



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Dimensionamento e Implementação do Sistema *Kanban* numa Unidade de Produção do Sector Automóvel

Luís Miguel Teixeira Fernandes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, setembro de 2016

Resumo

Num mercado cada vez mais competitivo, torna-se imperativo que as empresas apostem na otimização dos seus processos produtivos. Produzir mais com menos recursos utilizados e com maior eficiência, são os desafios das empresas que pretendem permanecer com sucesso no mercado atual.

Para satisfazer o cliente e assegurar a sustentabilidade, diversas empresas têm-se preocupado em ir além da utilização de altos investimentos comerciais e operacionais, optando assim pela assimilação e aplicação de novos conceitos e filosofias de trabalho, respondendo desta forma com sucesso às necessidades do mercado.

Neste contexto surge o *Lean Thinking*, cujo objetivo é criar valor, eliminando desperdícios de modo a envolver a empresa numa cultura de melhoria contínua e orientação para o cliente.

O presente projeto tem como objetivo demonstrar a importância da implementação do Sistema *Kanban* nos processos produtivos e consciencializar para os benefícios proporcionados à organização em termos de melhoria do fluxo produtivo, redução e flexibilidade na reposição de *stock* e consequentemente eliminação de custos associados a este.

A finalidade é apresentar uma breve introdução do Sistema *Kanban*, características e funcionamento, regras para o funcionamento, funções matemáticas e as vantagens da utilização do sistema.

O Sistema *Kanban* é uma ferramenta que atua em prol da metodologia *Just-in-Time*. A estrutura desta ferramenta segue o conceito de produção puxada.

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem. Nem sequer as mais inteligentes. Mas as mais sensíveis à mudança.” (Charles Darwin)

Palavras-chave

Sistema de Produção Toyota; Pensamento *Lean*; *Just-in-Time*; Sistema *Kanban*

Abstract

In an increasingly competitive market, it is imperative for companies to focus on the optimisation of their production process. The challenge for companies that want to remain successful in the current market, is to produce more with fewer resources, quicker and more efficiently.

To satisfy the customer and ensure sustainability, several companies have strived to go beyond the use of high commercial and operational investments. They are opting for the assimilation and application of new concepts and working philosophies, responding successfully to market needs. In this context Lean Thinking arises with the goal of creating value by eliminating waste, in order to engage the company in a culture of continuous improvement and customer orientation.

This study aims to demonstrate the importance of implementing the Kanban system in industrial processes, and make the reader aware of the benefits to the organisation in terms of reduction and flexibility in replacement stock, improved production flow and reducing waste.” The purpose is to show a brief introduction of the implementation, features and operation rules for the operation, mathematical functions and user advantages of the Kanban system. The Kanban system is a tool that works helping the methodology Just in Time. The structure of this tool follows the concept of pull production.

“It is not the strongest of the species that survives, nor even the most intelligent that survives. It is the one that is most adaptable to change. ”(Charles Darwin)

Keywords

Toyota Production System; Lean Thinking; Just-in-Time; Kanban System

Índice

Capítulo 1	1
1. Introdução	1
2. Objetivo e Organização do Trabalho	2
Capítulo 2	3
Conceitos teóricos - Estado da Arte	3
1. Sistema de Produção <i>Toyota</i>	3
1.1. A casa do Sistema de Produção <i>Toyota</i>	3
2. Os Sete Tipos de Desperdícios	4
2.1. Sobreprodução	5
2.2. Espera	5
2.3. Transporte	5
2.4. Trabalhos Desnecessários	5
2.5. Excesso de <i>stock</i>	6
2.6. Movimentos Inúteis	6
2.7. Recuperações e Sucata	6
2.8. Não utilização da criatividade dos colaboradores	6
3. Os Princípios da filosofia <i>Lean Thinking</i>	7
3.1. Conhecer quem servimos	7
3.2. Especificação do valor	8
3.3. Identificação da Cadeia de Valor	8
3.4. Otimização do Fluxo	9
3.5. Implementação do <i>Pull System</i>	9
3.6. Procura pela Perfeição /Melhoria continua	9
3.7. Inovar	9
4. <i>Just-In-Time</i>	10
4.1. <i>Takt Time</i>	10
4.2. Fluxo Contínuo	10
4.3. <i>Pull System</i>	11
5. Sistema <i>Kanban</i>	12
5.1. Vantagens e Desvantagens do Sistema <i>Kanban</i>	12
5.2. Tipos de cartas <i>Kanban</i>	13
5.3. Pré-requisitos para o bom funcionamento do Sistema <i>Kanban</i>	14
5.4. Elementos necessários para implementação do Sistema <i>Kanban</i>	15
5.4.1. Leveling Board / Heijunka Box	15
5.4.2. Conformador de lotes	16
5.4.3. Lançador	17
5.5. Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i>	18

Capítulo 3	24
Componente Experimental	24
1. Conceitos teórico / práticos.....	24
2. Fórmulas para dimensionamento do Sistema <i>Kanban</i>	26
2.1. Cálculo do tamanho de lote	26
2.2. Cálculo do tamanho de circuito	27
3. Caso de estudo	28
3.1. Apresentação da empresa	28
3.1.1. Valores do Grupo Faurecia.....	29
3.2. Dimensionamento do Sistema <i>Kanban</i>	30
3.2.1. Dados para cálculos	30
3.2.2. Cálculo do Tamanho de Lote	32
3.2.3. Cálculo do Tamanho de Circuito.....	32
Capítulo 4	35
1. Conclusões	35
2. Referências Bibliográficas	37

Lista de Figuras

Figura 1 - <i>Trade off</i> entre a quantidade, diversidade, baixo custo e qualidade dos produtos a produzir.	1
Figura 2 - A casa do TPS (adaptado por <i>Liker et al</i> , 2004).	3
Figura 3 - Os sete princípios <i>Lean Thinking</i> revistos (CLT, 2008).	7
Figura 4 - Fluxo de materiais e informação no Sistema “Puxado” (<i>Sipper e Bulfin</i> , 1997).....	11
Figura 5 - Exemplo de carta <i>Kanban</i> de produção	13
Figura 6 - Exemplo de carta <i>Kanban</i> de transporte.....	13
Figura 7 - Exemplo 1 de <i>Leveling Board</i> (Fonte: <i>Jubert consulting</i>).	15
Figura 8 - Exemplo 2 de <i>Leveling Board</i>	16
Figura 9 - Exemplo de Conformador de Lotes (Fonte: <i>Isoflex</i>).	17
Figura 10 - Exemplo de Lançador de cartas <i>Kanban</i> (Fonte: <i>Sesa Systems</i>).....	17
Figura 11 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (1)	18
Figura 12 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (2)	19
Figura 13 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (3)	19
Figura 14 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (4)	20
Figura 15 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (5)	21
Figura 16 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (6)	21
Figura 17 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (7)	22
Figura 18 - Exemplo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i> (8)	23
Figura 19 - Áreas de negócio do Grupo <i>Faurecia</i>	28
Figura 20 - <i>Being Faurecia</i> - Visão do Grupo <i>Faurecia</i>	29
Figura 21 - Exemplo de peça SCRF.....	30

Lista de tabelas

Tabela 1 - Dados para cálculos (1).....	30
Tabela 2 - Dados para cálculos (2).....	31
Tabela 3 - Dados para cálculos (3).....	31
Tabela 4 - Dados para cálculos (4).....	31
Tabela 5 - Dados para cálculos (5).....	31
Tabela 6 - Cálculo do Tamanho de Lote	32
Tabela 7 - Cálculo do Tamanho de Circuito (1)	33
Tabela 8 - Cálculo do Tamanho de Circuito (2).....	33
Tabela 9 - Cálculo do Tamanho de Circuito (3)	33
Tabela 10 - Cálculo do Tamanho de Circuito (4)	34

Lista de acrónimos

DLE - Taxa de eficiência da mão-de-obra;

FECT - Tecnologias de Controlo de Emissões;

FIFO - *First In First Out*;

PDCA - *Plan-Do-Check-Act*;

PDP - Plano Diário de Produção;

QRCI - *Quick Response Quality Control*;

SMED - *Single Minute Exchange Die*;

TPM - *Total Productive Management*;

TPS - *Toyota Production System*;

TRS - *Factory Efficiency Rate*;

WIP - *Work in Process*;

Capítulo 1

1. Introdução

No âmbito do presente trabalho, é relevante recordar no contexto dos fundamentos da produção em massa, as palavras de *Henry Ford*: “*Os nossos clientes podem ter o carro na cor que quiserem, contanto que esta seja preta*”.

Devido à oferta escassa do mercado na época, *Henry Ford* podia dar-se ao luxo de seleccionar e limitar a variação dos produtos que produzia, já que para produzir carros com cores distintas necessitava de altos investimentos para tornar a linha de produção flexível.

Contudo, com a globalização tornou o mercado mais competitivo, dinâmico e flexível, exigindo a redução de custos e melhores níveis de produtividade e qualidade, entre outras necessidades. Desta forma os consumidores têm acesso a um leque alargado de produtos, o que lhes possibilita a escolha daqueles que melhor se adequam às suas necessidades.

A competitividade das empresas é um fator fundamental para garantir a evolução destas no mercado. De acordo com *Courtois, Martin-Bonnefous e Pillet (1997)*, a competitividade envolve a redução e controlo de custos e a excelência dos processos produtivos, que permitem melhorar o desempenho das diversas atividades industriais e que acrescentam valor aos produtos.

Assim, as organizações devem manter o foco na:

- Redução do tempo de entrega do produto no mercado;
- Otimização do processo produtivo de modo a produzirem produtos com menor taxa de inconformidades e a custos competitivos;



Figura 1 - Trade off entre a quantidade, diversidade, baixo custo e qualidade dos produtos a produzir.

A filosofia *Lean* tem o potencial de melhorar, efetivamente, a capacidade produtiva de qualquer empresa. É uma abordagem inovadora nas práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação gradual do desperdício, como meio de otimização de resultados através de procedimentos simples.

A expressão “filosofia *Lean*” foi usada pela primeira vez por *James Womack e Daniel Jones*. Desde então, o termo é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e criação de valor. A indústria automóvel foi o berço da filosofia *Lean*, onde foi evoluindo e estendida a outros setores.

O desperdício refere-se a qualquer atividade que não acrescenta valor, isto é, atividades e recursos usados indevidamente e que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não-satisfação do cliente ou das demais partes interessadas (*stakeholders*) no negócio.

Assim, o pensamento *Lean* consiste num conjunto de princípios que visam simplificar o modo como uma organização produz e entrega valor aos seus cliente enquanto todos os desperdícios são eliminados.

2. Objetivo e Organização do Trabalho

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial, concretamente, na *Faurecia Sistema de Escapes Portugal, Lda.*, cuja principal atividade consiste na produção de equipamento para controlo de emissões do motor.

No desenvolvimento deste projeto foram realizadas pesquisas bibliográficas que se concentraram principalmente no *Lean Manufacturing* e no Sistema *Kanban*.

Com base nos conceitos teóricos e com a visão do processo, implementou-se o Sistema *Kanban* com vista a melhorar o processo produtivo e possibilitar aos utilizadores uma série de benefícios.

Sendo os principais objetivos com a implementação do Sistema *Kanban*:

- Limitar *stock* mínimo e máximo de produto final;
- Aumentar capacidade produtiva da linha de produção;
- Melhorar indicador da relação PDP/MIX;

A estrutura do presente trabalho começa com uma abordagem teórica do enquadramento do tema.

Posteriormente, no capítulo 3, será explicado de forma sucinta a componente prática e os respetivos resultados e conclusões.

Capítulo 2

Conceitos teóricos - Estado da Arte

Nesta secção é feita a fundamentação teórica de suporte a todo o trabalho.

1. Sistema de Produção *Toyota*

Os primeiros passos do desenvolvimento do Sistema de Produção *Toyota* (TPS) foram dados por *Taiichi Ohno* nos anos 1940's e mais tarde por *Shigeo Shingo*.

O Sistema de Produção *Toyota* é uma filosofia de gestão que procura melhorar a organização, de forma a atender às necessidades dos clientes no menor prazo possível, com a mais alta qualidade e ao mais baixo custo.

O segredo do sucesso do Sistema de Produção *Toyota* resulta da excelência operacional conquistada ao longo de mais de cinco décadas de desenvolvimento. A excelência operacional alcançada é baseada em metodologias e ferramentas de melhoria contínua, destacando-se o *Just-in-time*, *Kaizen*, *Jidoka*, *Heijunka* e *Hoshin Kanri*.

1.1. A casa do Sistema de Produção *Toyota*

No telhado da casa do Sistema de Produção *Toyota* estão definidos os objetivos pretendidos. Estes objetivos são: melhor qualidade, baixos custos de produção, redução dos prazos de entrega, motivação e segurança das pessoas.

Por analogia a uma casa, não é possível construir o telhado sem que existam pilares que o suportem. Neste sentido, os pilares da casa do Sistema de Produção *Toyota* são o *Just-In-Time* e o *Jidoka*.



Figura 2 - A casa do TPS (adaptado por Liker et al, 2004).

O *Just-In-Time* tem como objetivo eliminar o *stock* excessivo, que muitas vezes é utilizado como resguardo para absorver problemas do processo produtivo. Esta filosofia tem o objetivo de alcançar o *one-piece-flow*. Com a redução de *stock*, os problemas existentes no sistema produtivo tornam-se visíveis sendo assim mais fácil resolve-los.

Na filosofia *Jidoka*, o operador tem um papel fundamental. Ele tem a responsabilidade de decidir se o produto ou operação que efetuou está de acordo com os requisitos do cliente, ou seja, é responsável por enviar apenas produtos sem defeito para o posto seguinte.

Quando surge alguma anomalia o objetivo é que as funções de suporte intervenham de imediato para a resolução do problema, impedindo assim a continuação da produção de itens defeituosos. No entanto, esta rápida resolução de problemas causa instabilidade no sistema. Alguns desses problemas, ou defeitos, persistem e as paragens do sistema produtivo tornam-se frequentes. Assim é necessária a aplicação do *Total Productive Management (TPM)*, permitindo desta forma que o sistema produtivo tenha um determinado grau de estabilidade.

É na zona central da casa que se encontra a essência do Sistema de Produção *Toyota*, a perseguição e eliminação de desperdícios. É o que na *Toyota* se conhece como “princípio do não-custo”. Este princípio baseia-se na crença de que a tradicional equação $\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço}$ deve ser substituída por $\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$. Com o aumento da concorrência e um consumidor cada vez mais exigente, o preço passa a ser determinado pelo mercado. Sendo assim, a única forma de aumentar ou manter o lucro é através da redução dos custos.

Na *Toyota*, a redução dos custos é feita através da eliminação/redução das perdas, em japonês *MUDA*.

2. Os Sete Tipos de Desperdícios

MUDA são atividades desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas.

Ohno propôs que as perdas do sistema produtivo fossem agrupadas por categorias.

Caracterizou assim as atividades de produção, como atividades de valor acrescentado e atividades de valor não acrescentado. As atividades de valor acrescentado estão definidas como sendo aquelas atividades que o cliente está disposto a pagar. Por exemplo, a atividade de inserir componentes de um produto numa linha de produção. No que respeita às atividades sem valor acrescentado são todas aquelas atividades que o cliente não está disposto a pagar. Por exemplo, o cliente não está disposto a pagar o tempo despendido pelo colaborador na procura de componentes para o produto.

Neste sentido, *Ohno* englobou as atividades sem valor acrescentado nos sete tipos de desperdícios apresentados de seguida (*Ortiz, 2006*).

2.1. Sobreprodução

A produção em excesso é um desperdício comum nos ambientes indústrias, que se traduz pela produção de quantidades maiores do que as realmente necessárias.

Consequentemente a sobreprodução causa uma série de resultados negativos tal como o excesso de *stock*, menor reatividade quando há defeitos de qualidade nos produtos em *stock*, processamento incorreto e horas de produção desnecessárias. Outro indicador a ser influenciado negativamente é a relação PDP/MIX.

2.2. Espera

A espera ocorre quando os processos produtivos não estão sincronizados, causando a inatividade do operador. Esta espera pode ser causada por falta de componentes devido a fluxo mal planeado, equipamento pouco adequado ao processo, retrabalho excessivo, entre outros.

O tempo de inatividade do colaborador influencia negativamente o indicador da Taxa de eficiência da mão-de-obra (DLE).

2.3. Transporte

Os desperdícios têm um efeito dominó, isto é, o aparecimento de um deles promove os restantes, o transporte é um exemplo disso.

A existência de transporte pode estar relacionado com *layouts* ineficientes que provocam movimentações desnecessárias, tanto de pessoas como de materiais. Isto pode levar a tempos de espera e ao uso de mais recursos do que aqueles que são realmente necessários.

2.4. Trabalhos Desnecessários

Este desperdício pode ter origem em instruções de trabalho pouco claras, requisitos do cliente pouco específicos ou especificações de qualidade excessivas.

Consequentemente há tarefas que podem estar a ser repetidas desnecessariamente, exemplo disso é o *re-packing*.

2.5. Excesso de stock

Deriva da produção mal planeada, processos ineficientes, excesso de movimentações, ocorrência de problemas de qualidade, entre outros. A adoção do *Just-in-Time* é uma forma de reduzir este desperdício.

2.6. Movimentos Inúteis

É classificado por qualquer movimento efetuado para além do realmente necessário. A falta de um *standard* de trabalho das operações e o próprio *layout* da fábrica condicionam a existência deste desperdício.

2.7. Recuperações e Sucata

A produção de produtos que necessitem ser retrabalhados não constitui uma boa prática, uma vez que acarreta custos de mão-de-obra e de recursos. Caso os produtos sejam sucata existem ainda outras perdas, tal como o custo dos componentes bem como os custos associados ao armazenamento e movimentação destes.

2.8. Não utilização da criatividade dos colaboradores

Além dos sete tipos de desperdícios apresentados anteriormente, *Liker* (2004) apresentou outro desperdício, a não utilização da criatividade dos colaboradores. Este desperdício caracteriza-se pela não utilização das capacidades, das ideias, das melhorias e das oportunidades de aprendizagem que podem advir dos colaboradores.

Em suma, o TPS não é um conjunto de ferramentas mas sim uma filosofia estruturada que só funciona quando todas as pessoas se encontram envolvidas (*Liker et al.*, 2004).

O pensamento *Lean* (baseado no Sistema de Produção *Toyota*) “ (...) consiste num conjunto de conceitos e procedimentos que visam simplificar o modo como uma organização produz valor para os seus clientes enquanto todos os desperdícios são eliminados”. (*Pinto*, 2006).

3. Os Princípios da filosofia *Lean Thinking*

Para contextualizar, a filosofia *Lean Thinking* surgiu da evolução do Sistema de Produção *Toyota*. Criada por *Womack* e *Jones* com o intuito de capturar a essência do lendário TPS.

A filosofia *Lean Thinking* “(...) é uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação gradual de desperdícios através de procedimentos simples. Procurando a perfeição dos processos, sustenta-se numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua, fazendo do tempo uma arma competitiva.” (Pinto, 2006).

Womack e *Jones* (2003) identificaram cinco princípios da filosofia *Lean Thinking*: criar valor, definir a cadeia de valor, otimizar o fluxo, o sistema pull e a perfeição.

Para evitar que as organizações caíssem em histerismos de redução de desperdícios, que muitas vezes se traduzem em despedimentos, esquecendo o propósito de criar valor para as partes interessadas, a CLT (2008), propôs a revisão dos princípios *Lean Thinking* sugerindo a adoção de mais dois princípios.

Estes dois novos princípios “Conhecer os *Stakeholders*” e “Inovar sempre” procuram colocar a empresa no trilho certo rumo à excelência e ao desempenho extraordinário.



Figura 3 - Os sete princípios *Lean Thinking* revistos (CLT, 2008).

3.1. Conhecer quem servimos

Uma organização que mantenha o foco apenas na satisfação do seu cliente negligenciando os interesses e necessidades das outras partes estará a comprometer o seu futuro. Deverá focalizar a sua atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor. Se o cliente final não compra os produtos ou serviços toda a cadeia estará condenada a fracassar.

3.2. Especificação do valor

O valor é definido pelo que o cliente está disposto a pagar por um determinado produto ou serviço, ou seja, a noção de valor não é uma decisão interna da empresa, depende exclusivamente do cliente.

A alta competitividade e a abertura de novos mercados a nível global potencializa esta situação, na medida em que um número maior de empresas disputa a preferência dos mesmos clientes.

Nas empresas que seguem o *Lean Thinking*, o “custo alvo” deve ser determinado a partir da análise de todas as etapas de produção com o intuito de eliminar os desperdícios em cada etapa tendo em vista o preço final estipulado pelo mercado, quanto menores forem os custos, maior será o lucro da empresa.

3.3. Identificação da Cadeia de Valor

A cadeia de valor é definida como o conjunto de todas as ações requeridas para produzir um determinado produto, englobando três tarefas de gestão:

1. **Resolução de problemas** - desenvolvimento do conceito através do projeto;
2. **Gestão da informação** - execução das ordens de produção;
3. **Transformação física** - transformação das matérias-primas em produto finais.

A identificação da cadeia de valor do produto é um passo importante na filosofia *Lean*, pois permite a exposição de três tipos de operações.

Os três tipos de operações que podem ser encontrados são:

- As que acrescentam realmente valor ao produto;
- Aquelas que não acrescentam qualquer valor mas que não podem ser evitadas;
- As operações que não acrescentam valor e que devem ser imediatamente eliminadas.

Value Stream Mapping ou mapa do valor acrescentado é a ferramenta que permite visualizar o fluxo nos vários processos (*Rother and Shook, 1999*).

Constituindo um dos princípios do TPS, o mapeamento da cadeia de valor é essencial no entendimento do sistema produtivo e na exposição dos problemas da cadeia de valor.

3.4. Otimização do Fluxo

A otimização do fluxo consiste em encontrar a sequência ideal das etapas que criam valor, com o objetivo de tornar o fluxo contínuo.

Em suma, os resultados tornam-se mais eficazes quando se focaliza no produto e nas suas necessidades, e não na organização ou num determinado equipamento.

3.5. Implementação do *Pull System*

Com a implementação desta filosofia é o cliente que desencadeia as ordens de produção e desta forma eliminam-se *stocks*, acrescenta-se valor ao produto e conseqüentemente ganhos de produtividade.

3.6. Procura pela Perfeição /Melhoria continua

Ao intensificar a aplicação dos cinco princípios de forma interativa, surgem novos desperdícios e novos obstáculos no fluxo de valor, criando-se oportunidades de melhoria. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência, em busca da perfeição. Uma das metodologias que pode ser utilizada para atingir esse objetivo é o *Kaizen*, que corresponde à melhoria contínua das operações que acrescentam valor ao produto.

3.7. Inovar

O conceito de inovação pode ser bastante diverso, principalmente, na sua aplicação. Inovar é a exploração com sucesso de novas ideias. E sucesso para as empresas significa aumento de faturação, acesso a novos mercados, aumento das margens de lucro entre outros benefícios.

As empresas devem focar-se em 3 pontos no que diz respeito a inovar:

- Inovação do produto;
- Inovação do processo;
- Inovação do modelo de negócio;

Em suma, o *Lean Thinking* não é apenas um antídoto contra o desperdício, mas também uma prevenção contra a estagnação.

4. *Just-In-Time*

O conceito desta filosofia assenta na produção e na entrega de um determinado produto, na quantidade exata e no momento certo. (Ortiz, 2006).

A implementação desta filosofia tem como premissa assegurar fluxos produtivos suaves, contínuos e otimizados, com tempos de ciclo de trabalho repetitivos e movimentação de produtos de acordo com a procura.

A filosofia *Just-in-Time* baseia-se em 3 princípios chave: *Takt Time*, Fluxo Contínuo e *Pull System*, encontrando-se descritos de seguida.

4.1. *Takt Time*

Este termo foi introduzido no Japão, nos anos 30 com a conotação de “ritmo de produção”.

O *Takt Time* é definido com base no pedido do cliente e no tempo disponível para produção, ou seja, é o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do cliente. Matematicamente, o *Takt Time* é determinado pela razão entre o tempo útil disponível para produção e o número de unidades a produzir, como mostra a Equação 1 (Rother, 2010).

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo disponível para produção}}{\text{número de unidades a produzir}} \quad (\text{Equação 1})$$

Por vezes, o termo Tempo de Ciclo é confundido com o *Takt Time*, no entanto os dois conceitos são diferentes. O tempo de ciclo é o tempo despendido entre a saída de duas peças no mesmo processo, sendo este definido pelo posto mais lento do processo (*bottle neck*).

Caso o Tempo de Ciclo seja inferior ao *Takt Time*, gera-se desperdício. Por outro lado, caso o tempo de ciclo seja superior ao *Takt Time*, não é possível satisfazer a procura do cliente, uma vez que o processo produz a uma cadêcia inferior à requerida (Alvarez and Antunes Jr., 2001).

Deste modo, a situação ideal consiste em aproximar, tanto quanto possível, o Tempo de Ciclo ao valor do *Takt Time* (Liker, 2004).

4.2. Fluxo Contínuo

Ohno sabia que a produção “empurrada” não era uma boa opção, uma vez que tornaria a fábrica num armazém de produtos. Para implementar uma produção “puxada”, reconheceu a

importância de criar um fluxo produtivo forte, onde todas as movimentações existentes no processo estivessem padronizadas (Takeda, 1999).

Na aplicação do conceito de fluxo contínuo foi necessário o desenvolvimento de novas ideias, tais como a redução dos lotes de produção e dos tempos de preparação, por forma a atingir o sistema *one-piece-flow*. Este sistema consiste na movimentação de uma única peça ao longo da cadeia de valor sem a existência de *Work in Process* (WIP) entre os processos.

O fluxo contínuo traz vantagens para a organização na medida em que reduz o tempo de percurso do material, melhora o balanceamento da linha e aumenta a coordenação (Santillo, 2008).

4.3. Pull System

Em todas as organizações é necessária a utilização de um controlo de produção, que visa, através da combinação de conceitos e métodos, assegurar um processo de produção nivelado e económico.

O controlo da produção pode realizar-se quer pelo princípio *Push*, quer pelo princípio *Pull*. Atualmente, as empresas têm vindo a adotar o princípio *Pull* desenvolvido por *Ohno*, que se baseia na lógica que nada pode ser produzido sem que seja pedido pelo cliente.

No *Pull System* apenas o último processo conhece as encomendas do cliente, sendo que os processos antecessores só produzem mediante o pedido do processo sucessor.

Para que os processos anteriores tenham informação dos pedidos dos processos subsequentes, a *Toyota* desenvolveu o Sistema *Kanban*.

A Figura 4 apresenta um sistema produtivo caracterizado por três postos de trabalho em que o fluxo de material se movimenta da esquerda para a direita. As setas a tracejado indicam a direção pela qual a informação deve provir num sistema “Puxado”, ou seja, da direita para a esquerda.

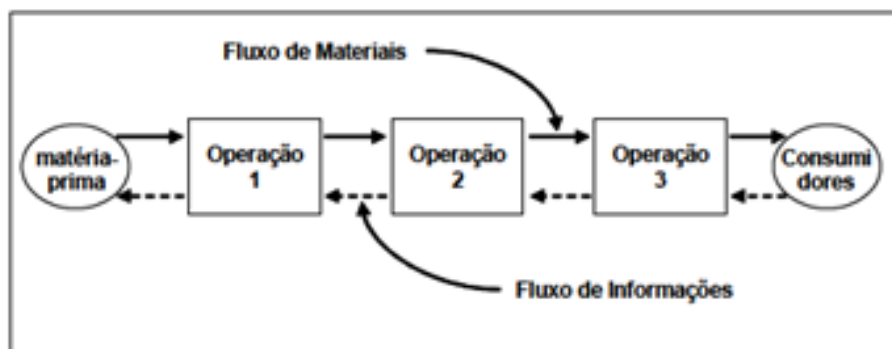


Figura 4 - Fluxo de materiais e informação no Sistema “Puxado” (Sipper e Bulfin, 1997).

5. Sistema Kanban

Para relembrar, dentro do TPS, o Sistema *Kanban* está inserido no pilar do *Just-in-Time* sendo a ferramenta que o operacionaliza, apesar de, por meio da sua técnica de puxar a produção, estimule ações que promovem o fluxo contínuo.

De forma genérica, o Sistema *Kanban* pode ser definido como o responsável pela comunicação e funcionamento de todo o sistema de produção.

Aplicando esta ferramenta apenas se produz à cadência da procura por parte dos clientes, deixando de existir excesso de produção reduzindo os *stocks* intermédios. Desta forma, os clientes podem ser os clientes finais, ou então uma estação de trabalho posterior.

Segundo *Monden* (1981), “O Sistema *Kanban* é um sistema de informação que controla em sintonia a produção dos produtos necessários, na quantidade exata e no momento preciso em cada processo da fábrica e também noutras unidades de produção”. Por outras palavras, a correta implementação e funcionamento do sistema *Kanban* tem como consequência o *Just-in-Time*.

5.1. Vantagens e Desvantagens do Sistema Kanban

As vantagens do Sistema *Kanban* são:

- Limita o *stock* mínimo e máximo.
- Não havendo excesso de *stock*, aumenta a reatividade no caso de aparecimento de defeitos (*First-in-First-out* (FIFO) deve ser respeitado).
- Minimiza o risco de *stock* obsoleto.
- As necessidades de reposição são identificadas visualmente;
- A burocracia é virtualmente eliminada, deixam de existir documentos para emitir ordens de produção.
- Não há programação da produção para os componentes controlados pelo *Kanban*.
- Apenas há revisão das quantidades quando existe uma grande variação da procura, visto que o próprio sistema compensa as pequenas variações.

Para *Ohno* (1997) “(...) é um sistema que proporciona a melhoria continua, quando implementado e a funcionar corretamente. Torna a linha produtiva mais transparente, uma vez que diminui o isolamento entre os centros produtivos, expõe os problemas de produção na falta de algum componente proveniente da estação anterior. Este é realmente o ponto em que o Sistema *Kanban* é realmente inigualável.”

As desvantagens do Sistema *Kanban* são:

- Se não houver um pedido nivelado e constante do cliente, com variações agressivas de procura, torna-se difícil redimensionar o sistema de *Kanban* porque é necessário atualizar toda a informação no terreno;
- A perda das cartas *Kanban* é um dos grandes problemas deste sistema, porque pode conduzir a falhas nas quantidades a produzir.
- Como se trata de um sistema inflexível em relação a quantidades, torna-se bastante complexo o dimensionamento quando à necessidade de produção de encomendas especiais ou produtos de baixa cadência.

5.2. Tipos de cartas *Kanban*

O Sistema *Kanban* pode usar vários tipos de cartas, dependendo de como é implementado. Os mais utilizados são os descritos de seguida.

- i) ***Kanban* de produção:** é uma carta *Kanban* que emite a ordem de produção. Indica que tipo e quantidade de determinado produto é necessário produzir.

Carta <i>Kanban</i> Produção			SCRF - Produto Final
7434	Referência Interna	162 7434 XXX	Imagem de Produto
	Referência Cliente	162 7434 XXX	
	Designação do Produto	SCRF - Produto Final	
	Quantidade	Unidade de Contenção	Código de Barras
	18	Contentor	
Se encontrar esta carta <i>Kanban</i> devolva ao sitio onde pertence.			

Figura 5 - Exemplo de carta *Kanban* de produção

- ii) ***Kanban* de transporte:** É utilizado para fazer a transferência de um determinado produto. Este tipo de carta *Kanban* é utilizado quando existe um *buffer* (armazém intermédio) entre estações de trabalho ou fornecedor - cliente.

Carta <i>Kanban</i> Transporte			SCRF - Produto Final
7434	Referência Interna	162 7434 XXX	Imagem de Produto
	Referência Cliente	162 7434 XXX	
	Designação do Produto	SCRF - Produto Final	
	Quantidade	Unidade de Contenção	Código de Barras
	18	Contentor	
Se encontrar esta carta <i>Kanban</i> devolva ao sitio onde pertence.			

Figura 6 - Exemplo de carta *Kanban* de transporte

Independentemente do tipo de carta *Kanban* utilizada, estas devem conter a seguinte informação:

- Nome e código do produto;
- Nome e localização onde o produto é produzido;
- Localização onde o produto é armazenado;
- Capacidade do contentor/caixa;
- Tamanho do lote;
- Tamanho de circuito;

5.3. Pré-requisitos para o bom funcionamento do Sistema *Kanban*

Para que se beneficie ao máximo do potencial desta ferramenta, antes de se implementar deve-se alterar o método de produção de forma a cumprir os seguintes pré requisitos:

- Tem de existir um fluxo de material bem definido;
- O pedido do cliente deve ser constante, sem grandes flutuações no tipo e nas quantidades;
- O tempo de transporte e as distâncias a percorrer pelo WIP devem ser curtas;
- Os operadores têm de trabalhar mediante um *standard* de trabalho, ou seja, de forma padronizada para haver um tempo de ciclo constante;
- Minimizar o número de peças sucata e retrabalho;
- Baixo tempo de *setup* (mudança de referência);

A escolha dos produtos a serem controlados pela aplicação do sistema *Kanban* deve basear-se em dois índices:

1. Coeficiente de repetibilidade:

$$\text{Coeficiente de repetibilidade} = \frac{x}{q} \quad (\text{equação 2})$$

2. Coeficiente de variação.

$$\text{Coeficiente de variação} = \frac{s}{x} \quad (\text{equação 3})$$

Em que, X é o valor médio da procura do produto numa previsão de 4 semanas; Q é o valor do lote mínimo de produção e S é o desvio padrão da procura do produto em dez dias.

Desta forma, os produtos seleccionados para a implementação do Sistema *Kanban*, devem ter um alto coeficiente de repetibilidade e um baixo coeficiente de variação.

Segundo Fernandes e Godinho (2006) um item repetitivo é aquele que consome uma percentagem significativa, pelo menos 25 %, do tempo total disponível da unidade produtiva. A variação diz respeito à habilidade do sistema produtivo ter alto índice de PDP/MIX.

5.4. Elementos necessários para implementação do Sistema *Kanban*

De seguida estão descritos alguns elementos essenciais para a implementação do Sistema *Kanban*.

5.4.1. Leveling Board / Heijunka Box

Esta ferramenta auxilia o controlo da produção nivelada, através da gestão visual do *stock* dos produtos finais. Facilitando a logística na organização das cargas e a produção no cumprimento do Plano diário de produção (PDP).

Usualmente esta ferramenta é representada por um quadro que está dividido por linhas e colunas. As linhas representam os diferentes produtos produzidos. As colunas representam um período de tempo (cronograma), que dita o ritmo pela qual o cliente pede um determinado produto. As cartas *Kanban* utilizadas neste quadro são as de transporte. O operador da logística ao longo do turno vai verificando que tipo de produto e quantidade tem que retirar do *stock* final da linha de produção.

Sempre que retira o produto final do *shop stock* retira as cartas *Kanban* de produção do contentor/caixa e coloca estas no conformador.



Figura 7 - Exemplo 1 de Leveling Board (Fonte: Jubert consulting).



Figura 8 - Exemplo 2 de Leveling Board

O *Leveling Board* contempla ainda a informação de qual o tipo de movimentação a fazer com o produto final, das quais temos:

- *Shop Stock* → TPA;
- *Shop Stock* → *Pool Stock*;
- *Pool Stock* → TPA;

Onde:

Shop Stock - Localizado junto à linha de produção, é o local destinado ao produto acabado. Este *stock* serve para absorver avarias e tempos de mudança de referência.

TPA - Zona de preparação de cargas, é a ligação entre o fornecedor e o cliente, usualmente é nesta zona que se faz a venda virtual do produto ao cliente.

Pool Stock - Zona destinada ao produto final para *stock* de segurança, este *stock* serve para absorver as variações agressivas do pedido do cliente, ou seja, serve de auxílio para o nivelamento da produção. Deve seguir o conceito FIFO.

5.4.2. Conformador de lotes

Ferramenta que faz ligação entre o *Leveling Board* e o Lançador.

Esta ferramenta é o local destinado às cartas *Kanban* de produção que o operador de logística retira do produto final.

O conformador de lotes possibilita a constituição de lotes de produção com vista a rentabilizar os tempos de mudança de referência, pois ao agrupar várias etiquetas *Kanban* do mesmo produto elimina a necessidade de mudar múltiplas vezes de referência.

O conformador está dividido por zonas exclusivas a cada produto. Essas zonas têm um determinado número de *slots* (prateleiras/ranhuras), e cada *slot* pode levar apenas 1 carta *Kanban*.

O número de *slots* é: (tamanho de lote - 1). Quando todos os *slots* tiverem 1 carta *Kanban* em cada, ao tentar introduzir mais 1 carta uma vez que não há nenhuma ranhura disponível o operador retira todas as cartas *Kanban* do conformador dessa referência e emite uma ordem de produção ao colocar estas no Lançador.



Figura 9 - Exemplo de Conformador de Lotes (Fonte: Isoflex).

5.4.3. Lançador

No momento que as cartas *Kanban* são colocados no lançador emite-se uma ordem de produção. É através do Lançador que se sabe qual a sequência dos produtos a produzir na linha de produção.

O número de cartas *Kanban* que são colocadas no lançador é igual ao número de cartas do tamanho de lote.

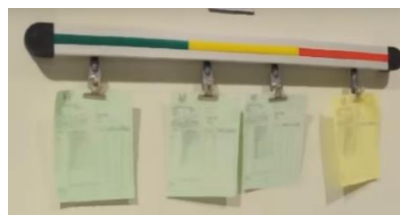


Figura 10 - Exemplo de Lançador de cartas Kanban (Fonte: Sesa Systems).

- **Tamanho de lote** - Define o número de cartas *Kanban* que emite a ordem de produção, ou seja, define a quantidade necessária a produzir.
- **Tamanho de circuito** - É o tamanho de lote mais a quantidade de produto que fica em espera no *Shop stock*.

5.5. Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban

A título de exemplo considere as seguintes quantidades para o número de cartas *Kanban*:

Tamanho de Lote:

- Produto A - 3 cartas *Kanban*;
- Produto B - 2 cartas *Kanban*;
- Produto C - 4 cartas *Kanban*;

Tamanho de Circuito:

- Produto A - 4 cartas *Kanban*;
- Produto B - 3 cartas *Kanban*;
- Produto C - 6 cartas *Kanban*;

Considerando: (1 carta *Kanban* = 1 contentor com x peças).

Temos,

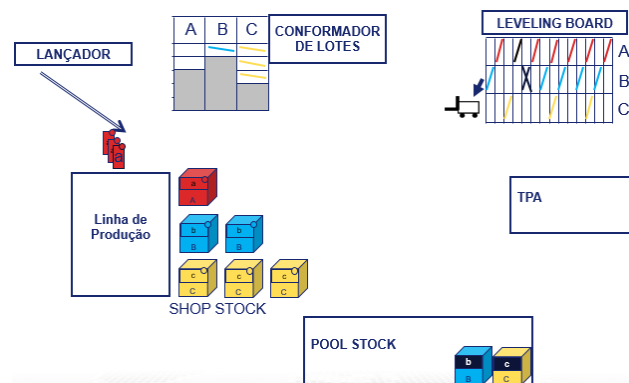


Figura 11 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (1)

Referente à figura 11:

- No Lançador estão 3 cartas *Kanban* de produção da referência A;
- O operador da logística (empilhador) verifica no *Leveling Board* que produto e quantidade tem de retirar do *Shop stock*. Neste caso 1 contentor da referência B;

Movimentação: *Shop stock* → TPA.

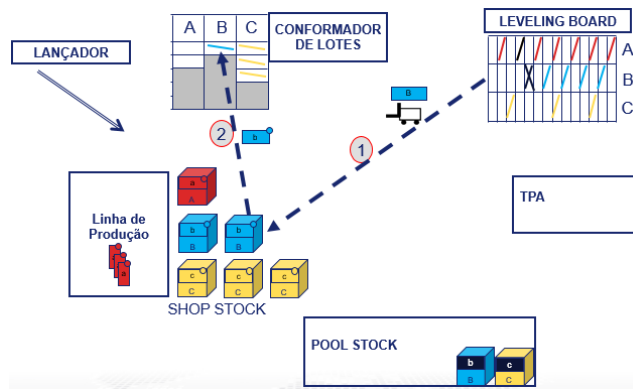


Figura 12 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (2)

Referente à figura 12:

- Operador da Linha de Produção retira as 3 cartas *Kanban* do lançador e inicia a produção de 3 contêntores da referência A;
- (1) Operador da logística retira a carta *Kanban* de transporte do *Leveling Board* e dirige-se ao *Shop Stock*;
- (2) Operador da logística antes de retirar o contêntor da referência B do *Shop stock*, retira a carta *Kanban* de produção do contêntor e dirige-se ao conformador para colocá-la;
- Visto não haver nenhum *slot* disponível no conformador para a referência B, o operador da logística coloca as 2 cartas *Kanban* de produção da referência B no Lançador (Ver figura 13);

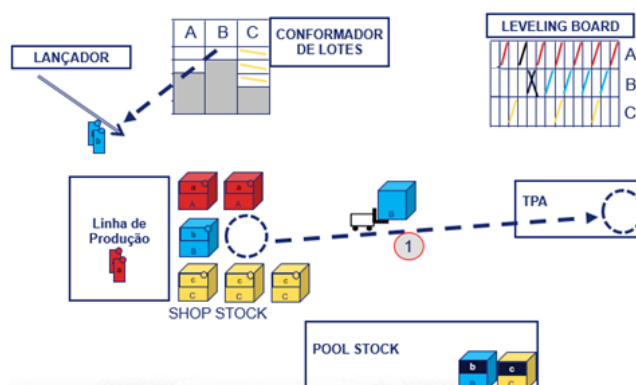


Figura 13 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (3)

Referente à figura 13:

- Linha de Produção já produziu 1 contêntor da referência A e colocou este no *Shop stock* identificado com a carta *Kanban* de produção;

Operador da Linha de Produção tem informação que depois de produzir os restantes 2 contentores da referência A, terá que produzir 2 contentores da referência B;

- (1) Operador da logística retira 1 contentor do *Shop stock* e coloca este na TPA identificado com a carta *Kanban* de transporte;
- Operador da logística verifica no *Leveling Board* que tem de retirar 1 contentor da referência A;

Movimentação: *Shop stock* → TPA.

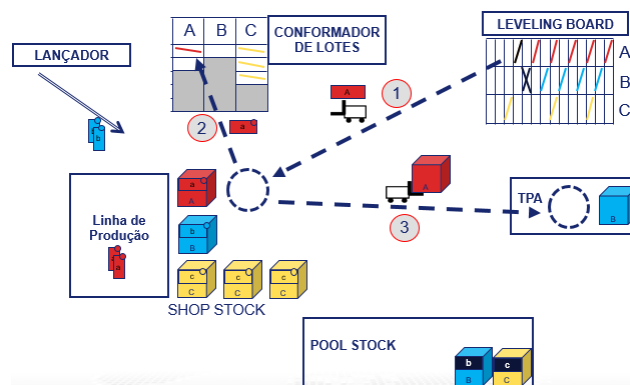


Figura 14 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (4)

Referente à figura 14:

- Linha de Produção continua a produzir a referência A;
- (1) Operador da logística dirige-se ao *Shop stock* com a carta *Kanban* de transporte de 1 contentor da referência A;
- (2) Operador da logística retira a carta *Kanban* de produção do contentor da referência A e coloca esta no primeiro *slot* do conformador na zona destinada a esta referência;
- (3) Operador da logística retira 1 contentor da referência A do *Shop stock* e coloca este na TPA;
- Operador da logística verifica no *Leveling Board* que tem de retirar 1 contentor da referência C;

Movimentação: *Shop stock* → TPA.

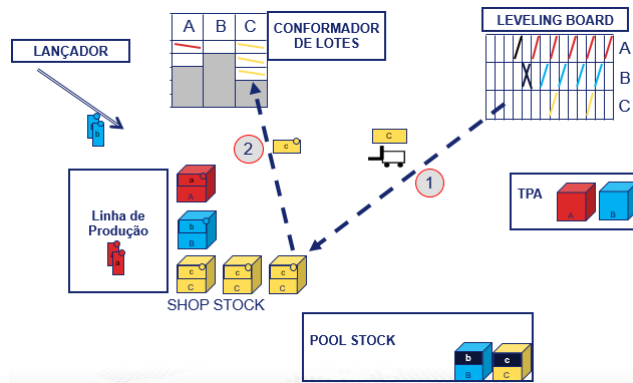


Figura 15 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (5)

Referente à figura 15:

- Linha de produção continua a produzir a referência A;
- (1) Operador da logística dirige-se ao *Shop stock* com a carta *Kanban* de transporte de 1 contêiner da referência C;
- (2) Operador da logística retira a carta *Kanban* de produção do contêiner da referência C e dirige-se ao conformador;
- Uma vez que o conformador não tem *slot* vazio para colocar a carta *Kanban* de produção da referência C, o operador da logística retira as 3 cartas *Kanban* do conformador e coloca as 4 cartas *Kanban* da referência C no Lançador (Ver figura 16);

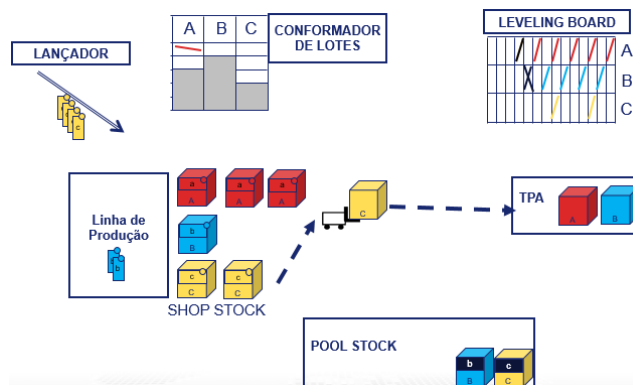


Figura 16 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (6)

Referente à figura 16:

- Linha de Produção terminou de produzir o lote da referência A e colocou os 2 contêineres no *Shop stock* identificados com as cartas *Kanban* de produção respectivas;

- Linha de Produção começa a produzir lote de 2 cartas *Kanban* da referência B;
- Operador da logística retira contentor da referência C e coloca este na TPA.
- Operador da logística verifica no *Leveling Board* que tem de retirar 1 contentor da referência A.

Movimentação: *Shop stock* → *Pool stock*.

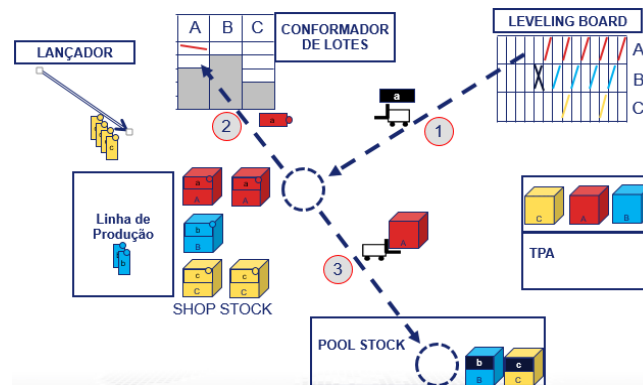


Figura 17 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (7)

Referente à figura 17:

- (1) Operador da logística retira carta *Kanban* de transporte do *Leveling Board* e dirige-se ao *Shop stock*;
- (2) Operador da logística retira carta *Kanban* de produção do contentor da referência A e coloca esta no segundo *slot* do conformador na zona destinada a esta referência;
- (3) Operador da logística retira contentor da referência A e coloca este no *Pool Stock*.
- Operador da logística verifica no *Leveling Board* que tem de retirar 1 contentor da referência B.

Movimentação: *Pool stock* → TPA.

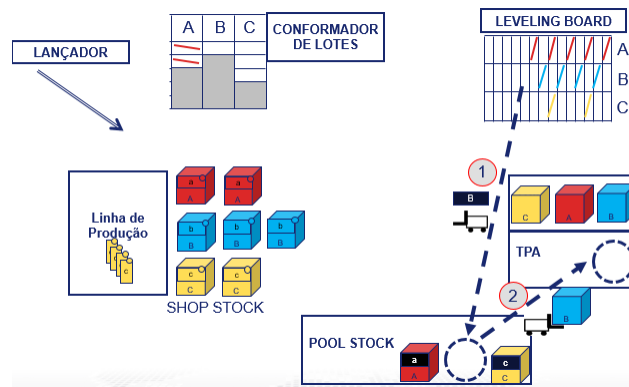


Figura 18 - Exemplo de funcionamento do Sistema Kanban (8)

Referente à figura 18:

- Linha de Produção já produziu o lote de 2 contêncores da referência B e começa a produzir o lote de 4 contêncores da referência C;
- (1) Operador da logística retira carta *Kanban* de transporte do *Leveling Board* e dirige-se ao *Pool Stock*;
- (2) Operador da logística retira o contêncor da referência B do *Pool stock* e coloca na TPA.

Nota - Quando este contêncor foi movimentado do *Shop stock* para o *Pool stock* a carta *Kanban* de produção foi colocada no conformador, pelo que o operador da logística neste caso já não realiza essa tarefa.

Até ao final do turno de trabalho, Logística e Produção seguem este procedimento através da lógica apresentada. Quando a logística não tiver mais cartas *Kanban* de transporte no *Leveling Board* significa que a preparação da carga está terminada.

Na situação de a logística ir retirar 1 contêncor que não esteja produzido, ou por avaria ou falta de material, a produção por norma tem de abrir alerta de atraso produtivo justificando a causa do problema.

Apesar do funcionamento do Sistema *Kanban* ser bastante simples, a sua operacionalidade está fortemente baseada no comportamento das pessoas. Por esse motivo, a formação é bastante importante.

Em suma para o sucesso do bom funcionamento do Sistema *Kanban* é imperativo respeitar:

1. Cada contêncor/estrutura/caixa tem de ter uma carta *Kanban*;
2. Quando o processo posterior puxa a produção, essas cartas *Kanban* são removidas dos contêncores e colocadas no conformador;
3. Não se pode alterar a sequência de lotes no lançador;
4. Nenhuma peça defeituosa deve passar para o posto seguinte (Formação no autocontrolo).

Capítulo 3

Componente Experimental

1. Conceitos teórico / práticos

Antes de se proceder ao dimensionamento do Sistema *Kanban* convém ter noção de alguns termos técnicos. Estes termos técnicos são o *input* de informação para efetuar os cálculos do dimensionamento do Sistema *Kanban*.

A designação utilizada para descrever os termos técnicos foi a mesma designação usada na folha de cálculo em *Excel* onde se efetuaram os cálculos do dimensionamento do Sistema *Kanban*. Para facilitar compreensão dos cálculos, à frente de cada designação entre parênteses está a variável utilizada nos cálculos.

Os termos técnicos que se seguem (*Production Time*, *Cover for hazards*, *Tool changeover time* e *technical buffer*) são influenciados por fatores que contribuem para o não funcionamento da linha de produção, ou seja, influenciam a taxa de ineficiência da utilização das máquinas (TRS). Esses fatores de perda são conhecidos como Non TRS.

Esses fatores são:

- Paragens programadas;
- Falha organizacional (ex. falta de material);
- Micro paragens;
- Mudança de referência (Tempo *setup*);
- Paragens de linha devido a avarias;
- Peças *Nok* (ex. sucata e retrabalho);

Passando para a descrição temos:

- ***Production Time* (v)** - Tempo diário disponível para funcionamento produtivo da linha.

Production time = Tempo de abertura da linha – Paragens programadas (equação 3)

- ***Cover for hazards* (r)** - Estimativa do tempo diário consumido devido a falhas organizacionais e micro paragens.

- **Tool changeover time (d)** - Tempo de mudança de referência (tempo de *setup*).

A aplicação do método *Single Minute Exchange of Die*, SMED, permite reduzir os tempos de mudança de referência. Estes tempos dividem-se em dois tipos de operações: as atividades internas e as atividades externas. As operações internas correspondem às atividades que apenas podem ser executadas com a máquina parada. As operações externas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Um dos passos na metodologia é a transformação do trabalho interno em externo, de modo a reduzir o tempo de paragem da máquina.

- **Technical buffer (p)** - É definido como o *stock* intermédio. É utilizado caso seja necessário um compasso de espera entre os processos consecutivos ou permitir o correto funcionamento do sistema em caso de avarias.
- **Box length (l)** - Dimensão do contentor.
- **Number of workstations (z)** - Número de postos de trabalho na linha de produção.
- **Client opening time (s)** - Tempo de funcionamento do cliente, ou seja, é o período de tempo em que o cliente solicita o produto.
- **Withdrawals period (u)** - Período de levantamento do produto (por unidade de contenção. Por exemplo contentor). Uma vez que o cliente faz levantamentos de produtos com uma determinada frequência, a quantidade de cartas *Kanban* de produção em circulação deve ser suficiente para conseguir cobrir os pedidos feitos pelo cliente.
- **Number of batches in the queue (y)** - Número de carga em espera.
- **Tool changeover time / Production time (w)** - Percentagem expectável a ser utilizada do tempo de abertura de linha para mudança de referência.
- **Reference** - Referência ou designação do produto.
- **Customer demand (a)** - Pedido diário do cliente (é a média da previsão do pedido do cliente num horizonte de 4 semanas).
- **Parts / box (b)** - Capacidade do contentor/caixa.
- **Cycle time (c)** - Tempo de ciclo despendido para produzir 1 peça boa. O tempo de ciclo é o tempo do posto de trabalho com o *bottle neck* (maior tempo de operação).

- **Size (e)** - Quantidade mínima de produto a ser produzido para absorver os tempos de mudança de referência.
- **Batch building (f)** - Tempo utilizado para produção do pedido do cliente.
- **Wait in queue (g)** - Período de tempo até levantamento do número de carga em espera.
- **Manufacture of 1st part (h)** - Tempo de produção da 1ª peça Ok.
- **Manufacture of 1st box (j)** - Tempo de produção de 1 contentor.

2. Fórmulas para dimensionamento do Sistema *Kanban*

2.1. Cálculo do tamanho de lote

O contentor/caixa a ser utilizado para colocar o produto entre as estações de trabalho ou *stock* final, é um fator essencial a ser considerado no desenvolvimento do Sistema *Kanban*. A capacidade dos contentores/caixas determina o tamanho de lote mínimo de produção.

Vollmann et all (1997) salientam, tendencialmente o tamanho de lote mínimo é mantido sempre baixo, em torno de 15% do pedido diário para cada produto. Desta forma evita-se a produção de lotes grandes, favorecendo o nivelamento de produção. Por outro lado, como consequência, o tamanho de lote reduzido acarreta a necessidade de realizar mudanças de referência com mais frequência, uma vez que menores quantidades de peças são produzidas com maior repetição.

Considerando que kb_1 é o tamanho de lote temos:

$$\bullet \quad kb_1 = \frac{e}{b} \quad \text{(equação 4)}$$

Onde,

$$\bullet \quad e = \frac{d}{w \times c} \quad \text{(equação 5)}$$

Relembrando,

- b - *parts / box* (p)
- d - *tool changeover time* (seg)
- w - *tool changeover time / production time* (%)
- c - *cycle time* (seg)

2.2. Cálculo do tamanho de circuito

Como já foi dito anteriormente, o tamanho de circuito é o somatório do tamanho de lote com a quantidade de peças que ficam no *stock*, ou seja, vai ser a quantidade máximo que a linha tem de um determinado produto.

Considerando que kb_2 é o tamanho de circuito temos:

$$\bullet \quad kb_2 = q / (s / a) / b \quad \text{(equação 6)}$$

Onde:

$$\bullet \quad q = m + r + u + n + p \quad \text{(equação 7)}$$

Em que:

$$\bullet \quad m = f + g + d + h + j \quad \text{(equação 8)}$$

E ainda:

$$\blacksquare \quad f = \left(\frac{e}{a}\right) \times s \quad \text{(equação 9)}$$

$$\blacksquare \quad g = y \times \bar{e} \times \bar{c} \times (1 + w) \quad \text{(equação 10)}$$

$$\blacksquare \quad h = c \times z \quad \text{(equação 11)}$$

$$\blacksquare \quad j = (b - 1) \times c \quad \text{(equação 12)}$$

$$\bullet \quad n = (\text{valor absoluto}) v - s \quad \text{(equação 13)}$$

Relembrando,

- s - *client opening time* (h)
- a - *customer demand* (p/day)
- b - *parts / box* (p)
- r - *cover hazards* (h)
- u - *withdrawals period* (h)
- p - *technical buffer* (h)
- d - *tool changeover time* (h)
- e - *size* (p)
- y - *Number of batches in the queue* (p)
- \bar{e} - *média size* (p)
- \bar{c} - *média cycle time* (h)
- w - *tool changeover time / production time* (%)
- c - *cycle time* (h)
- z - *number of workstations* (p)

3. Caso de estudo

A implementação do Sistema *Kanban* no caso de estudo foi realizada numa das empresas do Grupo *Faurecia*. Nesta secção descreve-se o grupo, nomeadamente o historial e áreas de negócio. Posteriormente irá ser apresentado o caso prático.

3.1. Apresentação da empresa

A *Faurecia* Sistema de Escapes Portugal, Lda., pertence ao Grupo *Faurecia*, tendo como finalidade a produção de componentes para o sector automóvel.

A *Faurecia* teve origem em 1997 na França. Após várias aquisições de outras empresas, o grupo *Faurecia* é atualmente um dos principais fornecedores do mundo de equipamentos automóvel, estando presente em 34 países com cerca de 330 unidades de produção e centros de investigação, empregando mais de 96 mil pessoas.

O Grupo *Faurecia* divide as suas áreas de negócio por:

- **Exteriores automóveis** - Para-choques, sistemas de arrefecimento do motor, painéis exteriores;
- **Sistemas interiores** - Painéis de instrumentos, portas e isolamento acústico;
- **Assentos automóveis** - Bancos, estruturas e mecanismos de ajustamento;
- **Tecnologias de controlo de emissão de escape** - Sistemas de recuperação de calor, filtros de partículas, catalisadores e painéis de escape.

Leader in our four activities

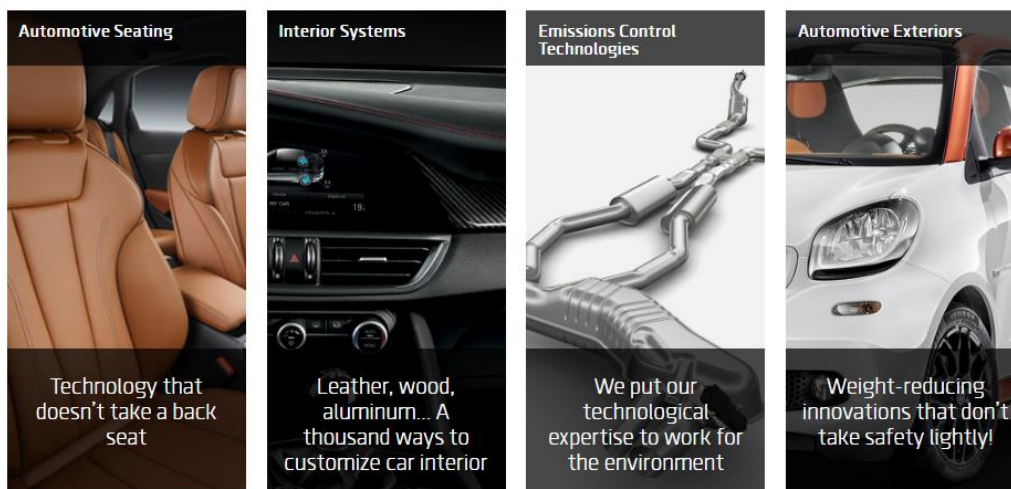


Figura 19 - Áreas de negócio do Grupo *Faurecia*

O grupo apresenta atualmente mais de 17 mil milhões de euros anuais em vendas entre os diferentes setores, sendo o setor de Tecnologias de Controlo de Emissões (FECT) o que mais contribuiu para estes resultados.

Fundada em 2001, a *Faurecia* Sistemas de Escape Portugal, Lda. (Bragança) tem vindo a dar provas do seu valor, com um crescimento considerável atingindo um patamar de excelência relativamente aos padrões internos do grupo. Prova disso foi o recente investimento de 45 milhões de euros para expansão da unidade de produção. Atualmente conta com 850 trabalhadores e prevê criar mais 400 postos de trabalho até 2018.

Os principais clientes do Grupo *Faurecia* são: Grupo *Volkswagen*, *PSA Peugeot Citroen*, *Renault - Nissan*, *Ford*, *General Motors*, *BMW*, *Daimler*, *Fiat - Chrysler*, *Toyota*, *Hyundai - Kia* e *Jaguar - Land Rover*.

3.1.1. Valores do Grupo *Faurecia*



Figura 20 - *Being Faurecia* - Visão do Grupo *Faurecia*.

Para atingir a excelência o Grupo *Faurecia* segue os seguintes valores:

- **Valores de Gestão:**
 - Empreendedorismo;
 - Autonomia;
 - Responsabilidade;

- **Valores Comportamentais:**
 - Energia;
 - Respeito;
 - Ser o Exemplo;

3.2. Dimensionamento do Sistema *Kanban*

A implementação do Sistema *Kanban* foi efetuada numa das linhas de produção mais recentes da unidade produtiva de Bragança. Esta linha produz para o cliente *Jaguar - Land Rover*.

Visto ser uma linha recente daí não ter o Sistema *Kanban* implementado, é de realçar que o Sistema *Kanban* é uma ferramenta seguida com rigor na unidade produtiva de Bragança.

A linha de produção produz 3 produtos distintos, designados por **SCRF**, **DPF** e **DOC**.

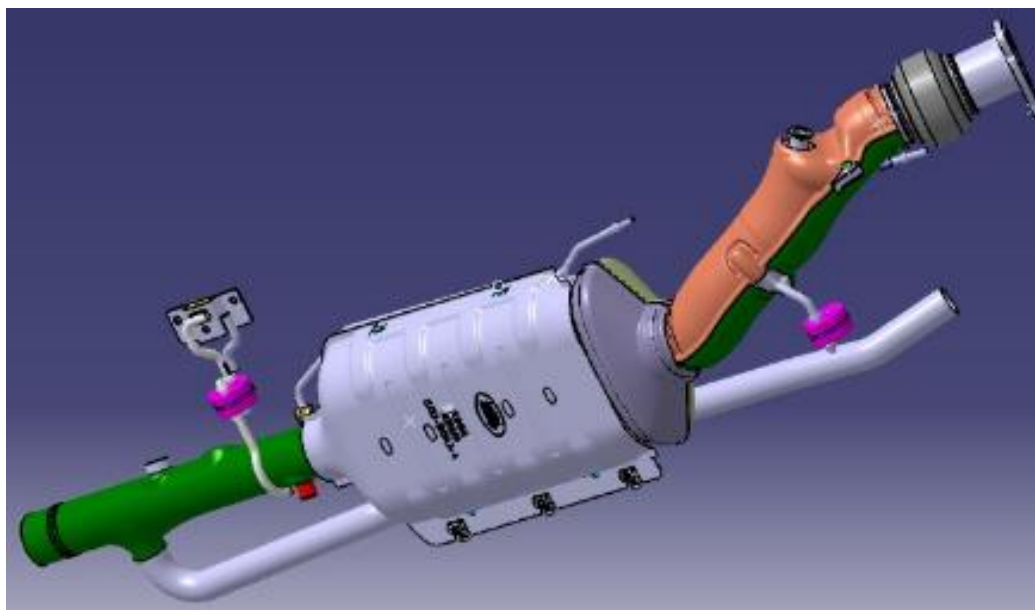


Figura 21 - Exemplo de peça SCRF

3.2.1. Dados para cálculos

- A linha de produção funciona a 3 turnos, sendo o tempo de produção 21h devido às paragens programadas, como por exemplo refeições e 5S's no final do turno.
- O tempo aceitável consumido devido a falhas organizacionais e micro paragens é de 1h.
- Após ter sido aplicada a metodologia SMED, conseguiu-se reduzir o tempo de mudança de referência, passando de uma média de 15min para 10min.

<i>Production time</i>	V	21	(hours)
<i>Cover for hazards</i>	R	1	(hour)
<i>Box length</i>	L	1000	(mm)
<i>Tool changeover time</i>	D	10	(minutes)
<i>Number of workstations</i>	Z	6	(parts)
<i>Technical buffer</i>	P	1	(hour)

Tabela 1 - Dados para cálculos (1)

- Seguem-se valores *standard* definidos pelo grupo.

Standard values

Tool changeover time / production time	w	10	%
Number of batches in the queue	y	2	batches

Tabela 2 - Dados para cálculos (2)

- O tempo de funcionamento do cliente é 24h.

Client opening time	s	24	(hour)
Withdrawals period	u	15	(minute)

Tabela 3 - Dados para cálculos (3)

- Para o valor do pedido do cliente fez-se a média da previsão do pedido a 4 semanas.
- O *standard* de trabalho ainda apresenta algumas ineficiências, no entanto já foi feito um *Hoshin* no intuito de eliminar movimentos dispendiosos, sendo atualmente os tempos de ciclo por cada peça:

- SCRF - 180 seg;
- DPF - 100 seg;
- DOC - 200seg;

Reference	Customer Demand	Parts / Box	Cycle Time
	a	b	c
	(p / day)	(parts)	(seconds)
SCRF	180	18	157
DPF	100	20	162
DOC	200	25	120

Tabela 4 - Dados para cálculos (4)

	W18	W19	W20	W21	média
SCRF	750	950	1100	800	900
DPF	650	600	250	500	500
DOC	975	850	950	1225	1000

Tabela 5 - Dados para cálculos (5)

3.2.2. Cálculo do Tamanho de Lote

Todos os cálculos foram feitos numa folha de cálculo *Excel* programada com as equações anteriormente apresentadas.

Aplicando:

$$\bullet \quad kb_1 = \frac{e}{b} \quad \text{(equação 4)}$$

Onde,

$$\bullet \quad e = \frac{d}{w \times c} \quad \text{(equação 5)}$$

Considerando os valores apresentados anteriormente temos:

<i>Reference</i>	<i>Batch size</i>	Tamanho de Lote
	e	kb_1
	(parts)	(cards)
SCRF	38	2
DPF	37	2
DOC	50	2

Tabela 6 - Cálculo do Tamanho de Lote

Podemos assim concluir que o Tamanho de Lote é 2 cartas *Kanban* para cada referência, ou seja, a ordem de produção emite a informação que é preciso produzir 2 contentores de cada vez das 3 referências alternadamente.

No entanto durante um turno de trabalho pode-se estar sempre a produzir o mesmo produto, é uma gestão que dependerá da informação programada no *Leveling Board*. A sequência do levantamento dos contentores de produto final depende exclusivamente da ordem que o cliente solicita o produto.

3.2.3. Cálculo do Tamanho de Circuito

Aplicando as fórmulas na folha de cálculo *Excel* e considerando os valores anteriormente apresentados temos:

$$\bullet \quad f = \left(\frac{e}{a}\right) \times s \quad \text{(equação 9)}$$

$$\bullet \quad g = y \times \bar{e} \times \bar{c} \times (1 + w) \quad \text{(equação 10)}$$

$$\bullet \quad h = c \times z \quad \text{(equação 11)}$$

$$\bullet \quad j = (b - 1) \times c \quad \text{(equação 12)}$$

<i>Reference</i>	<i>Batch building</i>	<i>Wait in queue</i>	<i>Tool C/O</i>	<i>Manufacture of 1st parts</i>	<i>Manufacture of 1st box</i>
	f	g	d	h	j
	(hour)	(hour)	(hour)	(hour)	(hour)
SCRF	5,1	3,7	0,17	0,26	0,74
DPF	8,9	3,7	0,17	0,27	0,86
DOC	6,0	3,7	0,17	0,2	0,8

Tabela 7 - Cálculo do Tamanho de Circuito (1)

Em que:

- $m = f + g + d + h + j$ (equação 8)

- $n = (\text{valor absoluto}) v - s$ (equação 13)

<i>Reference</i>	<i>Batch LT</i>	<i>Cover hazards</i>	<i>With-drawal</i>	<i>Delta opening</i>	<i>Technical buffer</i>
	m	r	u	n	p
	(hour)	(hour)	(hour)	(hour)	(hour)
SCRF	10,0	1,0	0,3	3,0	1,0
DPF	13,9	1,0	0,3	3,0	1,0
DOC	10,9	1,0	0,3	3,0	1,0

Tabela 8 - Cálculo do Tamanho de Circuito (2)

E ainda:

- $q = m + r + u + n + p$ (equação 7)

<i>Reference</i>	q
	(hour)
SCRF	15,2
DPF	19,2
DOC	16,2

Tabela 9 - Cálculo do Tamanho de Circuito (3)

Com as variáveis todas calculadas podemos proceder ao cálculo do Tamanho de Circuito. Sendo assim temos:

• $kb_2 = q / (s / a) / b$ (equação 6)

Reference	kb_2
	(Cards)
SCRF	6
DPF	4
DOC	5

Tabela 10 - Cálculo do Tamanho de Circuito (4)

Uma vez que o *stock* no *Shop stock* (ou *stock* intermédio) é a diferença entre o Tamanho de Circuito e o Tamanho de Lote, constatamos que a funcionar corretamente o Sistema *Kanban*, o *stock* máximo é de:

- SCRF - 4 contentores;
- DPF - 2 contentores;
- DOC - 3 contentores;

Desta forma conseguimos limitar o nosso limite de *stock* máximo.

Capítulo 4

1. Conclusões

Apesar do presente trabalho ter sido direcionado em termos teórico/práticos para o Sistema *Kanban*, o foco não se manteve apenas nesta ferramenta da Filosofia *Lean*.

Para se atingir o nível de excelência requerido no que diz respeito ao correto funcionamento do Sistema *Kanban* foram aplicadas outras ferramentas. Tais como:

- **Standard de Trabalho** - Os operadores foram formados mediante um *standard* de trabalho para desta forma ambos os turnos operarem de forma repetitiva no movimento das operações, e assim detetarem-se de forma mais eficaz as ineficiências;
- **Polivalência** - É também objetivo da formação, os operadores terem rotação entre si, quando atingem um determinado nível de polivalência, para desta forma beneficiarem no que diz respeito à ergonomia e assim diminuir o risco de perda de produtividade devido à fadiga;
- **TPM** - Os operadores foram formados a exercer manutenção preventiva. Na qual exercem funções de limpeza na zona funcional dos moldes, eliminação de projeções nos pontos críticos e até mesmo verificar se os sensores ou posicionadores estão desgastados ou desafinados. Desta forma os técnicos de manutenção intervêm, reduzindo assim a probabilidade de paragem devido a avaria;
- **SMED** - Foi aplicado o conceito SMED, do qual se teve um ganho direto em média de 5 minutos por cada troca de referência. Alterou-se por exemplo a sequência de mudança de moldes, diminuindo o tempo de espera entre a última peça produzida de uma referência e a primeira de outra referência. Outro exemplo foi a distribuição de tarefas;
- **Hoshin** - O *standard* de trabalho seguido atualmente foi alterado mediante os resultados de um *workshop* de *Hoshin*. Do qual se conseguiu retirar 1 operador mantendo o mesmo *output*. Para isso houve alteração nos movimentos dos operadores, partilha de tarefas e alteração de *layout* (nomeadamente, distância entre posto, e alteração das rampas de abastecimento);
- **Morning Market** - Esta ferramenta teve como intuito eliminar as perdas originadas pelas peças defeituosas, quer fossem sucata ou para retrabalhar. No final de cada turno é analisada a causa que originou o problema. Periodicamente, o período varia com o impacto causado, é analisada a causa mais impactante da qual surgem ações a ser seguidas num PDCA. Se a causa do problema persistir ou houver pontos impactantes para resolução o problema deve ser escalado e ser analisado através do QRCI

Com a agravante de ser uma linha em início de produção, foi com a aplicação destes conceitos que foi possível manter um fluxo produtivo constante e conseqüentemente obter o sucesso do funcionamento do Sistema *Kanban*.

O sistema *Kanban* no seu funcionamento correto proporcionou aos utilizadores auferir de uma série de benefícios, dos quais se destacam:

- Eliminação de *stock* excessivo e conseqüentemente redução de custos e recursos utilizados;
- Maior capacidade da linha produtiva;
- Entrega dos diferentes produtos no momento exato que o cliente solicita;
- Facilitou o dia-a-dia dos Supervisores de Produção e Logística, uma vez que surge de forma automática e visual que produto e quantidade produzir. Eliminando assim o *stress* da troca de informação exaustiva diária sobre a programação da produção;
- A relação PDP/MIX foi outro indicador que beneficiou da implementação do Sistema *Kanban*. Sendo este o que teve um impacto mais positivo com a implementação.

A implementação do Sistema *Kanban* não foi a tarefa mais difícil. Tal como acontece com a implementação de outros conceitos ou filosofias, torna-se desafiante é a continuidade funcional das aplicações.

Periodicamente deve ser efetuada uma auditoria *Kanban* que vise verificar os seguintes pontos:

- Existe uma base de dados *Kanban* no conformador e lançador atualizada?
- Os Tamanhos de Lotes são respeitados?
- Número de cartas *Kanban* no circuito é o correto?
- Há contentores sem carta *Kanban* no *Shop stock*?
- Os contentores com produto final do *Shop stock* estão no *zoning* correto?
- Os contentores a ser utilizados estão corretos?
- No *Pool Stock* os contentores estão armazenados consoante a zona especificada para a referência em questão?
- Na TPA os contentores estão na zona correta?
- O *Leveling Board* está a ser respeitado, não havendo atrasos no levantamento de contentores?

São alguns dos exemplos das questões da auditoria para assegurar que os operadores respeitam os pontos que garantem o correto funcionamento do *Kanban*. Como já foi dito, é desafio mentalizar as pessoas da importância desta ferramenta.

2. Referências Bibliográficas

- Alvarez, R, Antunes Jr., 2001, *Takt Time: Conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção, Gestão & Produção, Volume 8, Número 1;*
- Chang, T-M.; YIH, Y. *Determining the Number of Kanbans and Lot Sizes in a Generic Kanban System: A Simulated Annealing Approach. International Journal of Production Research, vol. 32, n. 8, 1994b;*
- Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., Pillet, M., 1997, *Gestão da Produção, 4ª edição, Lidel;*
- Fernandes, F. C. F., Godinho F., 2006, *Fundamento de Planeamento e Controlo de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, São Carlos;*
- Liker, J.K., 2004, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill;*
- Monden, Y., 1981, *Adaptable Kanban System Helps Toyota Maintain Just-in-Time Production, Industrial Engineering, Vol. 13;*
- Monden, Y., 1997, *Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-in-Time, Institute of Industrial Engineers, Georgia, third edition;*
- Ohno, T., 1997, *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman;*
- Ohno, T., 1982, *The Origin of Toyota Production System and Kanban System. Proceedings of the International Conference on Productivity and Quality Improvement. Tokyo;*
- Ortiz, C. A., 2006, *Kaizen Assembly, CRC - Taylor & Francis Group;*
- Pinto, J.P., 2006, *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras. Editora Lidel;*
- Pinto, J.P., 2006, *Gestão de Operações, Editora Lidel;*
- Rother, M., 2010, *Toyota Kata, McGraw-Hill;*
- Rother, M., Shook, J., 1999, *Learning to See: Value Stream Mapping to add Value and eliminate Muda, Versão 1.2, The Lean Enterprise Institute, Massachussets;*
- Santillo, L. C., 2008, *Corso di Gestione della Produzione Industriale, A.A.;*
- Shingo, Shigeo, 1985, *A Revolution in Manufacturing: the SMED System, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut;*
- Shingo, Shigeo, 1989, *A Study of Toyota Production System, Productivity Press;*
- Takeda, H., 1999, *The Synchronic Production System - Just-in-Time for the entire company, Greta Konradt, Tokyo;*

Vollman, T. E., Berry, Whybark, Manufacturing Planning e Control Systems, McGraw-Hill

Womack, James P., Jones, Daniel T., 2003, Lean Thinking, Free Press, New York, 2ª Edição;

Womack, James P., Jones, Daniel T., Ross, Daniel, 1990. The Machine that changed the World: The Story of Lean Production, Rawson Associates;