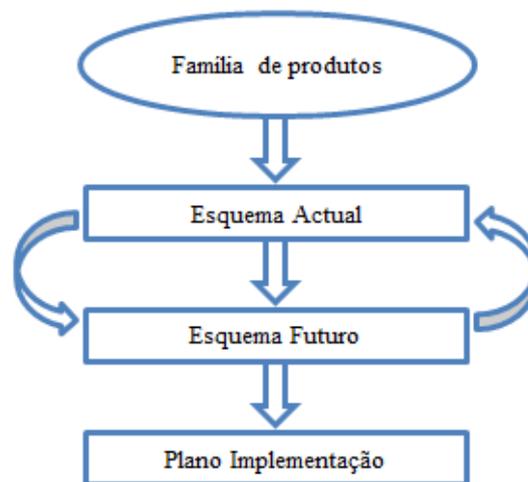


Figura 2 – VSM

Fonte: Adaptado (Womack & Jones, 2003)

2.5.2. 5S

O conceito de 5S possui como base as cinco palavras japonesas cujas iniciais formam o seu nome. As palavras são *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Tem por objectivo sistematizar as actividades de arrumação, de organização e limpeza dos locais de trabalho (Courtois, Pillet, & Chantal, 2007).

- *Seiri* - Significa utilizar materiais, ferramentas, equipamentos, dados, etc. com equilíbrio e bom senso;

- *Seiton* - Significa organização ou seja, é importante ter tudo disponível e organizado de maneira a alcançar os materiais o mais fácil e rapidamente possível;
- *Seiso* - A tradução para a palavra *Seiso* é limpeza. Este senso define a importância de eliminar resíduos ou mesmo objectos estranhos ou desnecessários ao ambiente;
- *Seiketsu* - Padronização, normalizar todas as 3 etapas anteriores;
- *Shitsuke* - A última etapa do programa 5S é definida pelo cumprimento e comprometimento pessoal para com as etapas anteriores.

2.5.3. *Kaizen*

Kaizen significa melhoria contínua, é a pedra fundamental de toda a produção *Lean*, e consequentemente, do pensamento *Lean*. É uma ferramenta utilizada para criação de melhorias ao longo do processo, com o objectivo do aumento da produtividade. Todos os trabalhadores do processo em que se irá implementar esta ferramenta devem participar nos eventos *Kaizen*, cooperando em todas as actividades. Estes eventos *Kaizen* devem ser realizados de uma forma periódica para que se alcance a melhoria contínua. O principal objectivo dos eventos *Kaizen* é a redução de custos através da eliminação de desperdícios (Smith, 2004).

A ferramenta utilizada para desenvolver os eventos *Kaizen* é o *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*).

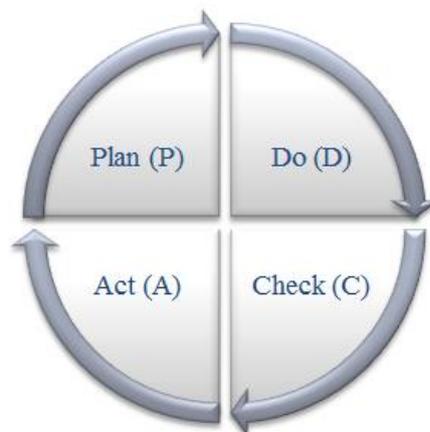


Figura 3 - Ciclo PDCA**Fonte: Adaptado (Smith, 2004)**

O ciclo *PDCA* é composto por 4 etapas:

- *Plan* (planear) – estabelecer os objectivos, e processos necessários para apresentar resultados de acordo com os requisitos.
- *Do* (fazer) – executar as tarefas previstas na etapa de planeamento.
- *Check* (verificar) – verificar se os objectivos foram atingidos com a aplicação do método definido anteriormente.
- *Act* (ajustar) – Nesta fase, devem ser criados padrões dos procedimentos implementados na fase “*Do*” caso o resultado das acções seja satisfatório e assim melhorar continuamente o desempenho dos procedimentos.

2.5.4. TPM

O *TPM* é uma metodologia que tem como objetivo eliminar todos os desperdícios, com uma aproximação inovadora à manutenção, que conduz à optimização dos equipamentos, eliminando falhas e possíveis causas de falha (Gosavi, 2006). Promove a manutenção executada pelos operadores de produção, o que leva a um aumento da produtividade conseguida à custa de uma maior disponibilidade dos equipamentos e de uma melhoria da qualidade dos produtos produzidos.

O *TPM* tem três características importantes (Nakajima, 1988):

- Eficácia total - procura contínua da eficácia económica ou rentabilidade;
- Prevenção da Manutenção total - prevenção da manutenção e manutenção preventiva, foi introduzida durante o período em que ainda só existia manutenção produtiva, e significa estabelecer um plano de manutenção para toda a vida útil dos equipamentos que inclui a prevenção da manutenção;
- Participação total - a manutenção realizada pelos operadores ou pequenos grupos, em cada nível, e em cada departamento.

2.5.5. SMED

A ferramenta *Single Minute Exchange of Die (SMED)* tem como objectivo reduzir todos os tempos do *Setup*. Segundo Shingo (1985), esta ferramenta é orientada para a diminuição dos tempos de *Setup*, sendo executado um trabalho de preparação e implementação de técnicas que permitam diminuir, ou eliminar certos tempos de *Setup*. Shingo (1985) defende ainda que esta metodologia possibilita a realização do processo de mudança de ferramentas em menos de dez minutos, ou seja, o número de minutos expresso em um dígito.

A base do método está no entendimento de que as operações de *Setup* são de dois tipos:

- *Setup* interno - actividades que só podem ser realizadas com a máquina parada;
- *Setup* externo - actividades que podem ser feitas com a máquina em funcionamento.

Inicialmente a mudança de ferramenta era feita de forma desorganizada e não planeada, não existindo qualquer distinção entre operações de *Setup* internas e externas. Sendo assim a ferramenta *SMED* é constituída por 3 fases:

Fase 1 – Separação de operações internas de externas

Consiste em preparar a troca de ferramenta previamente, ou seja, realizar as tarefas que podem ser realizadas com a máquina a trabalhar ao invés de as executar apenas quando a máquina pára. Esta é a grande diferença na implementação de *SMED*, sendo que com esta fase conseguimos poupar cerca de 30% a 50% do tempo. Na figura 4 esta fase é representada pelo número 1.

Fase 2 – Converter operações internas em externas

Muitas das actividades realizadas com a máquina parada podem ser feitas com a máquina a trabalhar. Sendo assim pretendesse converter essas operações internas em externas. Na figura 4 esta fase é representada pelo número 2.

Fase 3 – Melhoria contínua de cada operação de *Setup*

A última fase visa a melhoria sistemática de todas as operações, quer internas, quer externas. Pretende-se implementar soluções que permitam realizar as diferentes operações de modo mais fácil, seguro e rápido. Na figura 4 esta fase é representada pelos números 3 e 4.

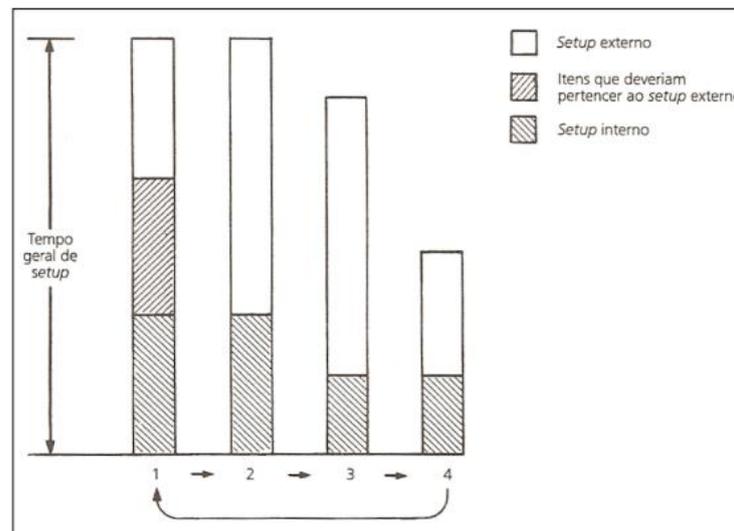


Figura 4 - Fases SMED

Fonte: (Shingo, 1985)

2.5.6. Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que permite a qualquer pessoa, que esteja no seu local de trabalho, compreender tudo o que está à sua volta.

Esta ferramenta permite aumentar a eficiência e eficácia das operações, tornando todos os procedimentos do colaborador visíveis, lógicos e intuitivos. Potencia ainda o desenvolvimento e a melhoria contínua das empresas, tendo papel importante na aplicação *Lean*.

Como grande vantagem tem o facto de auxiliar a gestão e o controlo dos processos de produção de modo a evitar erros e desperdícios (Locher, 2008).

2.5.7. Kanban

Desenvolvido por Taiichi Ohno na década de 50, nas linhas de produção da Toyota, o *Kanban* surgiu como solução para a tendência que as empresas tinham de produzir mais do que necessário. Este sistema é um mecanismo de controlo de gestão e dos seus fluxos de informação, que utiliza cartões ou sistemas visuais de maneira a nivelar a produção e a procura do cliente. Procura apenas produzir o que o cliente quer, quando quer e nas quantidades que quer ou

seja *Just in Time* caracterizando-se por ser um dos pilares do *Just in time* e do sistema de produção Toyota.

Caracteriza-se ainda por ser bastante simples, eficaz e barato, sendo uma das ferramentas mais utilizadas a quando do controlo de inventários, *stock*, produção e abastecimento de linhas (Gross & McInnis, 2003).

Procura-se com esta ferramenta que o *Kanban* substitua o tradicional planeamento semanal ou diário, sendo possível ao operador programar e controlar a produção diária através de sinais e regras predefinidas.

2.5.7.1. Funcionamento do sistema *Kanban*

O *Kanban* atua como um sistema que integra toda a cadeia de valor, liga todos os processos e conecta todo o fluxo de material com a procura do cliente.

Actualmente o *Kanban* pode ser dividido em dois tipos:

- *Kanban* de produção - Nenhuma operação é realizada sem que exista um cartão associado a essa produção a autorizar;
- *Kanban* de transporte – Cartão semelhante ao cartão de *Kanban* de produção, sendo que incluirá também a origem e destino das peças, o que autorizará a movimentação destas. Nenhuma actividade de movimentação é executada sem que haja um *Kanban* de transporte a autorizar.

Sendo assim um *Kanban* tem como principais funções identificar peças, evitar o excesso ou falta de peças, evitar *stocks* intermédios e permitir um controlo visual acessível para o operador. O operador irá assim controlar, ele próprio, a produção, produzindo lotes pequenos e garantindo a distribuição programada das ordens de serviço de acordo com o consumo. Este sistema facilita o controlo do inventário e ajuda a descobrir e amplificar as fraquezas dos processos.

2.5.7.2. Vantagens e Limitações

A implementação deste sistema traz inúmeras vantagens para o sistema produtivo tais como (Gross & McInnis, 2003):

- Limitar o *stock* máximo. Segundo Ohno pode ser reduzido cerca de 25% a 75%;

- Prevenir rotura de *stock* de componentes;
- Integrar todos os processos, criando fluxo de produção;
- Produzir lotes pequenos, prevenindo a superprodução e conseguindo uma produção diversificada;
- Ajudar a encontrar desperdícios de processo;
- Promover visibilidade para todos.

Como todos os processos, este também acarreta algumas limitações, tais como:

- Requer disciplina e rigor;
- A procura deve estar já estabilizada;
- Não consegue rapidamente responder a alterações do produto.

2.5.7.3. Diferentes formas de um *Kanban*

O sistema *Kanban* permite o controlo visual ao longo de todo o processo produtivo, permitindo identificar falhas ou desperdícios que serão corrigidos imediatamente. Este pode assim assumir diferentes formas, para além do tradicional cartão, para transmitir um sinal de reabastecimento:

2.5.7.3.1. Cartão

A forma mais usada e tradicional de apresentação de um *Kanban*. Uma forma fácil, barata e simples de controlar a produção. Esta forma pode ter os dois tipos de *Kanban* apresentados anteriormente, sendo que este deve ser o mais simples possível mas conter toda a informação necessária.

Uma etiqueta *Kanban* deve conter as seguintes informações (Ohno, 1988):

- Referência da peça;
- Descrição da peça;
- Capacidade do contentor;
- Processo anterior;

- Processo seguinte.

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
Ohashi Iron Works	Item No. 53018-60011	Identification
	Item Name RAD S/WAY RADIATOR PRESS LH	Used in FJ Car Type (J)
Store Shelf No. I - BOTTOM	21	Assembly No. 2
	Box Type SPECIAL	
	Box Capacity 30	50
Parts-ordering Kanban		

Figura 5 - Exemplo etiqueta *Kanban*

Fonte: (Ohno, 1988)

2.5.7.3.2. Look-see

Forma de *Kanban* que consiste em sistemas visuais, como marcas no chão que sinalizam quando um item tem de ser abastecido. Podem ainda ser utilizados os próprios contentores dos componentes como sinais para a produção, sendo que, à medida que os contentores vão ficando vazios e são retirados da fila para produção, o operador consegue saber quando tem de ser abastecido ou mandar produzir certo material ou componente.

2.5.7.3.3. Quadro *Kanban*

Em tudo semelhante ao sistema de cartões, sendo que em vez cartões, são utilizados ímanes, fichas de plástico, anilhas, etc., como sinal. O quadro contém todos os processos pelos quais o produto irá passar, e assim que este é movido, o sinalizador é movido no quadro consoante essa movimentação. Quando este produto é consumido, o sinal que representa o produto, é movido para a fila de espera da produção do quadro *Kanban*.

2.5.7.3.4. *Kanban eletrónico (e-Kanban)*

Nos dias de hoje, vários sistemas *ERP* oferecem a possibilidade de utilização do *Kanban* eletrónico em detrimento do *Kanban* tradicional. A necessidade do cliente é imediatamente transmitida a toda a cadeia de fornecedores. Com este sistema o problema de perdas de cartões existente no sistema tradicional é eliminado pois o sinal é transmitido através do sistema de informação da empresa.

Apesar das várias formas de *Kanban*, em todas elas os sistemas de sinalização são semelhantes. Cada fila de cada componente deve estar assinalada com três limites assinalados com cores para a fácil interpretação das necessidades de abastecimento (Harris, 2003; Suzaki, 2010).



Figura 6 - Gestão visual *Kanban*, *Look-see*

Fonte: Adaptado (Gross & McInnis, 2003)

Quando as etiquetas *Kanban* estão no limite verde, não há necessidade de se produzir. Como demonstra a imagem, o item 1 encontra-se com contentores cheios no limite verde, logo não precisa de nenhuma acção.

Quando as etiquetas *Kanban* se encontram no limite amarelo, é necessário produzir o produto e voltar a abastecer a fila. Dentro deste limite, é necessário ter em conta os tempos de transporte, setup e de produção para ser feito o dimensionamento adequado para esta fila. O item 3 demonstra que este item terá de ser abastecido para que não exista rotura, servindo assim de alerta.

O limite vermelho representa um nível de urgência, ou seja, o abastecimento dessa referência deve ser iniciado imediatamente, sob pena de rotura. Na utilização da ferramenta *Kanban* deve-se sempre evitar ao máximo esta situação de maneira a proteger o cliente de eventuais problemas do processo fornecedor.

2.5.7.4. Dimensionamento do Sistema *Kanban*

É necessário definir alguns pontos fulcrais para a implementação de um sistema *Kanban*, sendo que se destacam dois deles:

- Capacidade de cada contentor

A capacidade de cada contentor é um dos pontos fulcrais para a implementação do *Kanban*, para isso, é necessário definir o contentor e depois as quantidades de peças indicadas para

esse mesmo contentor. Esta escolha tem de ser feita considerando as características do produto, o peso, o volume e procura das peças, garantindo sempre a fluidez da produção.

Este estudo das características do produto deve ser apenas provisório, pois o sistema *Kanban* deve ser melhorado continuamente. Diminuir o número de peças por contentor, mantendo sempre a fiabilidade dos processos produtivos, ajudará a tornar o sistema mais flexível e reactivo.

- Número de contentores / Cartões *Kanban*

A implementação de um sistema *Kanban* deve ser iniciada com a determinação do número de *Kanbans*. Um dos métodos mais utilizados pelas empresas é começar por um número mais elevado de *Kanbans* e através da observação contínua do sistema, fazer melhorias e ir reduzindo até se encontrar o número ideal.

Existe uma fórmula que nos permite calcular a quantidade de *Kanbans*, sendo que, é necessário que o processo produtivo seja padronizado e repetitivo.

$$K = \frac{DL(1+\alpha)}{C} \quad (1)$$

Fonte: Adaptado (Mecânica, 2015)

K – Número de *Kanbans*

D – Consumo médio do cliente por unidade de tempo

L – *Lead time* (Tempo espera + Tempo processamento)

α – Factor de segurança ($\leq 10\%$)

C – Capacidade do contentor

O número de *Kanbans* deve ser, sempre o mínimo possível, sendo que para isso têm de ser feitas melhorias (The Productivity Press Development Team, 2002):

- Diminuição dos tempos de *setup*;
- Diminuição dos tempos de produção;

- Diminuição do número de avarias de máquinas e do número de defeitos;
- Visualização de fluxos de trabalho (*Workflow*);
- Limitação da quantidade de *WIP*;
- Gerir e medir fluxos;
- Procura constante de melhorias e oportunidades.

Segundo Shingo (1985), “A forma de determinar o número de *Kanbans* não é importante. O que interessa verdadeiramente é perguntarmo-nos como melhorar o sistema de produção para fixar o número de *Kanbans* mínimo. “

2.5.7.5. Implementação do Sistema *Kanban*

- Desenhar *Kanban*

Depois de realizado o dimensionamento do sistema *Kanban*, é necessário definir qual o mecanismo de sinalização que será utilizado no processo de produção. A informação transmitida pelo mecanismo escolhido deverá conter toda a informação necessária, de maneira a que seja o mais claro possível para todos os envolvidos no processo, conseguindo assim qualquer pessoa controlar a sequência e quantidade de material a produzir/transportar.

Para este sistema funcionar devem ser incutidas algumas regras a todos os intervenientes, tais como as prioridades de produção, toda a sua sequência e em caso de dúvida ou algum problema a quem se devem dirigir.

- Formação do pessoal

Depois de definido a forma *Kanban* a utilizar, é necessário prestar formação a todos os intervenientes envolvidos neste sistema de produção para um bom funcionamento do mesmo.

De acordo com Gross & McInnis (2003) existem três passos fundamentais nesta formação:

1. Explicar o *Kanban* e para que serve;
2. O funcionamento do *Kanban*;

3. Regras do sistema.

A formação deve ser feita de maneira simples e intuitiva, de modo a que todos os intervenientes percebam o sistema o que também ajuda a que estes sejam cooperantes na implementação, levando ao sucesso desta com maior facilidade.

- Monitorização e melhoria contínua do sistema

Depois de serem dados os passos anteriores, o sistema pode ser iniciado, sendo assim necessário implementar o último passo que consiste na monitorização e avaliação do sistema, com o intuito de evitar/corrigir falhas e manter o bom funcionamento do mesmo. Gross & McInnis (2003) recomendam, numa fase inicial, monitorizar o sistema diariamente, sendo que, correndo tudo dentro do planeado, deve-se alargar esse período de monitorização para uma ou duas semanas.

A monitorização do sistema é feita de acordo com os seguintes tópicos:

- Sinalizador desapareceu?
- Inventário está correto?
- Intervenientes cumpriram protocolo?
- Algum interveniente tem dúvidas de processo?
- O dimensionamento inicial contínua ajustado?

Sendo algum destes tópicos postos em causa, o sistema deve ser analisado e corrigido o mais rapidamente possível.

Ainda dentro deste passo, existe a procura da melhoria contínua deste sistema. Uma forma crucial de melhorar este processo é a procura constante da redução de número de *Kanbans*. Isto pode ser conseguido através da redução do número de *Kanbans* até ao limite em que ocorra uma paragem de linha, sendo que quando tal acontece deve-se identificar e resolver os problemas através das movimentações dos operadores e níveis de *WIP*.

Este processo de acções de melhoria deve ser realizado até se conseguir uma solução óptima, em que seja impossível reduzir mais o número de *Kanbans* ou de *stock*.

2.5.7.6. Gestão de prioridades no *Kanban*

Um centro de trabalho muito dificilmente é exclusivamente dedicado a um único produto, isto é, em que todos os processos realizados sejam apenas referentes à produção daquele mesmo produto. Sendo assim, num sistema *Kanban*, é necessário existir uma gestão de prioridades de maneira a evitar roturas e falhas no processo.

Uma das maneiras mais utilizadas para facilitar esta gestão de prioridades é o quadro de planeamento, que facilita o planeamento da produção e serve como mecanismo de gestão visual e de prioridades. O quadro de planeamento deve encontrar-se junto a cada posto de trabalho para facilitar a sua visualização e acesso. Em geral, considera-se que, um determinado centro de trabalho não deverá produzir mais de dez produtos distintos, sob pena de este sistema não ser aplicável.

Um quadro de planeamento é constituído por um conjunto ranhuras, onde serão colocados cartões *Kanban*, o que significa que um contentor, referente a um determinado produto, foi consumido. O quadro deve ter o aspecto da seguinte figura 7.

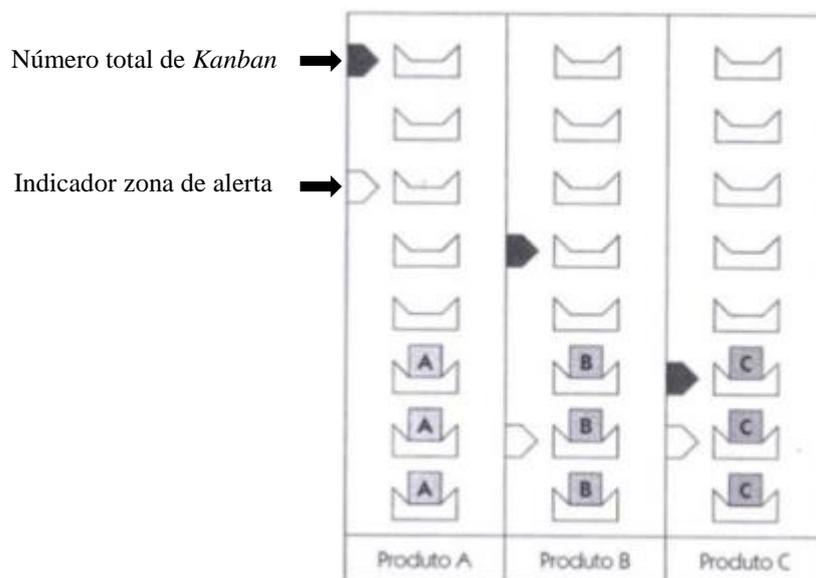


Figura 7 - Quadro planeamento *Kanban*

Fonte: Adaptado (Mecânica, 2015)

Informação adicional

- Referência A – 8 *Kanbans* em circulação

- Referência B – 5 *Kanbans* em circulação
- Referência C – 3 *Kanbans* em circulação

Este quadro é planeado com prioridades determinadas por dois marcadores: número total de *Kanbans* e a zona de alerta.

Como podemos observar nesta figura, torna-se urgente produzir o produto C porque, como cada cartão no quadro representa um contentor consumido, o produto C não tem mais nenhum contentor para produzir. Este raciocínio será utilizado sempre que se quiser iniciar a produção de um contentor.

A zona de alerta indica a necessidade de iniciar a produção de um certo produto para o qual o *stock* mínimo de contentores foi atingido. Esta zona de alerta é necessária para prevenir algum imprevisto de produção, como avarias, atraso de produção, etc..

Em relação às prioridades com que se deve produzir, este sistema defende que se deve avançar para a produção dos produtos para os quais as quantidades de contentores armazenados são menor, sendo neste caso, o produto C como já referido.

Para um bom funcionamento da gestão de prioridades, é necessário as empresas procurarem reduzir os tempos de setup ao máximo. Não sendo isto possível, trabalhar então com lotes de contentores. É importante de referir também que, para evitar rupturas ao nível do fluxo produtivo, é necessário manter um *stock* de segurança mínimo de contentores.

3. APRESENTAÇÃO DAS EMPRESAS ENVOLVIDAS

Neste capítulo serão agora apresentadas, resumidamente, as duas empresas envolvidas na realização desta Dissertação. A apresentação passará por uma descrição reduzida da história de ambas as empresas, o seu negócio e uma breve descrição dos diferentes métodos de produção, no sentido de facilitar a compreensão e interpretação das situações descritas.

3.1. Instituto Kaizen

O Kaizen *Institute* é uma empresa multinacional que fornece serviços de consultoria especializada na implementação de ferramentas *Kaizen Lean*, estando neste momento em mais de 35 países. O Kaizen apoia entidades de todas as dimensões e sectores da economia, prestando os seus serviços já em mais de 50 países. Fundado em 1985, na Suíça, por Masaaki Imai, o Kaizen *Institute* tem as suas origens no Sistema de Gestão do Grupo Toyota, actuando em diferentes sectores de actividade: indústria, logística, saúde, distribuição, organizações de serviços, entre outros.

Com um portfólio de serviços destinados a conseguir a excelência operacional através da melhoria da qualidade dos produtos e serviços, do aumento da produtividade e da motivação dos colaboradores, o Instituto Kaizen é hoje, líder mundial na implementação das ferramentas Lean e metodologias de melhoria contínua (Kaizen, Instituto Kaizen, 1985).

Está presente em Portugal, desde 1999, tendo actualmente escritórios no Porto e em Lisboa. Como podemos ver na Figura 8, o instituto Kaizen, está um pouco presente em todo o mundo.



Figura 8 - Globalização Instituto Kaizen

Fonte: (Kaizen, Instituto Kaizen, 1985)

O objectivo do Kaizen é conferir vantagens competitivas às empresas e instituições públicas, através, por exemplo, do aumento de produtividade, rentabilização e motivação de recursos, eliminação de desperdícios, redução de tempos de produção ou optimização de equipamentos. O Kaizen implementa as estratégias necessárias para que a melhoria contínua seja uma prática permanente dentro das organizações.

A equipa Kaizen é composta por cerca de 600 profissionais dedicados, que passaram pela experiência da transformação *Lean* nos últimos 29 anos. Tem como visão, “*Kaizen is everywhere improvement, everybody improvement, everyday improvement*”, que passa por envolver toda a organização, todos os colaboradores ao longo do tempo, com a missão de obter a excelência dos empregados, na criação de receitas, segurança, qualidade, cumprimento dos prazos de entrega do produto, produtividade, tesouraria e custos.

3.1.1. Visão, Missão e Valores

A visão do instituto Kaizen consiste em ter os melhores consultores do mundo. Estes consultores têm de ser de longe os melhores ao nível do conhecimento e competências, e ainda da

confiança e cooperação. Fomentando a contribuição na arte da melhoria contínua, procura constantemente o sucesso da organização e sucesso individual.

Posto isto, a sua principal missão passa por implementar culturas de melhoria continua nas organizações em busca dos seus sonhos de melhoria de resultados.

Com vista a alcançar estes objectivos, o Kaizen *Institute* tem de se reger por certos valores, tais como:

- Confiança – Reforçar a confiança através dos bons resultados obtidos com clientes, parceiros, fornecedores e comunidade;
- Conhecimento – Busca constante pelo conhecimento, com base na curiosidade, insatisfação, *status quo*, aplicação prática e reflexão;
- Pessoas – Procura do excelente relacionamento com os colaboradores, através do respeito mútuo, dedicação e compromisso com a melhoria contínua;
- Clientes – Servir clientes com humildade, integridade e dedicação ao serviço.

3.1.2. Fundamentos

O Kaizen *Institute* rege-se por determinados princípios fundamentais, sendo estes a base de toda a sua implementação. Existem cinco princípios ou valores fundamentais, sendo eles:

- Criar Valor para o cliente – Consiste em identificar as operações de valor acrescentado para o cliente. Ajuda o cliente a definir uma postura de mercado, de maneira a facilitar o seu desenvolvimento e a alcançar os seus objectivos.
- Eliminar *Muda* – Encontrar *muda*, que significa desperdício, e eliminá-los da empresa pois estes não acrescentam valor à organização. Podem ser classificados sete tipos de muda: sobreprodução, esperas, transporte, processo, defeitos, *stock*, trabalho desnecessário.
- Envolvimentos dos colaboradores – Com a implementação de melhorias, muitos processos irão ser alterados, muitas áreas de trabalho modificadas, o que poderá levar à alteração das tarefas a realizar pelos intervenientes no processo. Sendo assim, é necessário envolver todos os intervenientes de modo a contar com a sua cooperação para o melhor desenvolvimento destas melhorias.

- Melhorias / Implementação no *Gemba* – O *Gemba*, termo japonês para terreno, é o local onde vão ser aplicadas as alterações ou melhorias aos processos. Os responsáveis pela gestão das organizações, devem procurar ir ao *Gemba* diariamente, pois são responsáveis por analisar e melhorar a sua organização. Deve procurar-se normalizar todas as acções de melhoria para que se torne a aplicar, caso necessário.
- Gestão Visual – Serve para facilitar a execução das tarefas diárias e assim possibilitar uma uniformização das mesmas tarefas para qualquer operador.

3.2. Epedal, S.A.

A Epedal é uma empresa portuguesa que se dedica à produção de peças metálicas para a indústria automóvel e de camiões. Utilizando as últimas tecnologias de estampagem, conformação de tubos/arames, actualmente produz variadas peças para o corpo dos automóveis, tais como, bancos, chassis, correntes de transmissão, etc.

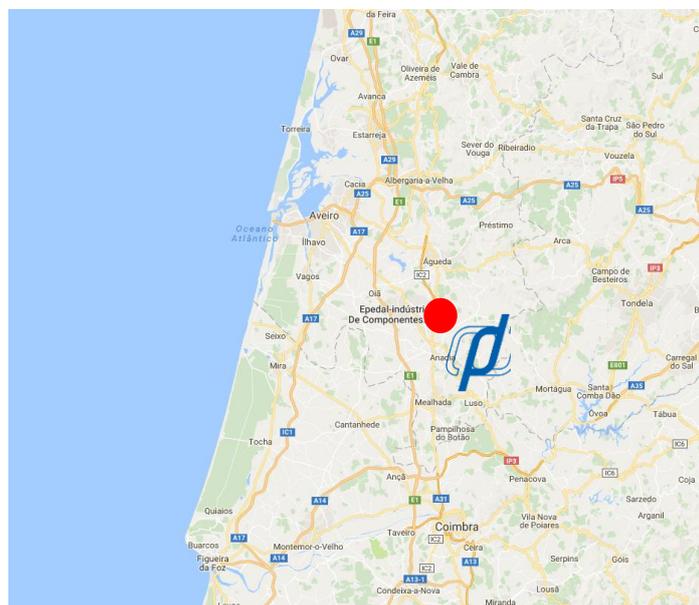


Figura 9 - Localização Epedal

Fonte: (Epedal, 2017)

Fundada a 29 de Janeiro de 1981, a Epedal está localizada em Sangalhos, Portugal (figura 10) e conta com 249 colaboradores (contagem, Dez. 2016), produzindo cerca de 2.100

toneladas por mês. Encontra-se em constante evolução ocupando actualmente uma área total de 105.000 m², sendo a área coberta de 15.000 m². Está a ser feita uma análise de possíveis investimentos no sentido de aumentar a área coberta em 20.000 m² e ainda a criação de uma área social de 5.000 m².



Figura 10 - Área Epedal

Fonte: (Epedal, 2017)

A missão da empresa passa por honrar os seus compromissos, lutando para isso por cumprir com todas as especificações e datas de entrega impostas pelos clientes, nunca descurando do elevado nível de qualidade a preços competitivos. Está assente em pressupostos como: “produzir componentes metálicos para automóveis, motociclos, comboios e aeroespacial, satisfazendo integralmente as exigências dos clientes, accionistas e colaboradores, privilegiando os factores críticos do sector: prazos de entrega, qualidade e preços.” (Epedal, SA, 2005).

A empresa está organizada da seguinte forma:

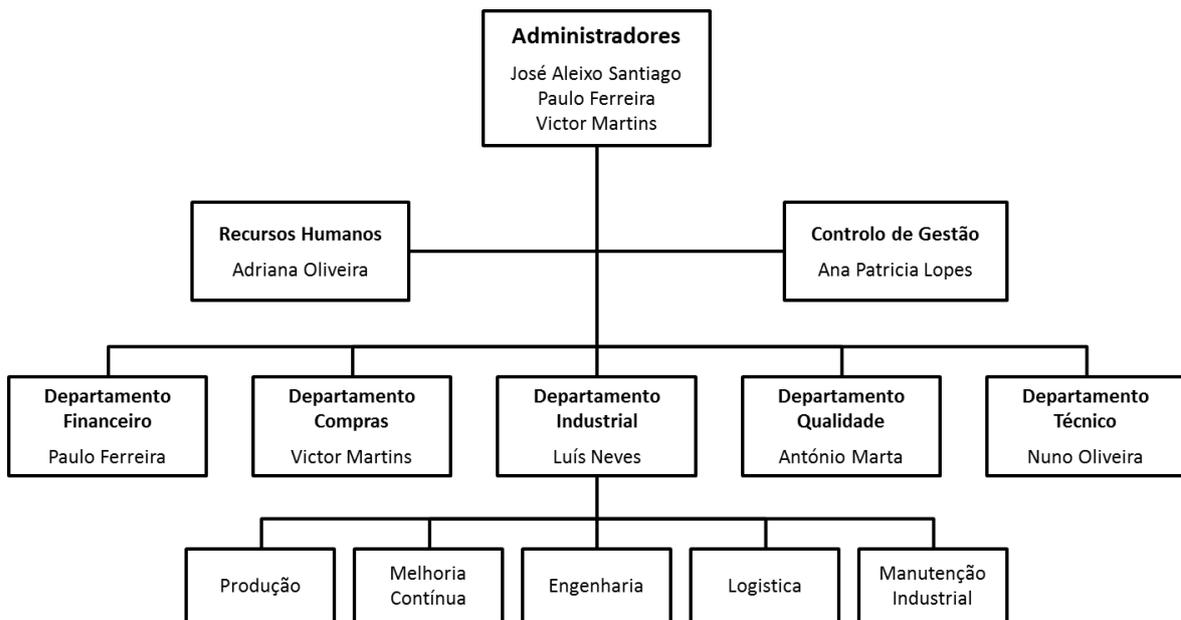


Figura 11 - Organograma Epedal

Fonte: Adaptado (Epedal, 2017)

A Epedal é uma das fundadoras do CEIIA (Centro de Excelência e Inovação para a Indústria Automóvel Portuguesa) e construiu a sua reputação e sucesso, nunca fugindo da sua filosofia e estabelecendo bases para uma constante melhoria. A empresa tem um sistema integrado de gestão ambiental e qualidade, obtendo certificação de NP EN ISSO/TS 16949, NP EN ISSO 14001 e do OSHAS 18001 nos últimos anos.

3.2.1. Vendas, Clientes e Fornecedores

Ao longo dos últimos anos, a Epedal tem tido uma evolução ao nível de vendas bastante positiva, esperando que até o fim de 2018, tenha uma evolução de 25% em vendas comparando com o ano de 2016.

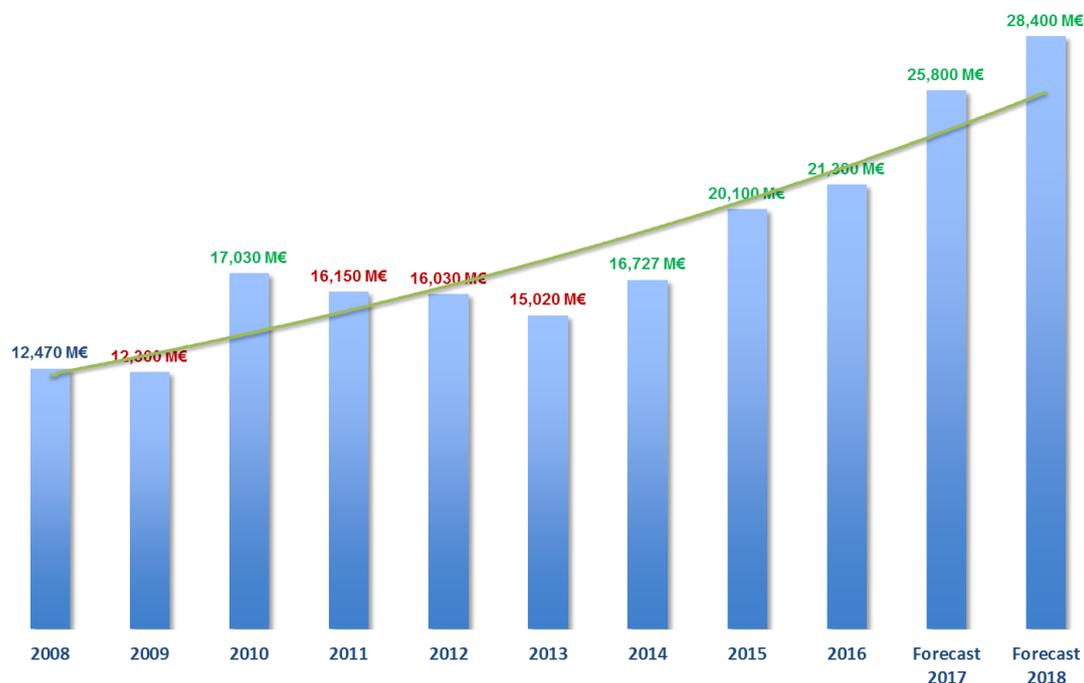


Figura 12 - Vendas 2008-2018

Fonte: (Epedal, 2017)

A empresa tem como principais clientes directos o Grupo Segura, Faurecia, Tenneco, Gestamp, Grupo Kirchooff, Inapal Plásticos, Borg Warner e Grupo Antolin. Uma pequena percentagem de vendas, cerca de 7%, são para grandes marcas como a Volkswagen Auto Europa, Mitsubishi, General Motors e Daimler.

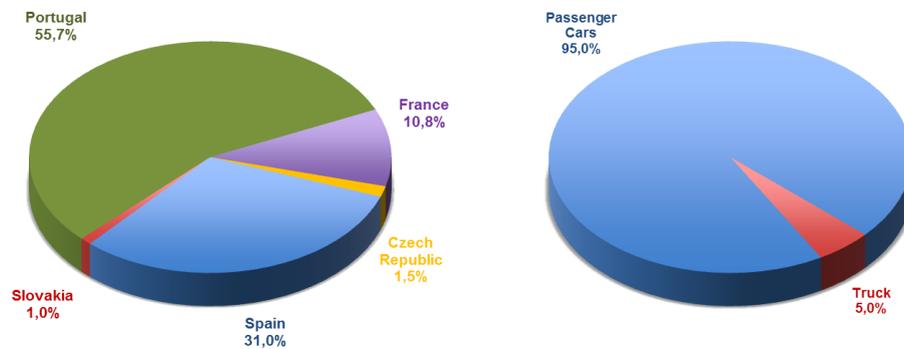


Figura 13 - Volume de vendas

Fonte (Epedal, 2017)

As figuras demonstram como está dividido o mercado que a Epedal fornece e também os volumes vendidos para cada país.

Relativamente aos fornecedores a Epedal tem alguns que são impostos pelos clientes e outros que pode ser ela a escolher e contratar, sendo alguns dos mais importantes, a Gonvarri, Acerinox, AK Steel, Bamesa e a Thyssen Krupp.

3.2.2. Processos e *layout*

A estampagem caracteriza-se como o principal processo de produção da Epedal, sendo que a empresa fez um investimento significativo em 2014 numa nova prensa mecânica de 1.200 Ton, assegurando o contínuo crescimento económico. Contém 22 prensas com diferentes sistemas e capacidades:



Figura 14 - Peças estampadas

Fonte: (Epedal, 2017)

Prensas Mecânicas:

- 18 Prensas mecânicas (progressiva / transfer);
- Capacidade de 45 a 1.200 Tons;
- Tamanho mesa: 5.500 x 2.400 mm;
- Largura da bobine: 1.500 mm.

Prensas Hidráulicas:

- 4 Prensas hidráulicas;
- Capacidade de 200 a 800 Tons;
- Tamanho mesa: 4.200 x 2.200 mm.



Figura 15 - Prensa 800 Ton

Fonte: (Epedal, 2017)

A conformação de tubos e arames é outro dos processos produtivos da empresa, sendo que este processo tinha uma grande importância numa fase inicial da Epedal, na convenção de peças para bicicletas e motocicletas, o que transmitiu experiência e *know-how* para se destacar neste processo na indústria automóvel. Contém 13 máquinas CNC:

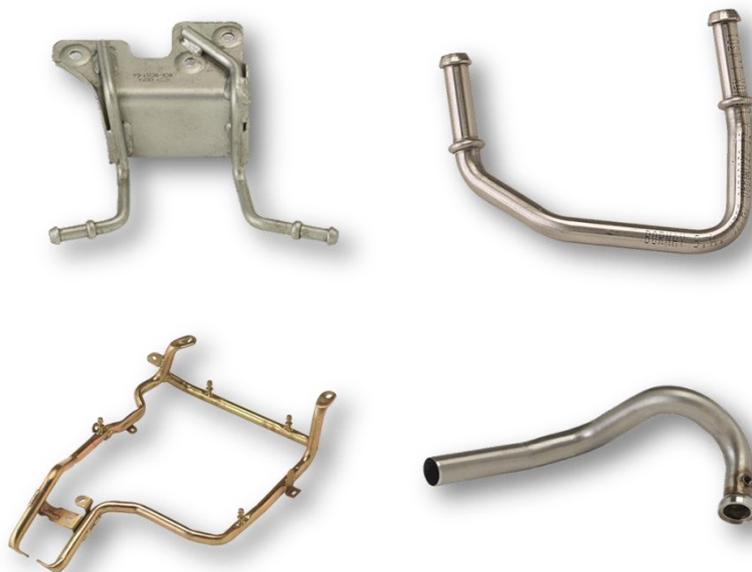


Figura 16 - Peças conformadas

Fonte: (Epedal, 2017)

Tubos:

- 6 Máquinas CNC de dobrar tubo;
- 3 Máquinas CNC de dobrar e conformar tubo;
- Diâmetro máximo: 50 mm

Arames:

- 3 Máquinas CNC de dobrar arames;
- 1 Máquina CNC de dobrar e conformar arame;
- Diâmetro máximo: 16 mm



Figura 17 - Máquina de dobrar tubos e arames

Fonte: (Epedal, 2017)

Sendo a soldadura o maior activo na produção de peças para a indústria automóvel, a Epedal fez um investimento significativo em automatizar todas as suas células, de maneira a conseguir responder a todos os processos de produção.

A empresa possui as últimas tecnologias deste tipo de processo, sendo a soldadura por resistência e a soldadura MIG/MAG os principais sistemas.



Figura 18 - Peças soldadas

Fonte: (Epedal, 2017)

Soldadura:

- 25 Células soldadura MIG/MAG;
- 1 Célula soldadura por pontos;
- 8 Células soldadura por resistência.

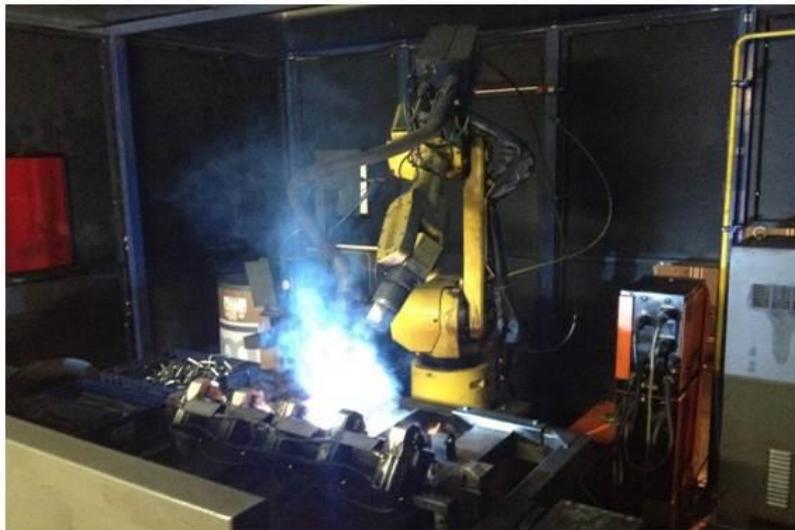


Figura 19 - Célula soldadura

Fonte: (Epedal, 2017)

A Epedal tem outros processos de produção, tal como a cravação e rebitagem, o que permite desenvolver outro tipo de peças.



Figura 20 - Posto Cravação

Fonte: (Epedal, 2017)

Na procura de elevada eficiência de processo e satisfação do cliente, a Epedal sentiu a necessidade de investir no departamento de engenharia com as últimas tecnologias CAD, permitindo fabricar as suas próprias ferramentas para todos os seus processos de produção, sendo possível ter maior flexibilidade e reduzindo ainda custos e prazos.

Para isso tem à sua disposição:

- 5 CAD *workstations* – VISI;
- 4 CNC centros de *Milling*;
- 3 Máquinas EDM;
- *Software* de simulação AutoForm.



Figura 21 - Sistema CAD e máquina CNC

Fonte: (Epedal, 2017)

Por fim e de forma a conseguir controlar a qualidade das peças fabricadas, possui um gabinete de metrologia com sistemas avançados de controlo, sendo eles:

- Máquina de medição tridimensional;
- Testes tração;
- Testes penetração de solda;
- Testes macrográficos.



Figura 22 – Metrologia

Fonte: (Epedal, 2017)

A empresa está organizada pelos processos já descritos, sendo que estes estão divididos por secções principais de produção como podemos ver no *layout* seguinte:



Figura 23 - *Layout* Epedal

Fonte: Adaptado (Epedal, 2017)

Podemos ver que a empresa está bem distribuída, sendo que como o processo de soldadura é a última etapa de todo o processo de produção, está mais perto da zona de expedição. A zona de estampagem, que é o coração da empresa está situada no centro da fábrica, o que facilita transporte de ferramentas e componentes para esta zona. Todas as entradas de matéria-prima estão localizadas junto das respectivas secções, facilitando assim o transporte e armazenagem. A zona de escritórios, onde se encontra a administração e salas de reuniões, encontra-se à entrada da fábrica, facilitando o acesso.

4. CASO ESTUDO

Neste capítulo será apresentado um processo produtivo, em que serão analisados os problemas e melhorias da situação actual, com o intuito de apresentar uma situação futura otimizada através de um sistema de produção *JIT*, conhecido como *Kanban*.

4.1. Selecção do processo produtivo

Em sintonia com o instituto Kaizen, a empresa procurou seleccionar um processo produtivo que englobasse todas as principais secções da fábrica, procurando com isto criar uma implementação modelo que pudesse ser adaptada a todos os outros processos produtivos. Sendo aplicado em apenas uma linha, permite à empresa correr menos riscos e perceber a viabilidade do sistema *Kanban*, sendo que para isso, foi escolhido um processo produtivo dos mais complexos da Epedal. Pelas grandes quantidades produzidas, constantes movimentações e variação na procura, o processo escolhido permite fazer uma avaliação exaustiva do sistema, sendo que o seu sucesso ou fracasso permitirá a implementação ou não implementação nos restantes processos da empresa.

O sucesso da implementação permitirá mostrar a toda a empresa os benefícios do sistema *Kanban*, tornando as pessoas mais receptíveis e colaborantes na sua implementação nos restantes processos produtivos da empresa.



Figura 24 - Isofix Crossmember

O processo produtivo escolhido pela empresa para a implementação do sistema *Kanban* foi o *Isofix Crossmember*, peça que é produzida para a Faurecia Bancos, de São João da Madeira, fornecedora de marcas reconhecidas mundialmente com o Grupo PSA, entre outras.



Figura 25 - Aplicabilidade Isofix

Esta peça serve para segurar os bancos das crianças aos bancos dos automóveis, sendo um sistema padrão internacional de segurança nos automóveis de passageiros. É uma peça com grande volume de vendas, cerca de 6000 peças por semana, o que implica ter máquinas dedicadas à sua produção e ainda produzir em picos de procura a três turnos para responder às encomendas.

4.2. Descrição do Processo

A peça é produzida na íntegra pela empresa, sendo apenas subcontratado o processo de pintura da peça final. Sendo que a peça depois de ser pintada e embalada pela empresa subcontratada, apenas passa pela Epedal para ser sujeita a um processo de controlo de qualidade e posteriormente ser enviada para o cliente, será desenvolvido o sistema *Kanban* até à embalagem final antes de ser enviada para o processo de pintura.

Esta peça é constituída por 4 componentes, 3 arames e uma chapa. Depois da peça final ser conformada pelo processo de soldadura passa por um túnel de óleo e é embalada para ser posteriormente pintada.

Atualmente, o processo de produção começa com a impressão das ordens de fabrico, pelo responsável do planeamento de produção, que autoriza o início de produção de cada um dos componentes. Em todo o processo existem quatro ordens de fabrico a circular pela fábrica, uma para cada arame, uma para a chapa e outra para os processos de soldadura, olear e embalar.

Podemos caracterizar este processo por 6 principais operações, apresentadas no fluxograma da figura 27:

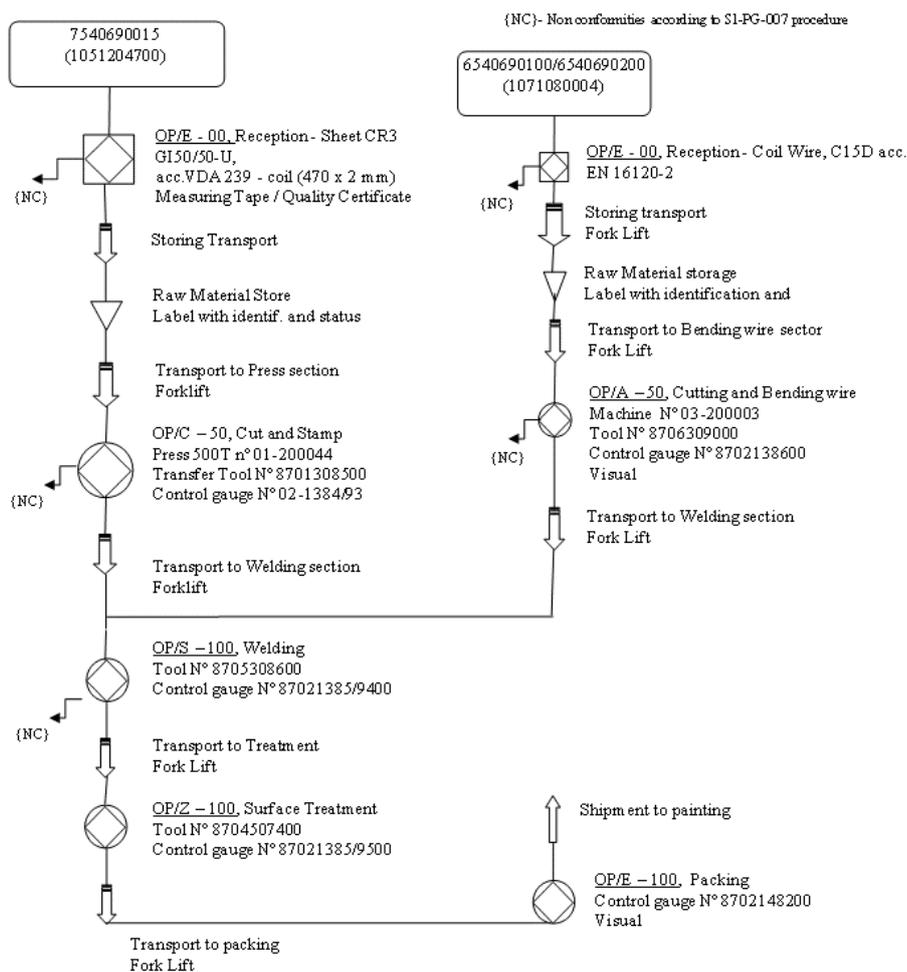


Figura 26 - Fluxo das operações do processo

Operação 1 / 2 – Conformer arame

Operação realizada na secção de arames, na máquina n°3, onde o operador é o responsável por ir buscar a matéria-prima, programar a máquina e produzir a quantidade especificada pela ordem de fabrico.



Figura 27 - Máquina conformar arame

Nesta operação são produzidos dois componentes com diferentes quantidades, o componente 0200 é produzido com o dobro da quantidade do componente 0100, porque para a produção da peça final são necessários dois arames 0200 e um arame 0100.



Figura 28 - Componentes 0100/0200

No fim da produção, a paleta com o material é enviada para uma secção de produto semi-acabado para posteriormente ser levada para o posto seguinte.

Operação 3 – Conformar chapa

Operação realizada na secção de prensas, na prensa de 500 Ton que, por se tratar de uma produção de um componente para a peça final, pode ser feita ao mesmo tempo que a operação 1 e 2. Nesta operação o procedimento do operador é, em tudo, idêntico às operações anteriormente

descritas, em que este é responsável por preparar a matéria-prima, a ferramenta, a prensa e produzir de acordo com o especificado na OF.



Figura 29 - Prensa 500 Ton

Nesta operação é produzido o componente 0015, uma vez por semana, em grandes quantidades devido ao elevado tempo de setup desta prensa e também pelo facto de estarem associadas a ela um elevado número de referências.



Figura 30 - Componente 0015

Tal como as operações anteriores, terminada a produção, o componente é levado em paletes para o armazém de produto semi-acabado, onde fica em espera para ser fornecido ao posto seguinte.

Operação 4 – Soldar componentes

Operação realizada na secção de soldadura, no robot 50, é uma operação que vai juntar os componentes produzidos anteriormente. Ou seja, só consegue trabalhar se nenhum dos componentes anteriores falhar com os prazos de entrega. Como esta referência tem um elevado número de procura, este robot já é dedicado, ou seja, o operador apenas tem de se preocupar com a

produção e em ter os componentes perto do posto, não tendo de programar máquina nem de se deslocar para ir buscar matéria-prima.



Figura 31 -Robot de soldadura

Nesta produção é produzida a peça final, em que são soldados dois componentes 0200 e um componente 0100 num dos lados da chapa 0015. Esta operação requer algum controlo de qualidade.



Figura 32 - Peça soldada

Depois de soldada a peça é colocada num túnel de pulverização de óleo que se encontra junto ao robot de soldadura.

Operação 5 – Pulverização de óleo

Neste túnel de pulverização de óleo, todas as peças têm de passar para prevenir oxidação. Esta operação é realizada pelo operador que controla o robot. Assim que este tira a peça soldada do gabarito coloca-a no túnel de pulverização, que se encontra a um metro do robot.



Figura 33 - Túnel de pulverização

Operação 6 – Embalar peça

Depois de saírem do túnel de pulverização as peças caem aleatoriamente para o contentor de embalagem, sendo que posteriormente o operador tem de organizar as peças no contentor e etiquetá-lo, para este ser enviado para a fase de pintura.



Figura 34 - Embalagem final

4.3. Actual sistema de produção

Muitas empresas, hoje em dia, ainda utilizam sistemas *Push* de produção, sendo a Epedal uma delas. Utiliza o sistema *MRP* em que o responsável pelo planeamento define o que vai ser produzido, em que quantidades e quando. Esta informação é transmitida por uma ordem de fabrico (OF), imprimida pelo responsável, que distribui pelos postos de produção dando assim ordem para estes produzirem.

Uma OF contém toda a informação necessária para a produção de uma peça, desde a referência, a quantidade a ser produzida, a data de início de produção, a operação seguinte, matéria-prima e a ferramenta a ser utilizada.

Este sistema de produção acarreta alguns problemas, tais como:

- *Lead-times* e lotes fixos;
- Actualização de registos diários ou semanais;
- Dependência de sistema de informação computadorizado;
- Produz ao seu ritmo e entrega no posto seguinte independentemente das necessidades do posto seguinte.

Estes problemas levam a que as datas de início e quantidades de produção não estejam otimizadas e coordenadas com as outras OF lançadas no mesmo dia. Ou seja, a empresa produz muitas vezes lotes em excesso ou mesmo lotes na sequência errada.

As OF dos componentes e da peça final não estão interligadas, ou seja, muitas vezes a produção da peça final não pode arrancar na data programada e determinada pela OF, porque faltam componentes dos postos anteriores devido a atrasos de produção ou avarias. Isto implica muitas vezes, troca de ferramentas desnecessárias, transporte de materiais e pessoas desnecessários, etc.

Produzir com *lead-time* e lote fixo, leva muitas vezes a uma produção em excesso, produzindo mesmo referências que não são necessárias, utilizando operadores inadequadamente e ocupando muito espaço no armazenamento de *stock* produzido. Estas são as principais origens de desperdício no sistema de produção da Epedal.

4.4. Recolha e análise de dados

O estudo de caso começou com uma observação e avaliação do estado actual dos processos a fim de encontrar oportunidades de melhoria. Esta observação e recolha de dados foram feitas por pessoas ligadas à Epedal, em conjunto com Instituto Kaizen, e utilizando, como recurso à informação, dados dos sistemas informáticos.

O Isofix Crossmember tem uma procura média de 6.000 peças por semana por parte do cliente, sendo que devido a uma taxa de não qualidade a rondar os 10% mais concretamente no processo final de soldadura é necessário produzir um número de peças um pouco superior à procura semanal, implicando em certas semanas trabalhar mais um turno para conseguir responder a essa procura.

Nas operações de conformação de arame a empresa trabalha a dois turnos, conseguindo responder à procura semanal. Esta operação tem tempos de ciclo reduzidos e tempos de mudança de referência praticamente nulos, o que permite produzir um elevado número de referências num curto espaço de tempo.

Tabela 9 - Dados operações dos arames

Ref ^a	Procura / Semana (Peças)	Tamanho de lote actual	# Setup actual / Semana	Horas / Semana	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote actual
6540690100	6.000	30.000	0,2	33,3	5	5,0
6540690200	12.000	50.000	0,2	55,6	4	6,0

Podemos verificar na tabela 2 que os tamanhos de lote praticados são muito elevados levando conseqüentemente a grandes quantidades de *stock*. Os elevados tamanhos de lote são contrários aos ideais defendidos pelo Instituto Kaizen e dificultam também a implementação do sistema *Kanban*.

A operação de conformação da chapa é realizada na prensa de 500 Ton, sendo que este componente entra na prensa consoante o planeamento previamente definido pelo responsável de produção. São produzidas nesta prensa cerca de 45 referências o que implica uma grande gestão de tamanhos de lote e tempo de produção.

Tabela 10 - Dados Operação Estampagem

Ref ^a	Procura / Semana (Peças)	Tamanho de lote actual	# Setup actual / Semana	Horas / Semana	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote actual
7540690015	6.000	15.000	0,4	20,7	2,5	31

Sendo esta referência produzida numa ferramenta progressiva tem associada uma troca de referência de aproximadamente 75 minutos, o que torna o procedimento pouco flexível a mudanças de referência. Este é o maior problema encontrado para a implementação de *Kanban* uma vez que este tempo de troca de referência impossibilita o trabalho em fluxo, sendo isto contrário à metodologia Kaizen e *Kanban*.

Relativamente às restantes operações, todas elas são dedicadas e produzem a 2 turnos para responder à procura semanal, sendo que por vezes é necessário trabalhar a 3 turnos. Cada turno produz cerca de 700 peças que são sujeitas a um posterior controlo de qualidade para seleccionar as peças finais. Não apresentam tempos de troca de referência ou de preparação porque são máquinas dedicadas. Não produzem para *stock*, mas sim para expedição em embalagens de 200 peças, que serão pintadas e enviadas para o cliente final.

Através da recolha de dados, foram encontrados e seleccionados os alvos de melhoria que se pretende aplicar no processo, sendo eles:

- Redução de tamanhos de lote;
- Redução do tempo de troca de referência na prensa;
- Redução do *stock* intermédio;
- Trabalho em fluxo;
- Optimização do processo de soldadura para redução da taxa de defeitos;
- Aumento da produtividade, possibilitando trabalhar apenas a 2 turnos na soldadura.

4.5. Definição dos circuitos *Kanban*

Durante todo este processo as peças e os componentes percorrem praticamente toda a fábrica, passando por várias secções. Para ser mais fácil interpretar todo este processo, na figura seguinte estão sinalizadas todas as zonas incluídas neste processo produtivo.

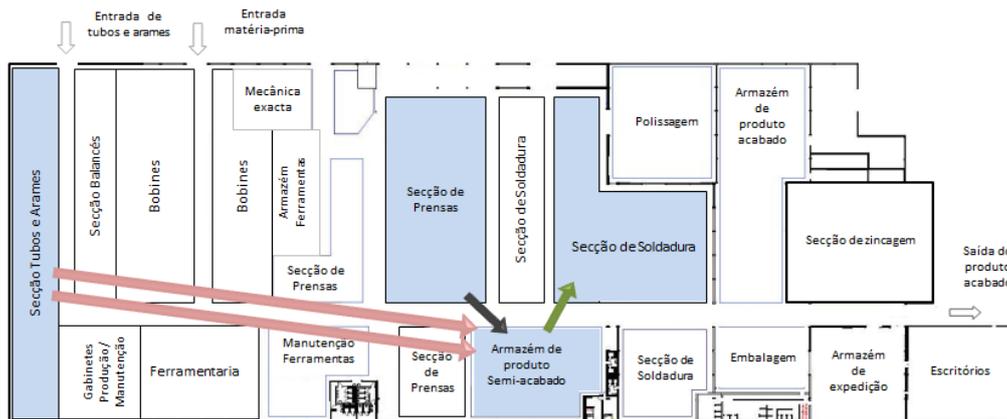


Figura 35 - Percurso do *Isofix Crossmember*

Neste processo existem 4 zonas fundamentais para a implementação do sistema *Kanban*. Do armazém de produto semi-acabado para a secção de soldadura já existe uma pessoa dedicada a abastecer os robots com os componentes necessários que estes precisam para a produção. Sendo assim, no circuito representado pela seta verde, não será implementado o sistema de *Kanban* com cartões, mas sim apenas um sistema de gestão visual, look-see.

Deste modo, consideramos apenas 2 circuitos, sendo necessário ter em conta que num dos circuitos teremos dois componentes a circular. De acordo com a figura 36:

- Circuito 1 – Representado pelas setas vermelhas, transporta o componente 0100 e o componente 0200 da secção e arames até ao armazém de produto semi-acabado onde se encontra guardado o *stock* para a soldadura.
- Circuito 2 – Representado pela seta preta, transporta o componente 0015 da secção das prensas para o armazém de produto semi-acabado.

O sistema de *Kanban*, utilizando cartões será utilizado nestes dois circuitos, sendo que os quadros visuais ficarão na secção de arames e outro na secção das prensas.

4.6. Dimensionamento da proposta

Após a recolha e análise de dados do sistema é necessário fazer o dimensionamento do *Kanban*. Como referido anteriormente esta fase engloba 3 etapas, a definição da capacidade da paleta, a determinação do *stock* de segurança e a quantidade de cartões *Kanban* a circular.

4.6.1. Capacidade da paleta

A definição da capacidade será feita para uma paleta devido ao armazenamento e posterior transporte das peças, desde as secções de arame e estampagem até ao armazém de produto semi-acabado, ser feito em paletes constituídas por *KLT's*.



Figura 36 - Utilização de um KLT

A definição de capacidade para cada *KLT* (1 paleta poderá levar até 60 *KLT*) levaria a um número extremamente elevado de cartões, o que poderia significar em perda de cartões ou má colocação dos mesmos, fazendo com que ocorressem falhas em todo o sistema ou mesmo uma paragem de linha.

O transporte da zona do armazém do produto semi-acabado até à secção de soldadura é feita através de *KLT's*, tendo sido escolhido para este caso um sistema de abastecimento como o método dos contentores vazios, ou Look-see, em vez do sistema de cartões. A implementação deste método é uma solução simples, de fácil interpretação e implementação, pelo que acreditamos ser o melhor sistema para este transporte específico.

O componente 0015 ocupa um maior volume por isso a quantidade de peças em cada *KLT* é reduzida, o que leva a um número de peças para cada palete também reduzido. Isto poderá levar a um elevado número de *Kanbans* a circular, sendo que será sempre um número mais reduzido do que se considerássemos um *Kanban* para cada *KLT*.

Tabela 11 - Capacidade de cada palete

Ref ^a	# Peças / <i>KLT</i>	# Peças / Palete
7540690015	20	480
6540690100	300	6.000
6540690200	150	6.000

As quantidades de peças para cada palete apresentadas na tabela 4 são as quantidades já praticadas pela empresa. Por ser já um dimensionamento optimizado, optou-se por não efectuar alterações a estas quantidades, por possíveis melhorias a este processo não virem a ter grande influência na metodologia *Kanban* que se pretende implementar.

4.6.2. Stock de segurança

Antes de ser definido o número de cartões do sistema *Kanban* foi necessário estabelecer o SS. Este *Stock* tem como objectivo proteger o funcionamento da linha e as entregas atempadas ao cliente, prevenindo problemas de produção ou falhas nos prazos de entrega de matéria-prima.

A Epedal em conjunto com o instituto Kaizen, definiu como SS a produção correspondente a 1 semana, ou seja, 6.000 peças. Este *Stock* será aplicado quer aos componentes, quer ao produto final.

Como foi o primeiro projecto de implementação de um sistema *Kanban* por parte da empresa o valor de *stock* de segurança é muito elevado, sendo que com a optimização do sistema e implementação em outros processos produtivos, uma melhoria passa por diminuir este *Stock* e assim diminuir o número de cartões.

4.6.3. Quantidade de cartões *Kanban*

Depois de definido o SS e a capacidade de armazenamento da paleta podemos definir a quantidade de cartões que devem circular na fábrica. Importa referir que o número de *Kanbans* correspondente a cada componente é um valor arredondado por excesso, podendo sempre sofrer reduções através de melhorias ou optimizações de processo.

Nas seguintes tabelas são apresentados os dados recolhidos para os componentes em estudo, e calculado o respectivo número de cartões necessário.

Tabela 12 - Dimensionamento do componente 0100

Componente 0100 (Semana)	
Consumo médio do cliente (D)	6.000
Lead Time (L)	0,68
Factor de Segurança (1+ α)	1,5
Capacidade da Paleta (C)	6.000
Número de cartões <i>Kanban</i> (K)	2

Tabela 13 - Dimensionamento do componente 0200

Componente 0200 (Semana)	
Consumo médio do cliente (D)	12.000
Lead Time (L)	0,68
Factor de Segurança (1+ α)	1,5
Capacidade da Paleta (C)	6.000
Número de cartões <i>Kanban</i> (K)	3

Tabela 14 - Dimensionamento do componente 0015

Componente 0015 (Semana)	
Consumo médio do cliente (D)	6.000
<i>Lead Time</i> (L)	0,68
Factor de Segurança (1+ α)	1,5
Capacidade da Paleta (C)	480
Número de cartões <i>Kanban</i> (K)	13

5. IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS DO SISTEMA *KANBAN*

Depois de descrita a forma como se pretende implementar o sistema e de serem analisados todos os dados relativos ao processo estudado, pode ser iniciada a fase de implementação da proposta. Posto isto, será apresentado de forma detalhada o sistema *Kanban* utilizado, a formação que se considera necessária a todos os intervenientes e a forma como este deve ser monitorizado. Por fim serão apresentados os resultados considerados relevantes para a apresentação e avaliação mais concreta da proposta.

5.1. Implementação do Sistema *Kanban*

Foi definido um plano de acções pelo Instituto Kaizen para a implementação do sistema *Kanban* na Epedal. Este plano de acções engloba todas as áreas onde foi realizado o estudo e implementação do sistema. Todos os processos são calendarizados e atribuídos a um responsável de uma equipa. Este plano de acções permite uma melhor esquematização das tarefas a realizar, procurando evitar falhas graves nesta fase crucial.

A figura seguinte representa um pouco este plano de acções, sendo que será disponibilizado todo o plano em anexo.

Nº	Área / Tema	Acção	Responsável	Data de conclusão	Data Realizada	Estado (PDCA)
1	Layout Fábrica	Definição de potencial solução para o layout global da fábrica	Paulo Ferreira	09-06-2017	09-06-2017	PDCA
2	Stock MP	Recolha de dados sobre a MP (chapa e componentes)	Paulo Ferreira	09-06-2017	09-06-2017	PDCA

Figura 37 – Plano de acções Epedal

5.1.1. Concepção do cartão *Kanban*

Escolhido o modelo de utilização de gestão visual do sistema *Kanban*, o primeiro passo para a sua implementação foi a concepção dos cartões a ser utilizados. A empresa escolheu o design que pretendia para o cartão e seleccionou a informação que pretendia que fosse apresentada.

O cartão escolhido para o componente do circuito 2 tem a apresentação da figura seguinte.

Nº Artigo:
7540690015

Designação: Isofix Crossmember

Quantidade Peças/Palete:
480

KLT/Palete: 24 **Peças KLT:** 20

Processo Anterior: Prensas

Local: Armazém produto semi-acabado

Figura 38 – Design do cartão *Kanban* do componente 0015

O cartão apresenta as seguintes informações:

- O nº do artigo de identificação interna;
- A designação ou nome do componente;
- A quantidade de peças por palete;
- A quantidade de peças por *KLT* e quantos *KLT's* por palete;
- O processo de onde vem o componente;
- O local onde se encontra.

Numa posterior aplicação do sistema noutros postos de trabalho devem ser adoptadas cores diferentes da utilizada neste caso, funcionando assim com gestão visual e ajudando a que não existam trocas ou misturas dos cartões *Kanban*.

5.1.2. Controlo visual da Produção

Definida a utilização do quadro *Kanban* para os dois circuitos, o passo seguinte passou pela sua concepção, sendo definido primeiro os níveis ou limites de sinalização. Depois de se avaliar o sistema, considerou-se ideal utilizar três limites de sinalização: verde (nível normal de *stock*), amarelo (indica a necessidade de produção, nível de reposição de *stock*) e o vermelho (nível de risco, indica a necessidade urgente de reposição). O objectivo da produção passa por nunca deixar os cartões *Kanban* chegar ao limite vermelho, pois isto pode significar uma rotura de linha e consequente falha de entrega de peças no cliente.

Devido às diferentes quantidades de peças em cada palete para cada componente foi necessário definir os limites de sinalização para cada um destes. A tabela seguinte demonstra os limites definidos.

Tabela 15 - Limites de sinalização

	Componente 0015	Componente 0100	Componente 0200
Verde	5	-	1
Amarelo	4	1	1
Vermelho	4	1	1

Definidos os limites de sinalização passou-se para a elaboração dos quadros de gestão visual para o sistema *Kanban*. De seguida irei apresentar a ilustração dos quadros *Kanban* encomendados pelo Instituto Kaizen, porque à data do fim do estágio os mesmos ainda não tinham chegado à empresa, tendo sido adaptado na fase inicial de implementação um quadro de planeamento de prioridades, previamente utilizado pela Epedal numa tentativa de implementação, sem sucesso, deste sistema.

Secção Arames			
Componente 0100			
Componente 0200			

Figura 39 – Design quadro da secção dos arames



Figura 40 – Design quadro da secção das prensas

As figuras 38 e 39 representam os quadros visuais, sendo que estes podem ser adaptados posteriormente, adicionando novos componentes / referências para implementação do sistema *Kanban*.

5.1.3. Regras do sistema *Kanban*

Foram definidas ainda algumas regras para a implementação do sistema *Kanban*:

- Nenhuma palete pode ser colocada no armazém de produto semi-acabado sem estar devidamente identificada;
- Paletes que contenham peças com defeitos de qualidade não podem ser identificadas;
- Nenhum componente pode ser produzido sem que haja autorização de produção por um cartão *Kanban*;
- As quantidades e componentes devem ser produzidos exactamente como especificados no cartão *Kanban*;
- O princípio *FIFO* deve ser assegurado em todos os processos.

O cumprimento destas regras é fundamental para o funcionamento do sistema *Kanban*, sendo que o seu incumprimento pode levar a falhas graves que hipotecam o seu bom funcionamento e a posterior implementação do sistema a todas as linhas de produção da empresa.

5.1.4. Formação dos intervenientes

Antes da implementação do sistema *Kanban*, foi necessário dar formação a todos os intervenientes envolvidos. Esta formação passou por dois pontos distintos e foi fundamental para a sua boa implementação, tal como para o seu funcionamento. A formação teve como principais objectivos:

- Clarificar todo o fluxo de informação, para que todos os intervenientes soubessem claramente o mapa de fluxo do processo e assim evitar a existência de actividades sem valor acrescentado, tal como, o *stock* não controlado;
- A apresentação do sistema *Kanban*, onde foi explicado o funcionamento básico do sistema, assim como as suas regras e todas as tarefas a realizar pelos intervenientes.

5.1.5. Iniciação, Monitorização e Melhoria do sistema

Concluídas todas as formações necessárias, foi possível começar a fase de iniciação do sistema *Kanban*. Esta iniciação foi definida pelo instituto Kaizen, em que foi dado um planeamento de implementação, tendo sido atribuído o tempo de um mês para a fase de iniciação, monitorização e melhorias.

Logo após a fase de iniciação, o sistema foi controlado e monitorizado de forma rigorosa, por auditorias diárias. Estas auditorias visam responder às perguntas apresentadas por (Gross & McInnis, 2003), citadas na revisão bibliográfica desta dissertação na fase de monitorização e melhoria de um sistema *Kanban*.

No final de cada auditoria foram avaliadas as respostas obtidas e efectuadas as devidas correcções. Estas correcções foram feitas principalmente ao nível da formação e esclarecimento de dúvidas dos intervenientes relativamente ao sistema. A partir do momento em que existiu uma diminuição dos erros do sistema, as auditorias passaram a ser feitas semanalmente, sendo que actualmente são feitas mensalmente por o processo já se encontrar fiável.

Relativamente às melhorias do sistema, sabemos que o sistema já se encontra fiável, ou seja, com os tamanhos de lotes atuais e tempos de produção atuais já foi atingida uma solução otimizada. Porém, é do conhecimento da empresa que existem melhorias a ser feitas para diminuir esses tamanhos de lote, nomeadamente no tempo de setup aplicado na prensa, estando já a ser estudada uma possível proposta de melhoria com a aplicação de *SMED* na mesma.

5.1.6. Implementação de gestão visual nos *Racks* de soldadura

O abastecimento dos *racks* da célula com os componentes 0015, 0100, 0200 é feito por uma pessoa responsável por abastecer esta secção de soldadura com as peças provenientes do

armazém do produto semi-acabado. Este processo já tinha sido implementado pela Epedal, sendo que foram identificadas melhorias significativas pelo Instituto Kaizen para este processo.

Grande parte deste abastecimento era feito aleatoriamente pela pessoa responsável, sendo que muitas vezes ocorriam situações de excesso de *stock* ou mesmo falta de componentes para se produzir, tendo por vezes, o operador de se deslocar ao armazém para os ir buscar. Isto devia-se ao facto de o responsável pelo abastecimento não ter conhecimento das necessidades e resposta de produção das células de soldadura.

Posto isto, foi definido um nível mínimo de contentores para cada componente, onde o responsável pelo abastecimento dos *racks* tem como objectivo abastecer estes mesmos sem deixar que os contentores ultrapassem o limite mínimo permitido.

Foi definido apenas um limite porque a distância entre o armazém e a secção de soldadura é relativamente curta, por isso o trabalhador consegue abastecer os *racks* com relativa rapidez. Sendo assim, os limites mínimos para cada componente são:

Tabela 16 - Limite mínimo nos Rack de soldadura

Componente 0015	Componente 0100	Componente 0200
5	2	2

Para os limites definidos o responsável pelo abastecimento é obrigado a abastecer o componente 0015 de hora a hora, o componente 0100 duas vezes num turno e o componente 0200 quatro vezes num turno. O *Rack* permite levar até 10 *KLT's* de cada componente.



Figura 41 – Rack da célula de soldadura

5.2. Resultados

Com a implementação do sistema *Kanban*, pretendia-se eliminar alguns problemas já apresentados como o excesso de *stock* de componentes, a falta de controlo dos mesmos e o excesso de actividades sem valor acrescentado. Sendo assim, iremos apresentar uma comparação dos valores inicialmente apresentados com os valores retirados no fim deste estudo.

A principal melhoria encontra-se na redução dos tamanhos de lote produzidos, originando ganhos ao nível de espaço e tempo de produção para outras referências. Os tamanhos de lote podem ser mais reduzidos, sendo que neste momento essa redução é um risco elevado pelo elevado tempo na mudança de referência da prensa.

Com os novos valores de produção a empresa conseguiu uma redução nos tamanhos de lote para o componente 0100 de 80%, o que representa uma diminuição de 5 paletes para 1 palete. Quanto ao componente 0200 obteve uma redução de tamanhos de lote na ordem dos 76%, representando uma redução de 6 paletes para 2 paletes.

Tabela 17 - Comparação de dados da secção de arames

Ref ^a	Procura / Semana	Tamanho lote actual	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote	Tamanho lote <i>Kanban</i>	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote
6540690100	6.000	30.000	5	5	6.000	1	1
6540690200	12.000	50.000	4	6	12.000	1	2

Relativamente ao componente 0015, observou-se uma redução de 60% para os tamanhos de lote, tendo um tempo de produção de aproximadamente 9 horas, o que foi considerado aceitável pela empresa. Não seria aceitável com os actuais tempos de setup considerar um tempo de produção aproximado ou inferior a este. Isto representa uma redução no nº de paletes de 32 para 13 paletes.

Tabela 18 - Comparação de dados da secção de estampagem

Ref ^a	Procura / Semana	Tamanho lote actual	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote	Tamanho lote Kanban	Cobertura Semanal	Nº paletes por lote
7540690015	6.000	15.000	2,5	32	6.000	1	13

A empresa obteve ganhos consideráveis ao nível da redução do espaço ocupado pelos tamanhos de lote anteriores. Esta redução do nº de paletes dos componentes corresponde a uma redução de 32,4 m², estando avaliado cada m² da empresa a 230€, isto equivale a um ganho de cerca de 7500€.

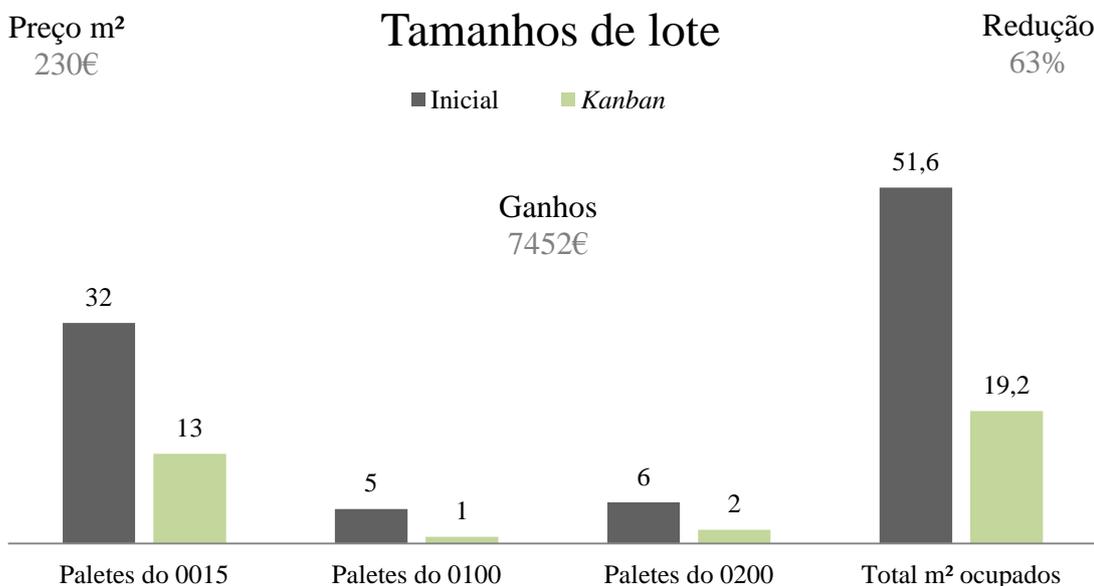


Figura 42 – Ganhos da redução de tamanhos de lote

Outra melhoria considerável com a implementação do sistema *Kanban* foi a redução dos tempos de produção dos componentes do Isofix. Isto permite ganhar tempo para produzir outras referências nas respectivas máquinas de cada componente, ou seja, vamos ganhar tempo de máquina. Estes resultados são muito importantes na medida em que se este sistema for aplicado a todos os processos da empresa, os tempos de máquina ganhos permitirão à empresa atingir novos projectos sem a necessidade de se realizar investimentos na aquisição de equipamentos para a sua concepção. Esta melhoria foi considerada muito relevante devido ao facto de neste momento todas as máquinas da secção das prensas estarem já no seu limite de capacidade de produção.

Para o componente 0015 foi observada uma redução do tempo de produção de 60%, ou seja, obtivemos um ganho de 13 horas de produção semanal para a prensa de 500 T.

Para o componente 0100 foi observada uma redução do tempo de produção de 80%, ou seja, obtivemos um ganho de 26 horas de produção semanal para a máquina nº3 de conformar arame.

Por fim, o componente 0200 obteve uma redução do tempo de produção de 76%, ou seja, obtivemos um ganho de 43 horas de produção semanal para a máquina nº3 de conformar arame.

Sendo estes dois componentes da mesma máquina de arames, obtivemos um ganho total de 69 horas semanais para esta máquina.

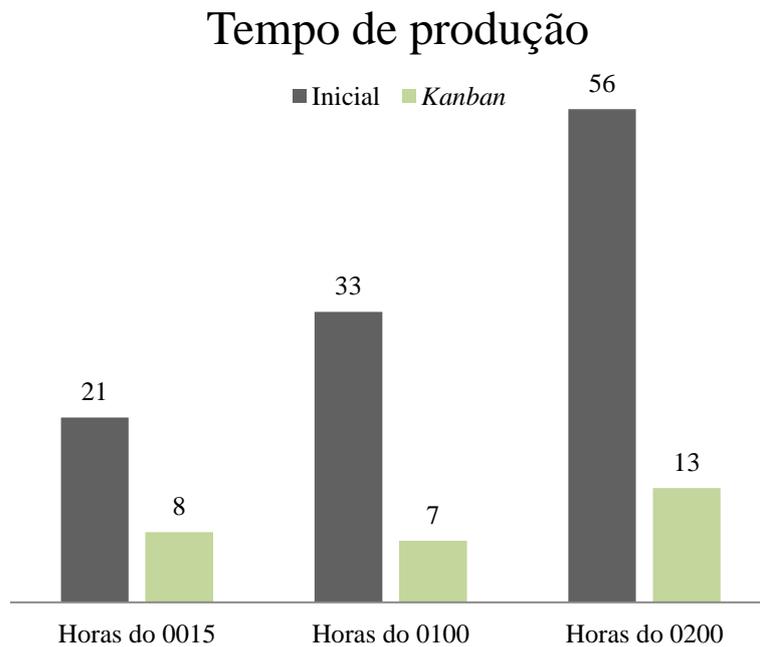


Figura 43 – Ganhos de horas de produção

Esta diminuição do tempo de produção permite ainda a redução do número de turnos a que a empresa trabalha por dia. Verificando-se para esta situação, uma redução de um turno por dia, permitindo à empresa responder à procura semanal para todas as referências produzidas.

A redução dos turnos de produção é uma melhoria imediata para os ganhos obtidos, sendo que com a introdução de novos projectos o número de turnos pode ser aumentado com a necessidade responder à maior procura.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação foi realizada em contexto empresarial, nomeadamente na Epedal, S.A, e teve como objectivo a análise e implementação de um sistema *Kanban* a um processo produtivo da empresa com a ajuda do instituto Kaizen.

A implementação deste sistema surgiu com o intuito de resolver diversos problemas, sendo o controlo dos stocks intermédios um dos principais.

Numa primeira fase foi realizada uma análise detalhada de todo o sistema produtivo, com o intuito de identificar os principais problemas existentes e as suas causas. Através desta análise foram propostas metas a ser cumpridas com a implementação do sistema, tais como a diminuição dos tamanhos de lote da produção, facilidade no acesso à informação, um fluxo de produção que permitisse simplificar e otimizar o planeamento da produção.

O sistema *Kanban* foi a ferramenta utilizada para atingir estes objectivos, sendo esta conhecida pela sua facilidade de implementação e baixo custo, foi relativamente fácil atingir as metas propostas.

Além da alteração verificada a nível técnico, este trabalho visou abordar também o aspecto humano e a sua resistência à mudança. Esta resistência representou um factor importante na implementação do sistema, sendo gerida da melhor maneira pelos gestores e operadores. Factor crucial ao sucesso da implementação foi o comprometimento dos operadores.

No fim do projecto, e sendo todos os objectivos cumpridos, pode afirmar-se com alguma certeza, que o sistema *Kanban* foi implementado com sucesso e demonstrou ser uma ferramenta eficiente e uma boa alternativa ao método tradicional de gestão da produção.

A realização deste projecto enriqueceu fortemente os meus conhecimentos, quer ao nível do desenvolvimento de um sistema *Kanban*, como também de todo um conjunto de outros conhecimentos transversais a uma organização.

7. BIBLIOGRAFIA

- Courtois, A., Pillet, M., & Chantal, M. B. (2007). *Gestão da produção*. Lisboa: Lidel.
- Epedal. (2017). *Epedal Company Presentation*. Documentação Interna Epedal.
- Gosavi, A. (2006). A risk-sensitive approach to total productive maintenance. *Journal Automatica*.
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban: Made Simple*. New York: Amacom.
- Harris, R. (2003). *Making materials flow: a lean material-handling guide for operations, production-control and engineering professionals*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- Hay, E. J. (1988). *Just in Time Manufacturing: How the JIT system can decrease costs, increase productivity and Enhance Quality*. New Jersey: Wiley.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of Lean Production. *Journal of operations Management*.
- Hunter, S. L. (2008). The Toyota production system applied to the upholstery furniture manufacturing industry. *Materials and Manufacturing processes*.
- Kaizen, I. (1985). Obtido em 5 de Abril de 2017, de Instituto Kaizen: <http://pt.kaizen.com>
- Kaizen, I. (2017). *TFM - Introdução ao Total Flow Management Valor Acrescentado e Muda*. Documentação interna do Instituto Kaizen.
- Liker, J. K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. *McGraw-Hill professional*.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of Management perspectives*.
- Locher, D. (2008). *Value stream Mapping for Lean Development process: A how-To guide for streamlining time to market*. New York: Taylor & Francis Group.
- Mecânica, D. E. (2015). *Introdução JIT - Kanban: Gestão da Produção*. Obtido em 27 de Maio de 2017, de Inforestudante: <http://www.inforestudante.com>
- Melton, T. (2005). *The benefits of lean manufacturing: What Lean Thinking has to offer the process industries*. Chemical Engineering Research and Design.
- Mingatos, C. M. (2010). *Análise de Viabilidade e Implementação de um Sistema de Cartão Kanban*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time*. New york: Productivity Press.

- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total productive Maintenance*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. New York : Productivity Press.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean Manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED system*. New York: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A study of Production system from an Industrial Engineering*. New York: Productivity Press.
- Smith, G. (2004). Statistical process control and quality improvement. *Pearson/Prentice Hall*.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações Lean*. Rio Meão: LeanOp Press.
- The Productivity Press Development Team. (2002). *Kanban: for the shop floor*. New York: Productivity Press.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in our corporation*. New York: Simon & Shuster.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Productivity Press.

ANEXO A

Plano acções

  							
Nº	Área / Tema	Acção	Responsável	Data de conclusã	Data Realizada	Estado (PDCA)	Observações
1	Layout Fábrica	Definição de potencial solução para o layout global da fábrica	Paulo Ferreira	09-06-2017	09-06-2017	PDCA	
2	Stock MP	Recolha de dados sobre a MP (chapa e componentes)	Paulo Ferreira	09-06-2017	09-06-2017	PDCA	
3	Logística Produção	Analisar trabalho da logística da produção (empilhador)	Pedro	15-06-2017	13-06-2017	PDCA	
4	Arames máquina nº 3	Análise tamanhos de lote	André	20-06-2017	21-06-2017	PDCA	
5	Prensa 500T	Análise tamanhos de lote	Luis Neves	20-06-2017	22-06-2017	PDCA	
6	Soldadura Robot 50	Recolha dados sobre procura, tempo de ciclo homem, tempo de ciclo máquina por referência. Caso haja tempo disponível do operador, definir qual o processo a incluir para utilizar potencial tempo de espera do operador.	Rui	20-06-2017	22-06-2017	PDCA	
7	Sistema Kanban	Definição de circuitos Kanban	Patricia	30-06-2017	30-06-2017	PDCA	
8	Sistema Kanban	Definição das capacidades dos contentores e número de cartões	Patricia	30-06-2017	30-06-2017	PDCA	
9	Sistema Kanban	Definição de quantidades de SS e produção	Patricia	30-06-2017	30-06-2017	PDCA	
10	Sistema Kanban	Desenvolvimento do cartão Kanban e Quadro Visual	Carlos Mingatos	30-06-2017	30-06-2017	PD	falta quadro visual
11	Sistema Kanban	Implementação do sistema	Luis Neves	05-07-2017	03-07-2017	PDCA	
12	Sistema Kanban	Formação de intervenientes	Patricia	07-07-2017	07-07-2017	PDCA	
13	Sistema Kanban	Análise Resultados	António Oliveira	31-07-2017	31-07-2017	PDCA	
14							
15							

P-Planeado
 D-Ação em curso
 C-Check
 A-Agir(feito)
 X - Anulado

ANEXO B

Ajuste tamanhos de lote das referências da prensa 500 T

														AJUSTE MANUAL TAMANHO DE LOTE				9,96%
Ref#	Procura / Semana (Peças)	%	% acum	ABC vol	Peças Teóricas/min	OEE (sem setup)	Golpes Reais / min	Minutos / Semana	Horas / Semana	Tamanho de lote	# setups actual	Cobertura lote (semanas)	Tempo Produção Procura Semanal (h)	Tamanho de lote	Cobertura semanal	Tempo de produção (h)	# setups / sem	
7540350015	7000	12%	12%	A	25	74%	19	378	6,3	18000	0,39	2,6	6,3	7000	1	6,3	1,0	
770062/50115	6600	11%	23%	A	28	64%	18	368	6,1	16000	0,41	2,4	6,1	8000	1	7,4	0,8	
754075/0760400 Table Fold	6000	10%	33%	A	20	61%	12	493	8,2	12000	0,50	2,0	8,2	6000	1	8,2	1,0	
7220240115	8000	10%	44%	A	28	67%	19	320	5,3	15000	0,40	2,5	5,3	10000	2	8,9	0,6	
7540690015	4000	7%	50%	A	20	60%	12	331	5,5	9000	0,44	2,3	5,5	6000	2	8,3	0,7	
754056/70400	3000	5%	56%	A	20	63%	13	237	4,0	8000	0,38	2,7	4,0	9000	3	11,9	0,3	
7540340000	3000	5%	61%	A	25	82%	21	146	2,4	10000	0,30	3,3	2,4	6000	2	4,9	0,5	
7540330000	3000	5%	66%	A	25	70%	17	173	2,9	10000	0,30	3,3	2,9	6000	2	5,8	0,5	
7540520100	2720	5%	70%	A	20	59%	12	231	3,8	9000	0,30	3,3	3,8	5000	2	7,1	0,5	
753078/790100	2700	5%	75%	A	25	64%	16	170	2,8	3200	0,84	1,2	2,8	6000	2	6,3	0,5	
7540400100	2640	4%	79%	A	18	52%	9	282	4,7	8000	0,33	3,0	4,7	8000	3	14,2	0,3	
7540580015	2300	4%	83%	B	20	68%	14	169	2,8	8000	0,29	3,5	2,8	5000	2	6,1	0,5	
7531270100	1280	2%	86%	B	18	58%	10	123	2,0	8000	0,16	6,3	2,0	8000	6	12,8	0,2	
7701800100	1100	2%	87%	B	20	69%	14	80	1,3	2000	0,55	1,8	1,3	1000	1	1,2	1,1	
6701470300	900	2%	89%	B	3	75%	2	400	6,7	2200	0,41	2,4	6,7	2200	2	16,3	0,4	
703005/60000	800	1%	90%	B	20	60%	12	67	1,1	6000	0,13	7,5	1,1	6000	8	8,3	0,1	
703003/40000	800	1%	92%	B	18	75%	14	59	1,0	6000	0,13	7,5	1,0	6000	8	7,4	0,1	
703001/20000	800	1%	93%	B	20	65%	13	62	1,0	6000	0,13	7,5	1,0	6000	8	7,7	0,1	
754004/50100	640	1%	94%	B	20	52%	10	62	1,0	2000	0,32	3,1	1,0	2000	3	3,2	0,3	
7090140000	600	1%	95%	C	2	72%	1	416	6,9	1200	0,50	2,0	6,9	1200	2	13,9	0,5	
6701730100	502	1%	96%	C	2	85%	2	295	4,9	2000	0,25	4,0	4,9	2000	4	19,6	0,3	
7540410100	480	1%	97%	C	20	72%	14	33	0,6	3000	0,16	6,3	0,6	3000	6	3,5	0,2	
703007/80000	400	1%	98%	C	15	53%	8	50	0,8	4000	0,10	10,0	0,8	4000	10	8,4	0,1	
7701750000	400	1%	98%	C	24	51%	12	33	0,5	4000	0,10	10,0	0,5	4000	10	5,4	0,1	
709023/40000	300	1%	99%	C	2	80%	2	188	3,1	900	0,33	3,0	3,1	900	3	9,4	0,3	
726143/40143	140	0%	99%	C	2	60%	1	117	1,9	1000	0,14	7,1	1,9	1000	7	13,9	0,1	
709002/30000	100	0%	99%	C	2	70%	1	71	1,2	1000	0,10	10,0	1,2	1000	10	11,9	0,1	
7261720043	80	0%	99%	C	5	38%	2	42	0,7	600	0,13	7,5	0,7	600	8	5,3	0,1	
726141/20143	60	0%	99%	C	2	60%	1	50	0,8	600	0,10	10,0	0,8	600	10	8,3	0,1	
7261760043	60	0%	99%	C	2	60%	1	50	0,8	300	0,20	5,0	0,8	300	5	4,2	0,2	
7261710043	60	0%	100%	C	5	38%	2	32	0,5	600	0,10	10,0	0,5	600	10	5,3	0,1	
7261680015	60	0%	100%	C	5	35%	2	34	0,6	600	0,10	10,0	0,6	600	10	5,7	0,1	
7261690015	48	0%	100%	C	5	35%	2	27	0,5	500	0,10	10,4	0,5	500	10	4,8	0,1	
7261740043	40	0%	100%	C	2	60%	1	33	0,6	300	0,13	7,5	0,6	300	8	4,2	0,1	
7261730043	40	0%	100%	C	5	38%	2	21	0,4	500	0,08	12,5	0,4	500	13	4,4	0,1	
7261670015	24	0%	100%	C	5	35%	2	14	0,2	300	0,08	12,5	0,2	300	13	2,9	0,1	
7261750043	20	0%	100%	C	5	38%	2	11	0,2	500	0,04	25,0	0,2	500	25	4,4	0,0	
6261820100	20	0%	100%	C	2	45%	1	22	0,4	400	0,05	20,0	0,4	400	20	7,4	0,1	
6261810200	6	0%	100%	C	2	45%	1	7	0,1	300	0,02	50,0	0,1	300	50	5,6	0,0	
7261860043	2	0%	100%	C	2	60%	1	2	0,0	400	0,01	200,0	0,0	400	200	5,6	0,0	
7261700043	2	0%	100%	C	2	60%	1	2	0,0	300	0,01	150,0	0,0	300	150	4,2	0,0	

ANEXO C

Dados Robot soldadura

ROBOT 50					
REF ^a	Procura	Tempo Homem (TH)	Tempo Máquina (TM)	TH x Procura	TM x Procura
754069	6000	41	50	246000	300000
Total	6000			246000	300000
Totais Ponderados				41	50
	Takt Time	43,98			

ANEXO D

Fluxo do processo analisado

