



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Marcos Daniel Martins dos Santos

**DESEMPENHO DE ESTRATÉGIAS DE
CONTROLO DE MATERIAIS: INTEGRAÇÃO DE
KANBAN E MRP NA PRODUÇÃO DE
COMPONENTES PARA BICICLETAS**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, orientada pelo Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

fevereiro de 2022



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Desempenho de estratégias de controlo de materiais: integração de *Kanban* e MRP na produção de componentes para bicicletas

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

Performance of material control strategies: integration of Kanban and MRP in bike parts production

Autor

Marcos Daniel Martins dos Santos

Orientador

Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto

Júri

Presidente	Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professora Doutora Vanessa Sofia Melo Magalhães Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

Miranda
The European Bike Fundamentals.

Miranda & Irmão Lda.

Coimbra, fevereiro, 2022

“It never gets easier, you just get faster”

Greg LeMond

À minha família.

Agradecimentos

A realização da presente dissertação não teria sido possível sem a oportunidade providenciada pela Miranda e Irmão Lda., (MIL) por isto não poderia deixar de agradecer a todos os representantes desta instituição, em particular ao Dr. Francisco Miranda pelo apoio e reconhecimento pelo trabalho desenvolvido ao longo destes 5 meses.

Ao meu orientador na MIL, o Eng. Ricardo Pimentel pela disponibilidade, cooperação e transmissão de conhecimentos essenciais não só para o desenvolvimento desta dissertação, mas também para o meu desenvolvimento enquanto profissional.

Não poderia deixar de agradecer ao Prof. Dr. Telmo Pinto pela cooperação e transmissão de conhecimentos ao longo destes últimos meses, mostrando-se sempre disponível e pronto para ajudar.

O maior dos agradecimentos será sempre à minha família por me terem proporcionado todas as condições para a realização do meu percurso académico. Sem o seu apoio, esforço e dedicação nada disto seria possível.

Por fim um agradecimento muito especial à minha namorada Andreia por ter sido um apoio incondicional nesta reta final, que sempre me incentivou a fazer melhor e a não desistir dos meus objetivos.

A todos o meu muito obrigado!

Resumo

A presente dissertação pretende evidenciar as potencialidades da implementação de um sistema Kanban como complemento ao sistema *Material Requirements Planning* (MRP) e como ambos podem coexistir.

Este estudo foi realizado em contexto industrial, na Miranda & Irmão Lda., (MIL), empresa inserida na indústria metalomecânica e que possui um sistema MRP como software de gestão integrada.

O estudo centrou-se numa primeira fase, em analisar o processo produtivo, procurando identificar os problemas e ineficácias do modelo de produção utilizado na MIL.

Uma vez analisado o modelo de produção, foram identificados problemas numa linha dedicada ao fabrico de um produto em específico. Com o intuito de melhorar o fluxo de produção da mesma assim como uma redução de *Work-in-progress* (WIP), tendo por base a filosofia *Lean Manufacturing* (LM) foram apresentadas um conjunto de melhorias do sistema que passaram pela introdução de um sistema *Kanban* para o controlo do fluxo de produção.

Com a integração de um sistema *Kanban* no sistema MRP existente pretende-se retirar os benefícios de ambos os sistemas tais como uma melhoria do fluxo de informação e de materiais, a redução de WIP assim como um planeamento mais facilitado através do uso de cartões *Kanban* ao mesmo tempo que o sistema MRP permite uma gestão de materiais identificando quando devem ser produzidos e em que quantidade por forma a que sejam cumpridas as datas de entrega.

Por fim, foram analisados os possíveis resultados adjacentes a esta implementação uma vez que a mesma não foi concluída em tempo útil, apesar disso, a empresa mostrou disponibilidade para a implementação deste sistema na produção de produtos com características semelhantes ao analisado.

Palavras-chave: *Kanban*, LM, MRP

Abstract

This dissertation intends to highlight the potential of implementing a Kanban system as a complement to the Material Requirements Planning (MRP) system and how both can coexist.

This study was carried out in an industrial context, at Miranda & Irmão Lda., (MIL), a company inserted in the metalworking industry and which has an MRP system as an integrated management software.

The study focused, in a first phase, on analyzing the production process, seeking to identify the problems and inefficiencies of the production model used in the MIL.

Once the production model was analyzed, problems were identified in a production line dedicated to the manufacture of a specific product. In order to improve the production flow of it as well as a reduction of Work-in-progress (WIP), based on the Lean Manufacturing (LM) philosophy, a set of system improvements were presented, which included the introduction of a system Kanban for production flow control.

With the integration of a Kanban system in the existing MRP system, it is intended to take the benefits of both systems such as an improvement in the flow of information and materials, the reduction of WIP as well as a more facilitated planning through the use of Kanban cards, at the same time, the MRP system allows for material management, identifying when they must be produced and in what quantity so that delivery dates are met.

Finally, the possible results adjacent to this implementation were analyzed since it was not completed in a timely manner, despite this, the company showed willingness to implement this system in the production of products with similar characteristics to the one analyzed.

Keywords Kanban, LM, MRP.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura.....	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. <i>Toyota Production System</i> (TPS).....	5
2.2. Lean Manufacturing (LM)	6
2.2.1. Princípios Lean Manufacturing	6
2.2.2. Muda, Mura e Muri	6
2.2.3. Estrutura Lean Manufacturing.....	8
2.3. Planeamento e Controlo da Produção	10
2.3.1. Sistemas baseados em fluxos de cartões - <i>Kanban</i>	10
2.3.2. MRP - <i>Material Requirements Planning</i>	14
3. CASO DE ESTUDO	17
3.1. Miranda & Irmão, Lda.	17
3.2. Processos e organização da MIL	18
3.3. Organigrama	19
3.4. Fluxo de produção analisado	19
3.5. Sistema atual de controlo e planeamento da produção	22
4. INTEGRAÇÃO DO SISTEMA <i>KANBAN</i>	25
4.1. Seleção do processo produtivo	25
4.2. Recolha e análise de dados	26
4.2.1. Operação de Pintura.....	27
4.2.2. Operação de roscagem.....	28
4.3. Dimensionamento da proposta.....	29
4.3.1. Operação de pintura.....	29
4.3.2. Operação de Roscagem	30
4.4. Design do cartão <i>Kanban</i>	32
4.5. Implementação do sistema <i>Kanban</i>	32
4.5.1. Formação dos intervenientes	33
4.5.2. Regras do Sistema <i>Kanban</i>	33
4.6. Análise de resultados	34
5. CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

ANEXO A..... 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Casa TPS (Adaptado de: Liker, (2021), Liker & Morgan, (2006)).....	9
Figura 2 – Sistema <i>Kanban</i> tradicional (Adaptado de Thürer, <i>et al.</i> , 2017).....	10
Figura 3 – Exemplo de um cartão <i>Kanban</i> Ohno, (2014)	12
Figura 4 – Sistema MRP (Adaptado de Kumar & Suresh, (2008)).....	15
Figura 5 - Organigrama Miranda & Irmão Lda.....	19
Figura 6 - Roda dentada, cranque direito, cranque esquerdo e roda cravada no cranque direito.....	21
Figura 7 - Pedaleira com roda de 30 dentes	26
Figura 8 - Design do cartão <i>Kanban</i> para o cranque direito pintado.....	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de muda e respectivas descrições (Adaptado de Sugimori, et al., 1977 e Eaton, 2013)	7
Tabela 2 - Dados Operação de pintura	28
Tabela 3 - Dados Operação de roscagem	28
Tabela 4 - Capacidade de cada palete de produto pintado	29
Tabela 5 - Dimensionamento <i>Kanban</i> cranque direito (pintura).....	30
Tabela 6 – Dimensionamento <i>Kanban</i> cranque esquerdo (pintura)	30
Tabela 7 - Capacidade de cada carro de produto roscado	31
Tabela 8 - Dimensionamento <i>Kanban</i> cranque direito (roscagem).....	31
Tabela 9 - Dimensionamento <i>Kanban</i> cranque esquerdo (roscagem).....	31

SIGLAS

FIFO – *First-in-First-out*

BOM – *Bill of Materials*

LM – *Lean Manufacturing*

MIL – *Miranda & Irmão Lda.*

MPS – *Master Production Schedule*

MRP – *Material Requirements Planning*

MTS – *Make-to-stock*

MTO – *Make-to-Order*

TPS – *Toyota Production System*

WIP – *Work-in-progress*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação resulta de um projeto desenvolvido, na sequência do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, nas instalações da Miranda & Irmão Lda., (MIL) empresa situada em Águeda, distrito de Aveiro que se dedica à produção de componentes e acessórios para o mercado das duas e quatro rodas. Este trabalho foi realizado no âmbito de um estágio curricular com a duração de cinco meses.

Este capítulo é composto pela contextualização, os objetivos, a metodologia e a estrutura do presente documento, abordando sucintamente cada tópico.

1.1. Contextualização

A presente situação económico-social leva a que as empresas se tenham que adaptar constantemente por forma a ir ao encontro às necessidades dos clientes.

Para responder a esta procura as empresas tendem a produzir mais do que o necessário, aumentando assim os custos de inventário e outros desperdícios associados, e é no sentido de reduzir estes desperdícios que leva as organizações a implementar as filosofias *Lean Manufacturing* no seu processo produtivo.

Com o crescimento da procura de produtos personalizados, as empresas tendem a produzir por encomenda (MTO – *Make-to-Order*) o que torna o planeamento e sequenciamento da produção uma tarefa mais complicada quando comparada à estratégia de produção para stock (MTS – *Make-to-stock*). Este planeamento e sequenciamento da produção é levado a cabo por sistemas tais como MRP – *Material Requirements Planning* ou sistemas baseados em cartões nomeadamente *Kanban*.

No capítulo seguinte é assim abordada a filosofia TPS – *Toyota Production System*, que é caracterizada por um conceito de produção flexível recorrendo a técnicas e ferramentas que visam a simplificação de processos, redução de desperdícios envolvendo todos os intervenientes numa procura constante pela melhoria. É também apresentada a filosofia *Lean* e os seus princípios, muitos deles partilhados pelo TPS. Por fim são também

mencionados alguns sistemas de planeamento e controlo da produção tais como MRP e *Kanban*.

É com o objetivo de se manter competitiva e como empresa de referência que a MIL procura implementar estas filosofias e ser *Lean*. Para a gestão das encomendas, e uma vez que adotou a estratégia MTO, a MIL usa um sistema MRP, ferramenta esta que é uma excelente ajuda, mas por vezes é pouco flexível e necessita de profissionais especializados para a operar, estando estes muitas vezes sobrecarregados.

1.2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo a implementação de um sistema Kanban numa linha de produção de produtos com baixa personalização e de elevada quantidade. Desta implementação é esperado que se comprovem os benefícios deste sistema em relação ao sistema atual tendo em vista a aplicação em outros processos produtivos da empresa.

Em específico os objetivos são os seguintes:

- Diminuir a quantidade de *work-in-progress* (WIP), assim como os lotes de produção.
- Eliminar roturas de stock.
- Melhorar o fluxo de produção.
- Melhorar os fluxos de materiais e informação.
- Simplificar o processo de planeamento da produção.

1.3. Metodologia

Aquando da realização desta dissertação e tendo em vista o alcance dos objetivos propostos, a mesma foi dividida em fases por forma a que o seu desenvolvimento se tornasse mais fácil. A ordem cronológica das mesmas é então a seguinte:

- Familiarização com a empresa, procurando conhecer o seu processo produtivo, a sua organização e todo o seu funcionamento.
- Avaliação do estado atual, recolhendo dados e informações operacionais procurando identificar problemas e respetivas melhorias a implementar.

- Enquadramento das metodologias *Toyota Production System* (TPS) e *Lean* de modo a implementar melhorias no sistema.
- Apresentação das soluções encontradas.
- Implementação das metodologias apresentadas.
- Análise dos resultados obtidos.

1.4. Estrutura

Esta dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos.

O capítulo 1 designado de introdução contém uma breve contextualização do tema proposto, os objetivos pretendidos, a metodologia utilizada assim como a estrutura deste trabalho.

Já no capítulo 2 encontra-se o enquadramento teórico onde são abordados o TPS e Lean, onde são apresentados os seus princípios, estrutura e desperdícios associados. Seguidamente são abordados alguns mecanismos de planeamento e controlo da produção tais como *Kanban* e *Material Requirements Planning* (MRP).

O capítulo 3 trata-se da apresentação do contexto atual onde é apresentada a empresa, a sua organização, assim como o processo produtivo onde vai incidir este estudo.

No capítulo 4 é descrito o problema assim como a estratégia para a resolução do mesmo passando ainda pela análise de resultados obtidos com o desenvolvimento do projeto.

O capítulo 5 é composto pela conclusão desta dissertação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No presente capítulo é feita uma contextualização teórica tendo como objetivo abordar os conceitos TPS e LM, a sua definição bem como a sua evolução. Além disto, são também mencionadas algumas ferramentas *Lean* bem como a estrutura do LM, por fim são abordados alguns dos sistemas de controlo e planeamento da produção.

2.1. *Toyota Production System (TPS)*

O Sistema de Produção *Toyota* começou a ser desenvolvido no início dos anos vinte do século vinte na empresa japonesa *Toyota*. Os pioneiros deste sistema são membros da família *Toyoda*, Sakichi Toyoda, o seu filho Kiichiro Toyoda, sobrinho Eiji Toyoda bem como Taiichi Ohno, engenheiro da empresa (Dekier, 2012).

Segundo Ohno um dos pilares do TPS passa pela automação, Ohno descreve que Sakichi Toyoda, desenvolveu uma forma de interromper a produção automaticamente de um tear em caso de rompimento do fio evitando assim a produção de artigos com defeito. Este mecanismo de automatização serviu de base para o *Jidoka* (“automatização com inteligência humana”), um dos pilares do TPS (Dekier, 2012)

Foi já Kiichiro Toyoda que materializou o desejo de família ao fundar a *Toyota Motor Company* em 1937 (Ohno, 2014), influenciado pela visita às fábricas da Ford nos Estados Unidos, Kichiro tentou replicar o modelo “fordista” na *Toyota*, mas sem sucesso (Dekier, 2012).

Womack *et al.* (1990) defendem que só mais tarde, e após a resignação de Kichiro Toyoda é que Eiji Toyoda em conjunto com Taiichi Ohno concluíram que o modelo “fordista” de produção em massa não poderia ser reproduzido na empresa e que a solução passaria pela criação de um sistema disciplinado e orientado para o processo, adaptando a linha de montagem da Ford (Dekier, 2012).

Sugimori *et al.* (1977) defendem que o TPS visa a redução de custos através da eliminação do desperdício bem como do envolvimento das pessoas no processo de melhoria. A produção do produto necessário no tempo e quantidade certos, *Just-in-Time* (JIT) aliado à automatização com participação dos colaboradores (*Jidoka*), são assim os dois pilares do TPS (Ohno, 2014).

2.2. Lean Manufacturing (LM)

O termo LM foi introduzido por Womack, *et al.*, em 1990 com o livro “*The Machine That Changed the World*” tornando-se num dos livros mais citados acerca da gestão de operações nos últimos anos (Holweg, 2006).

Shah, *et al.* (2003) definem LM como sendo uma sinergia de várias práticas de gestão tais como JIT, sistemas de gestão da qualidade (SGQ), equipas de trabalho, produção celular, gestão da cadeia de abastecimento, entre outros, com o objetivo de criar um sistema que permita produzir produto acabado ao ritmo da procura com pouco ou nenhum desperdício.

2.2.1. Princípios Lean Manufacturing

Womack *et al.* (1990) consideram que a implementação do LM, tendo em vista a eliminação do desperdício (*muda*), assenta em cinco princípios fundamentais:

- Valor – especificar o valor na perspetiva do cliente final, visando entender as necessidades do cliente.
- Cadeia de valor – distinguir as atividades que acrescentam valor ao produto daquelas sem valor agregado.
- Fluxo – deve haver uma circulação de produtos e informações de uma forma fluida em todas as etapas do processo, não havendo falhas de comunicação, atrasos, paragens ou defeitos.
- *Pull* – a produção deve ser “puxada” pelo cliente, ou seja, o produto só é entregue quando este solicita e na quantidade pedida.
- Perfeição – consiste na melhoria contínua, ou seja, identificar e reduzir cada vez mais os desperdícios tendo como objetivo produzir com zero defeitos ou não conformidades.

2.2.2. Muda, Mura e Muri

Womack *et al.* (1990) definem *muda* (palavra japonesa para desperdício) como toda e qualquer atividade que consuma recursos e que não crie valor.

Sugimori *et al.* (1977) identificaram os diferentes tipos de *muda* dividindo-os em sete categorias distintas: Espera, Excesso de produção, Retrabalho, Movimentação,

Transporte, Processamento, Inventário, sendo que Eaton, (2013) acrescenta um oitavo, Talento.

A tabela 1.1 apresenta uma breve descrição dos diferentes tipos de *muda* segundo os autores:

Tabela 1 - Tipos de muda e respetivas descrições (Adaptado de Sugimori, et al., 1977 e Eaton, 2013)

Tipos de muda	Descrição
Espera	Tempo perdido à espera de que todas as condições estejam reunidas para realizar determinado trabalho, sejam por exemplo falta de matéria-prima, produto, operador ou indisponibilidade da máquina.
Excesso de produção	Produção de produto em excesso o que desencadeia outros desperdícios tais como excesso de inventário, transporte e outros.
Retrabalho	Realização de tarefas por forma a corrigir o que não foi feito corretamente da primeira vez.
Movimentação	Movimentação excessiva de pessoas, associado a uma má estratégia de planeamento, layout desajustado e/ou falta de formação.
Transporte	Movimentação excessiva de materiais e/ou equipamento, associado a uma má estratégia de planeamento, layout desajustado e/ou má armazenagem.
Processamento	Realização de tarefas desnecessárias e que não vão de encontro aos requisitos do cliente.
Inventário	Armazenamento desnecessário de matérias-primas, produto intermédio e produto final.
Talento	Uso insuficiente das capacidades dos colaboradores bem como na falta de envolvimento na tomada de decisão e resolução de problemas na organização.

Eaton, (2013) e Chiarini, (2013) concordam que para além de considerar *muda* se deve considerar outros dois tipos de desperdícios igualmente importantes, falamos de *mura* - desnivelamento da produção e *muri* – sobrecarga.

O primeiro trata-se de uma distribuição de trabalho irregular, levando muitas vezes a picos de produção, o que resulta numa necessidade de aceleração de processos, a

interrupção de uma tarefa para a conclusão de outra, causando erros, inconformidades e consequente desperdício. As possíveis causas deste tipo de desperdício passam por exemplo por um mau planeamento da produção ou pelo atraso de etapas produtivas a montante.

O segundo é relativo à sobrecarga de pessoas e equipamentos resultante de uma atribuição excessiva de tarefas tanto para os equipamentos (ultrapassar por exemplo a capacidade de uma máquina em número de peças), como para os operadores, atribuindo tarefas desajustadas quanto à quantidade ou experiência necessárias para a realização da mesma.

2.2.3. Estrutura Lean Manufacturing

O LM encontra-se fundamentado pelos princípios que caracterizam o TPS e é muitas vezes representado em forma de casa (Ohno, 2014), Liker and Morgan, (2006). Esta analogia é feita devido ao facto de o LM estar assente em dois pilares fundamentais: JIT e *Jidoka*, depender das fundações: produção nivelada (*Heijunka*), estabilização/standardização de processos, e tal como uma casa, todos os pontos do sistema devem ser fortes e estáveis para que o mesmo funcione de forma robusta não correndo o risco de desmoronamento.

Como referido anteriormente JIT representa a produção de um bem ou serviço no momento certo e na quantidade certa. Consiste numa produção consoante as necessidades do cliente - Produção *Pull* - ou seja, é “puxada” pelo mesmo. O seu fluxo de produção deve ser contínuo, cumprindo o *Takt Time* assim como a redução dos tempos de *setup* e uma correta gestão do Work-In-Progress (WIP).

Já o outro pilar *Jidoka* prende-se com o objetivo de automatizar o processo, respondendo de forma rápida e automática a não conformidades, identificando a causa raiz dos problemas e a sua resolução procurando a que a qualidade esteja presente em todas as etapas do processo (“*Quality-at-the-source*”) bem como da sua verificação (“*One-point-stop*”).

A isto junta-se a envolvimento e valorização dos colaboradores por forma a que se encontrem motivados, desenvolvendo trabalho em equipa e procurando reduzir desperdícios com o objetivo comum de melhoria contínua.

Os autores consideram que estes fatores se encontram interligados e funcionam de forma sinérgica por forma a maximizar a qualidade, ao menor custo, o mais rápido possível,

não pondo de parte a segurança bem como o bem-estar dos colaboradores. Estes fatores encontram-se sintetizados na figura seguinte. (Liker, 2021), (Liker & Morgan, 2006)

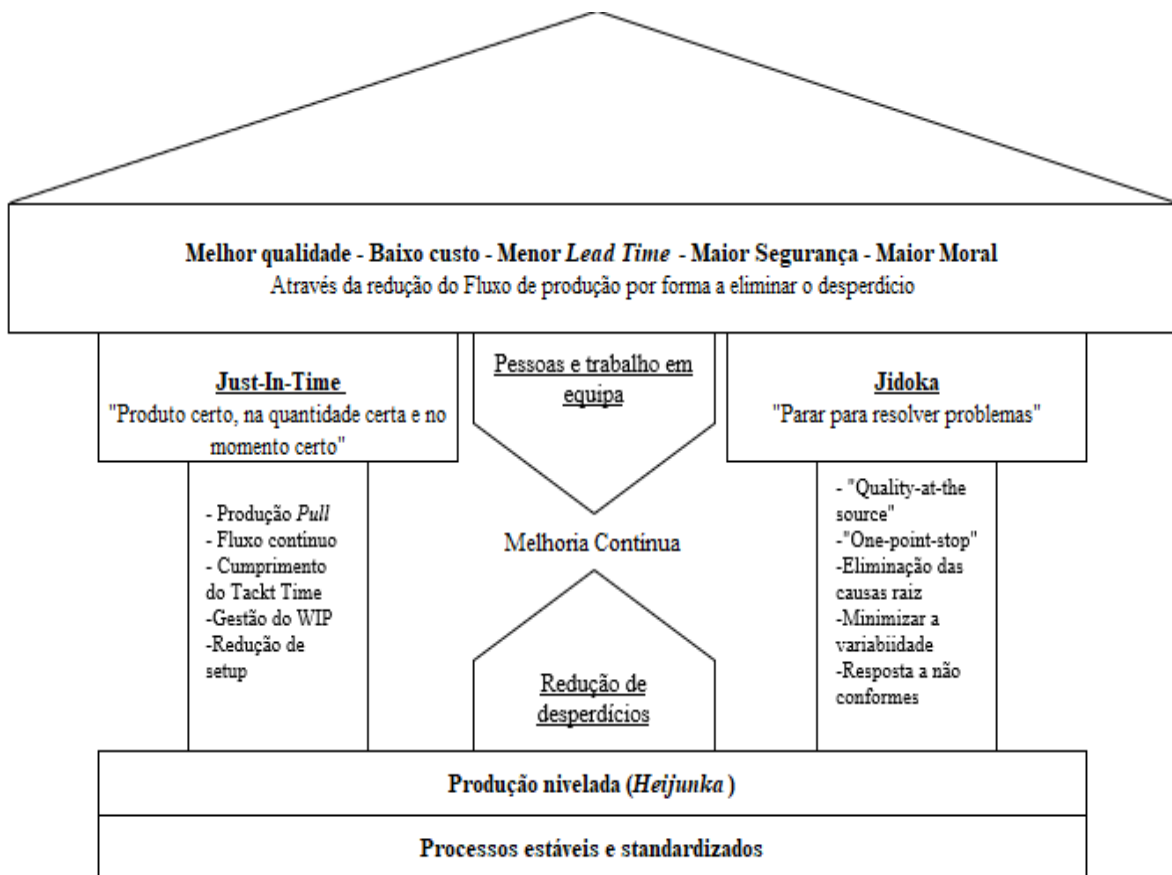


Figura 1 – Casa TPS (Adaptado de: Liker, (2021), Liker & Morgan, (2006))

2.3. Planeamento e Controlo da Produção

2.3.1. Sistemas baseados em fluxos de cartões - *Kanban*

A palavra japonesa Kanban pode ser traduzida como “sinalização” ou “cartão” e tem origem no TPS, implementado por Taiichi Onho em 1950 por forma a obter um melhor controlo do processo produtivo e implementar o desejado JIT na Toyota (Gross & Mcinnis, 2003).

Este sistema de controlo e sequenciamento da produção, é um mecanismo que usa sinais visuais por forma a determinar quanto se deve produzir, quando parar ou quando mudar a produção. É assim uma forma de controlar os fluxos de informação e nivelar a produção por forma ir de encontro às necessidades do cliente, entregando apenas o que o mesmo quer, quando quer e nas quantidades que quer indo de encontro à filosofia JIT, um dos pilares do TPS. Este sistema tem assim como principal objetivo reduzir os desperdícios *muda*, por forma a aumentar o lucro e consequentemente a quota de mercado (Thürer, *et al.*, 2017).

É um sistema simples, de fácil implementação e requer um baixo investimento, permitindo de forma eficaz controlar níveis de stock, inventário, produção bem como do abastecimento às linhas de produção (Gross & Mcinnis, 2003).

Esta ferramenta caracteriza-se como sendo uma forma de manufatura *pull*, onde cada trabalho é puxado pela operação seguinte assim que termina a anterior permitindo reduzir o WIP e consequentemente os custos de inventário. Sabaghi, *et al.*, (2015) sendo assim uma alternativa ao planeamento da produção semanal ou diário usando sistemas *push* como *Material Requirement Planing* (MRP) que será abordado mais à frente.

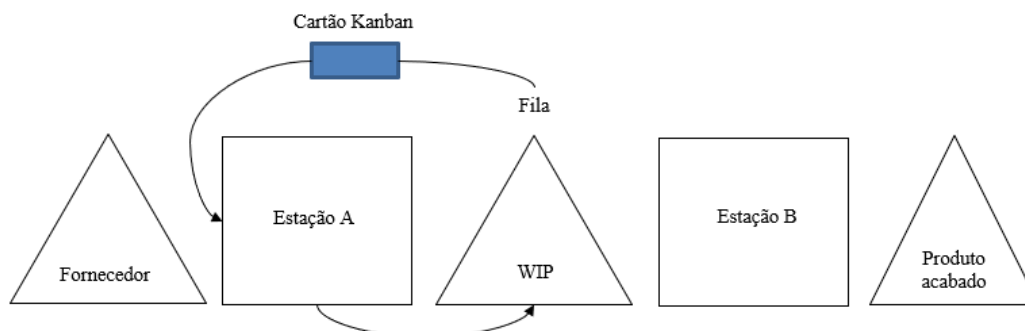


Figura 2 – Sistema *Kanban* tradicional (Adaptado de Thürer, *et al.*, 2017)

2.3.1.1. Sistema Kanban

Sendo o *kanban* o designado sinal ou cartão, a integração dos seus diferentes tipos tendo em conta as suas variadas funções é designado por Thüerer, *et al.*, (2017) como o sistema *Kanban*. Já Mao, *et al.*, (2014) considera ainda que podem ser identificados três tipos de *kanban* neste sistema tais como:

- *Kanban* de transporte – autoriza a movimentação das peças de um fornecedor para um cliente, esta movimentação pode ser interna (entre estações de trabalho), movimentação de matéria prima comprada a um fornecedor externo ou movimentação de produto acabado autorizando a saída do produto para um cliente externo.
- *Kanban* de produção – autoriza a realização da tarefa designada no cartão, bem como a quantidade de peças a realizar.
- *Kanban* especial – usado para produções de pequenas quantidades ou produtos temporários.

Segundo Ohno, (2014), o sistema *Kanban* deve obedecer a um conjunto de regras na sua aplicação:

- O processo seguinte tem a obrigação de recolher o material trabalhado no processo a montante por forma a manter o fluxo.
- O processo a montante deve produzir apenas a quantidade requerida pelo processo a jusante, visando assim a redução de *WIP*.
- É proibido mover ou produzir peças que não estejam acompanhadas de um *kanban*.
- Qualquer peça ou conjunto de peças devem estar acompanhadas de um cartão *kanban*, apesar de parecer uma repetição da regra anterior, esta tem a particularidade de assegurar que um *kanban* não é usado mais que uma vez.
- Deve-se procurar que o produto final tenha zero defeitos. Para que o sistema funcione corretamente, a qualidade é extremamente importante ora se existem processos onde há rejeição de peças, é necessário produzir uma quantidade superior a montante tendo em vista a possível rejeição de modo a não comprometer as quantidades requeridas a jusante.

- O número de *kanbans* deve ser o mais reduzido possível, esta regra vai de encontro ao objetivo do sistema *kanban*, que é de reduzir a quantidade de WIP.

2.3.1.2. Formas de sinais Kanban

A filosofia Kanban assenta na transmissão de sinais, estes sinais podem apresentar variadas formas sendo o cartão o mais tradicional, (Gross & Mcinnis, 2003) Gross 2003 apresentam assim as seguintes formas:

2.3.1.2.1. Cartão

É designada como a forma mais usada e tradicional no uso da filosofia Kanban. Caracteriza-se por ser uma solução de baixo investimento, simples e eficaz no controlo da produção. Deve conter toda a informação indispensável, da forma mais simples possível facilitando a sua interpretação.

O cartão *Kanban* deve assim conter algumas das seguintes informações (Ohno 1988):

- Processo a montante.
- Processo a jusante.
- Descrição da peça.
- Referência da peça.
- Capacidade do contentor.

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
Ohashi Iron Works	Item No. 53018-60011	Identification Assembly No. 2
	Item Name RÓD 5/ANY RADIATOR PRESS LH	Used in FJ Car Type (2)
Store Shelf no. 1-BOTTOM	21	50
	Parts-ordering Kanban	

Figura 3 – Exemplo de um cartão *Kanban* Ohno, (2014)

2.3.1.2.2. Look-See

É um sistema *kanban* por controlo visual, pode assumir várias formas, sendo exemplo o contentor vazio. a presença do mesmo é suficiente para que se despolete um sinal de reposição enchendo novamente o contentor, isto permite que o operador de forma rápida consiga saber quando deve abastecer ou mandar produzir certa peça ou componente. Outra forma é a presença de marcas no chão por forma a sinalizar quando um determinado item deve ser repostado a não presença do mesmo no local destinado indica que o mesmo foi consumido, despoletando assim a sua reposição.

2.3.1.2.3. Quadro Kanban

Trata-se de uma variação do cartão *kanban* com a particularidade de em vez de cartões recorre a ímanes, fichas de plástico, anilhas entre outros para transmitir o sinal. O quadro é uma representação dos fluxos de materiais e informação que ocorrem entre processos, assim que haja um movimento, este mesmo é representado no quadro através da movimentação do sinalizador referente. Desta forma é possível obter uma visão mais ampla do sistema sem ter de visitar constantemente o terreno para avaliar o ponto de situação dos *kanban*.

2.3.1.2.4. Kanban eletrónico (e-Kanban)

Este sistema é em tudo semelhante ao sistema de cartões, a principal diferença é que gera sinais de forma automática conforme as necessidades do cliente, estes sinais são transmitidos a toda a cadeia de fornecedores de forma instantânea. É um sistema com uma implementação mais complexa uma vez que tem de ser desenvolvido especificamente para cada caso, implicando assim um investimento maior. As grandes vantagens são uma maior rapidez na troca de informação e uma vez que não recorre a cartões físicos, não se corre o risco de perda dos mesmos.

2.3.1.3. Dimensionamento do Sistema Kanban

Huang & Kusiak (1996) defendem que o número de *Kanbans* deve ser determinado tendo em conta a quantidade de inventário e é crucial encontrar um número de *Kanbans* correto por forma a minimizar o WIP sem que haja quebras de stock. Desta forma os autores apresentam o cálculo baseado na seguinte fórmula:

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

K – Número de Kanbans

D – Consumo médio do cliente por unidade de tempo

L – Lead Time (Tempo de espera + Tempo de processamento)

α – Fator de segurança

C – Capacidade do contentor

O número de contentores/cartões *Kanban* inicial muitas vezes é superior ao ideal, através de uma monitorização contínua do sistema as empresas tendem a ir reduzindo este número ao mesmo tempo que garantem a não ocorrência de roturas de stock, a diminuição progressiva do número de *Kanbans* é considerada fundamental por Ohno, (2014) para conseguir o objetivo de redução de WIP.

2.3.2. MRP - Material Requirements Planning

O MRP é uma ferramenta que visa a gestão da procura dependente (Toomey, 1996). Esta gestão é realizada tendo em conta o Master Production Schedule (MPS), as *bill of materials* (BOM) bem como os registos do estado do inventário (Kumar & Suresh, 2008).

Com estes inputs, o sistema MRP tem como principal objetivo identificar matérias primas e ou componentes necessários para a produção de determinado produto bem como as quantidades e as datas em que devem estar preparados para realizar a sua fabricação, colocando ordens de compra caso não existam as quantidades necessárias, ou ordens de reserva, caso existam em armazém. Para um correto funcionamento deste sistema tem de haver uma sinergia entre os vários departamentos, tais como produção, planeamento e compras por forma a que todos os inputs e outputs sejam tratados corretamente, garantindo o que é necessário, na quantidade necessária e no momento certo (Toomey, 1996).

Kumar & Suresh, (2008) defendem que o sistema MRP através do processamento computacional dos três inputs referidos permite gerar outros três tipos de informação, em que para cada componente do produto final são libertadas ordens de fabrico e ou ordens de compra, reagendamento de ordens, e planeamento de ordens futuras.

Já Pinto, (2010) defende que o sistema MRP tem como principal objetivo eliminar a possibilidade de rotura de materiais necessários à produção de um bem ou produto final calculando necessidades de fabrico ou de compra garantindo que os prazos de fabrico e datas de entrega sejam cumpridos.

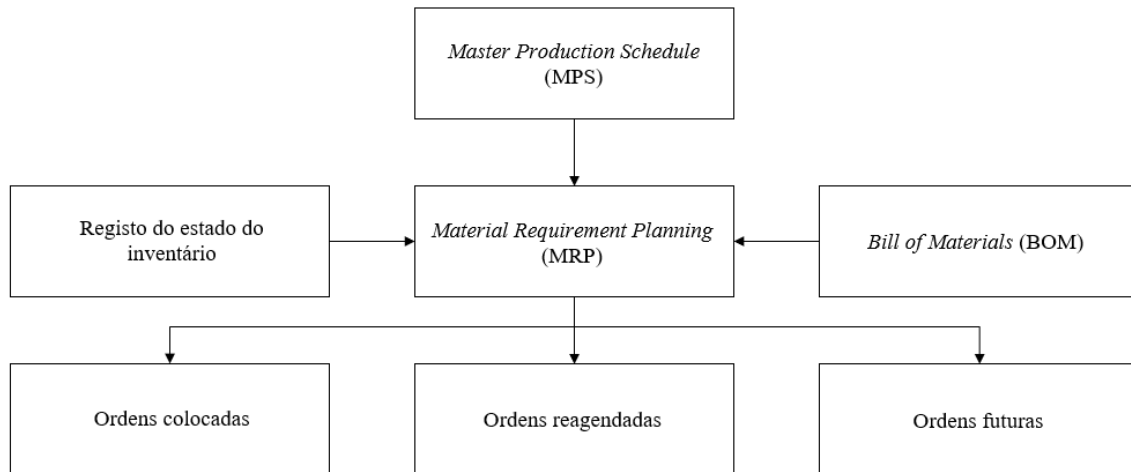


Figura 4 – Sistema MRP (Adaptado de Kumar & Suresh, (2008))

2.3.2.1. MPS – Master Production Schedule

Kumar & Suresh, (2008) defendem que o MPS tem o propósito de desagregar os produtos finais que a empresa produz nas diferentes necessidades e visa indicar quando devem ser produzidos e em que quantidades. Este sistema tem como base as encomendas colocadas pelos clientes bem como das previsões de procura, o sistema MRP traduz estas necessidades em ordens de componentes específicos para a produção de determinado produto final na data prevista. Já Toomey, (1996) refere que o MPS aciona o MRP referenciando uma lista de materiais (BOM) e um registo de inventário por forma a que sejam geradas as ordens referidas.

2.3.2.2. BOM – *Bill of Materials*

A BOM é uma lista de todas as peças que necessitam de ser fabricadas para produzir um produto final, nesta lista terão de ser identificados todos os subcomponentes necessários, a sua sequência de montagem ou produção bem como a quantidade para cada unidade de produto acabado e que recursos serão utilizados na sua produção. Estas

informações estão presentes nos documentos de *design* do produto, análises do fluxo de produção e outros indicadores produtivos (Kumar & Suresh, 2008).

2.3.2.3. Registo do estado do inventário

Para que se possa realizar o planeamento da produção é imperativo ter um registo de inventário onde possa ser consultada a informação relativa às quantidades disponíveis, necessidades brutas, recebimentos agendados e artigos reservados. Este ficheiro terá também de ter registo de tamanhos de lote, *lead times*, níveis de stock de segurança assim como níveis de sucata (Kumar & Suresh, 2008).

3. CASO DE ESTUDO

No presente capítulo será feita uma descrição do problema a tratar nesta dissertação. Esta descrição passará por uma breve apresentação da empresa, o seu processo produtivo assim como o retrato do sistema atual de controlo e planeamento da produção da MIL.

3.1. Miranda & Irmão, Lda.

A Miranda & Irmão Lda, (também conhecida pelo acrónimo MIL), é uma empresa familiar estabelecida em 1950 que se dedica à produção de acessórios para o mercado das duas e quatro rodas.

Sediada na cidade de Águeda, distrito de Aveiro, a MIL começou por fabricar em 1950, Faróis, Farolins, e Bombas de Ar, tendo-se desenvolvido rapidamente nas décadas de 60/70 aumentando a sua área de produção, passando a produzir também Punhos, Taquímetros, Comutadores, Claxons, etc; procurando corresponder ao mercado nacional da motocicleta, então em franca expansão.

Em 1978, a empresa criou uma unidade fabril especializada na injeção de plástico, por forma a satisfazer as suas próprias necessidades internas e alargando a sua produção ao material de refletorização. Já na década de 90 expande a sua produção passando a incluir produtos destinados aos sistemas de travagem tais como manetes e calços de travão.

Em 1995, com o intuito de responder às alterações do mercado, foi feito um investimento em I&D sobre sistemas de travagem e pedaleiras para bicicleta levando a que em 2000 tivesse sido instalado equipamento e tecnologia de alumínio forjado a frio, permitindo a produção destes novos produtos neste tipo de material mais leve e resistente.

O forte investimento em I&D permitiu o desenvolvimento de novos produtos e serviços promovendo a conquista de mercados de gama média/alta do setor de componentes e acessórios para bicicletas, aumentando o nível de exportações, reforçando a cada ano o seu estatuto de fabricante de qualidade e parceiro de confiança.

A exportação representa 75% do volume de negócios, fornecendo fabricantes europeus de bicicleta de referência, sendo que os restantes 25% dos clientes nacionais têm

origem estrangeira, contribuindo assim para o peso de Portugal no mercado europeu de bicicletas.

Recentemente tem sido feito um investimento em produtos tecnologicamente mais avançados visando manter a forte presença no mercado em forte expansão das E-Bike bem como nos restantes tipos de bicicletas oferecendo produtos inovadores e de grande qualidade.

A MIL possui desde 1997 um Sistema de Gestão da Qualidade certificado de acordo com a NP EN ISO 9001:2008.

Em 2015 obteve a Carta de Conformidade segundo a ISO/TS 16949:2009 no âmbito dos refletores para a indústria automóvel.

Em 2016 iniciou a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental de acordo com a NP EN ISO 14001:2015 cuja certificação obteve em 2017.

Em 2018, foi realizada a transição para os referenciais normativos ISO9001:2015, ISO14001:2015 e IATF16949:2016.

3.2. Processos e organização da MIL

Quanto à organização da empresa, esta está estruturada em 2 unidades distintas, a unidade dos plásticos, onde são produzidas todas as peças plásticas da empresa tais como proteções de corrente, alavancas de travão, entre outros, nesta unidade é também realizada a montagem de todos os sistemas de travagem oferecidos pela MIL.

A segunda e principal unidade da MIL está organizada em vários setores, a forjagem de alumínio a frio onde são conformadas peças como cranques, coroas de forqueta, *dropouts*, *pattes* entre outros produtos, o setor das prensas realiza operações de curvar, datar entre outras, neste setor estão englobados os equipamentos de tratamento térmico, polissagem e vibração. Já o setor dos tornos é onde se realiza o corte e torneamento de rodas, eixos entre outros, no setor dos CNC são maquinadas as peças produzidas nos processos anteriores, já na roscagem são feitas as operações de roscar os furos previamente vazados em peças como *cranques* e *pattes*. A MIL possui também uma linha de pintura onde são pintados a maioria dos produtos produzidos, já no setor da tampografia são realizadas as gravações, serigraficamente ou a laser em produtos como rodas, cranques, proteções entre

outros, por fim encontra-se o setor da montagem e cravação de pedaleiras assim como a área dedicada à expedição.

3.3. Organigrama

A MIL possui uma estrutura organizacional dividida em seis departamentos que se encontra esquematizada na Figura 5.

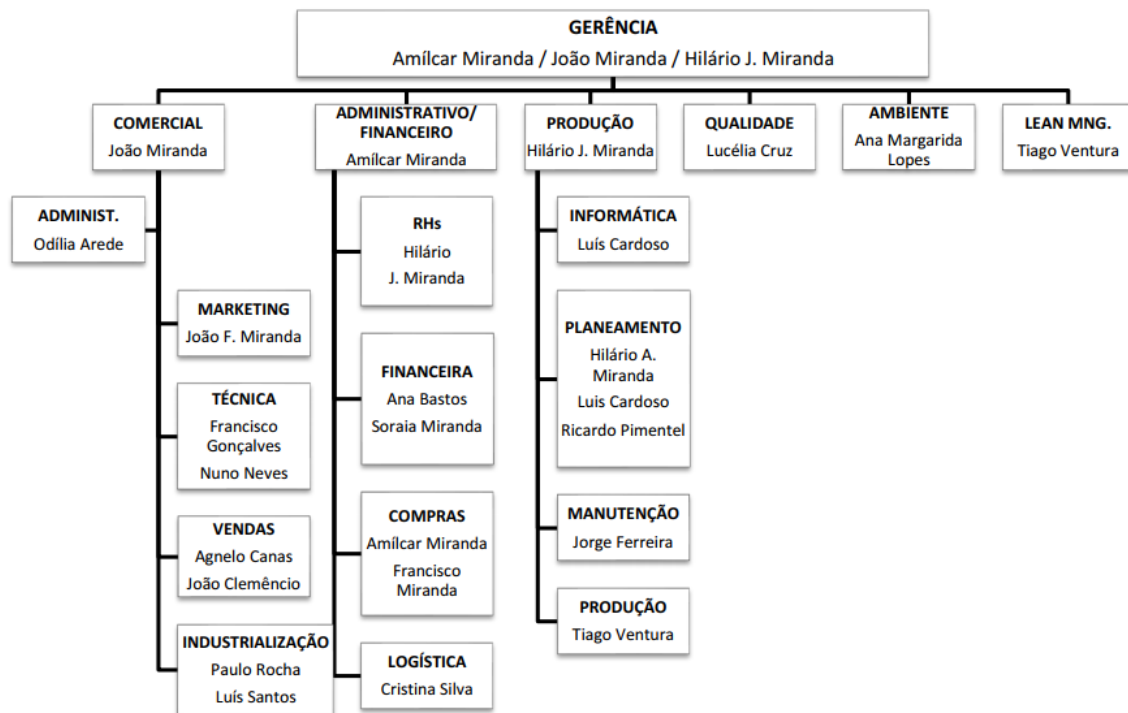


Figura 5 - Organigrama Miranda & Irmão Lda.

Fonte: (MIL, 2021)

3.4. Fluxo de produção analisado

A MIL caracteriza-se por ser uma empresa em que um dos seus principais objetivos é cumprir as necessidades dos clientes desenvolvendo produtos à sua medida e com grande nível de personalização. Decorrentes deste facto, não há propriamente um fluxo de produção único e bem delineado, não sendo estanque, mas sim adaptado aos produtos que fazem parte da procura.

O fluxo de produção analisado trata-se da linha de produção das pedaleiras sem tampografia. Este fluxo representa a grande maioria da produção da MIL, pois a maioria das pedaleiras produzidas é composta por um cranque direito e um cranque esquerdo produzidos internamente, e o terceiro componente trata-se da roda dentada que em alguns casos pode ser produzida internamente ou adquirida a fornecedores.

Os cranques de alumínio representam aproximadamente 80% da produção da MIL. Esta produção inicia-se no setor da forjagem de alumínio a frio, onde se realiza a conformação da peça por estampagem nas prensas de impacto. A MIL possui neste momento 4 células de prensas de impacto, com diferentes capacidades, sendo cada uma indicada para diferentes tamanhos de secção de varão de alumínio. Este processo inicia-se com a introdução dos varões de alumínio (liga 6061, com tamanho de secção de 25mm). Numa primeira fase estes são cortados no serrote seguindo para um indutor que aquece a barra preparando-a para o impacto, realizando três pancadas para conformar a peça. Uma vez conformada, é realizado um banho por forma a obter um primeiro choque térmico e conferir a especificação de dureza T4 à peça. Este processo tem um lead time de 1 dia produzindo aproximadamente 9000 peças. Esta quantidade é também considerada a quantidade de lote económico, sendo que a quantidade a produzir é ajustada tendo em conta outros fatores como picos de encomenda, tempo de abertura (período de tempo em que a máquina está pronta ao nível do *setup* para produzir determinada referência, este tempo deve ser cuidadosamente pensado devido aos altos tempos de *setup* de forma a otimizar a produção) e disponibilidade da máquina.

Uma vez conformada, a peça segue para o setor das prensas onde numa das prensas hidráulicas é vazado o furo do pedal seguindo para outra onde é vazado o furo da interface, sendo este posteriormente escareado numa máquina de furar. Após esta operação, os cranques são datados numa prensa hidráulica onde é indicada a semana e o ano de produção assim como a orientação da rosca do pedal. Neste setor, a MIL possui uma capacidade instalada de 12 mil peças por dia.

Seguidamente as peças são colocadas em cestos para a estação de tratamento térmico por forma a realizarem um último tratamento de dureza nas duas estufas que a MIL possui. Este processo permite conferir as propriedades de dureza e tenacidade pretendidas, obtendo neste processo a especificação T6. Em relação à capacidade instalada, é possível realizar quatro cargas diárias uma vez que cada uma necessita de 12h para completar o

processo, cada carga trata termicamente 2700 cranques, tendo assim uma capacidade instalada diária de 10800 cranques por dia.

Antes dos cranques serem roscados, e para que não haja danos nas roscas, é realizado o polimento vibratório com o objetivo de eliminar rebarbas e conferir uma superfície ideal para a aplicação da pintura. Existem seis polidores vibratórios para o efeito. Visto que este processo tem uma duração de 2h com capacidade para aproximadamente 800 peças, conclui-se que existe uma capacidade instalada de 57 600 cranques por dia. Este processo não é crítico uma vez que se trata de uma operação rápida e com uma grande capacidade instalada.

Segue-se a roscagem dos dois furos do cranque, para este processo, a MIL possui três bases disponíveis com uma capacidade de 200 cranques por hora cada uma, resultando numa capacidade diária de 14400 cranques por dia.

Uma vez roscada, a peça segue para a estação de pintura que possui uma capacidade instalada de 27500 peças por dia. Por fim realiza-se a cravação do cranque direito com a roda dentada, bem como da embalagem desta montagem juntamente com o cranque esquerdo em caixas de 10 unidades destes conjuntos, sendo organizadas em paletes com a quantidade pretendida pelo cliente, ou no máximo de 400 caixas por palete. A capacidade instalada desta linha é de 1800 pedaleiras por dia.

Na Figura 6 podem ser observados exemplos de uma roda simples, um cranque direito para cravação, um cranque direito assim como a roda cravada no cranque direito.



Figura 6 - Roda dentada, cranque direito, cranque esquerdo e roda cravada no cranque direito.

3.5. Sistema atual de controlo e planeamento da produção

A MIL tal como muitas outras empresas utiliza um software de gestão empresarial baseado na estratégia *push*. Este sistema usa o MRP onde o responsável, tendo em conta as encomendas e com a ajuda do software gera uma lista de necessidades e ordens de fabrico (OF) visando satisfazer essas mesmas encomendas.

A OF contém toda a informação relativa à produção de uma dada peça, desde a identificação do artigo a produzir, bem como a quantidade necessária. É apresentada também a gama operatória onde constam todas as operações a realizar e os recursos necessários para a conclusão da mesma sendo ainda exibida uma data prevista de fabrico.

Com esta informação gerada pelo MRP, o responsável de planeamento elabora um sequenciamento da produção recorrendo a folhas de cálculo elaborando planos semanais para cada setor, tentando otimizar recursos e utilização das máquinas disponíveis. Este sequenciamento é feito de uma forma empírica e sem recorrer à opção de planeamento e sequenciamento da produção que o sistema MRP oferece. A motivação para este facto é o elevado tempo necessário para que o sistema retorne um planeamento ótimo. Por conseguinte, a tarefa do planeador torna-se assim exaustiva devido à grande quantidade de OFs que o sistema gera e à necessidade de serem planeadas nos diferentes setores.

Este sistema acarreta assim alguns problemas tais como lead-times irrealistas e lotes fixos. Os lead-times estão muitas vezes incorretos ou muito distantes da realidade devido ao facto de a MIL possuir uma vasta gama de produtos tornando-se difícil parametrizar todos os dados de forma correta, levando a que o planeador de forma empírica considere que o lead time para a produção da pedaleira em causa seja de uma semana.

Quanto aos lotes e como referido anteriormente, a MIL utiliza uma estratégia MTS até à operação de vibração, pelo que a quantidade de peças a forjar é decidida empiricamente pelo planeador tendo em conta dados como lote económico, disponibilidade da máquina e necessidades para satisfazer encomendas, sendo necessário garantir material forjado pelo menos uma semana antes da data da encomenda tendo em conta o lead time. Esta forma empírica de controlo e planeamento da produção leva a uma carga excessiva de trabalho, podendo originar erros uma vez que estas decisões não são tomadas com uma base

sólida de dados parametrizados nem recorrendo a ferramentas de otimização do planeamento. A elaboração dos planos é feita semanalmente para todos os setores, mas implica uma constante atualização e supervisionamento do planeador,

Quanto ao processo de roscagem e seguintes, a MIL utiliza uma estratégia de produção MTO com lotes fixos de onde são geradas OFs de 3008 unidades para a roscagem, e 3000 unidades para a pintura. Esta diferença de 8 unidades é explicada pelo ajuste de quantidade à gamela. Quanto à cravação e embalagem, as quantidades são definidas de acordo com as encomendas. Esta produção com lotes fixos leva por vezes a uma produção em excesso, ocorrendo desperdício de excesso de inventário, uso desnecessário de equipamentos e mão de obra assim como excesso de espaço utilizado. Estes desperdícios associados à sobrecarga do planeador são os principais pontos a ter em conta no sistema.

4. INTEGRAÇÃO DO SISTEMA KANBAN

Através da análise do processo produtivo bem como do processo de planeamento e sequenciamento da produção foram identificados alguns desperdícios, ineficiências do fluxo produtivo bem como dificuldades no planeamento.

Neste capítulo será então apresentada uma otimização do sistema, procurando integrar o *kanban* no sistema MRP existente.

4.1. Seleção do processo produtivo

Uma vez identificada esta dificuldade de planeamento, e em conjunto com o responsável deste departamento, chegou-se á conclusão que seria benéfico atuar numa linha existente dedicada a um único produto exclusivo para um único cliente. O produto em estudo representa um grande volume de vendas e pelo facto de ser produzido em grandes quantidades e não possuindo personalização a implementação do sistema *Kanban* poderá trazer vantagens no controlo das quantidades de WIP, reduzindo as quantidades de stock, garantir a não ocorrência de roturas de stock assim como libertar o planeador para outras tarefas.

O sucesso deste projeto poderá ser o início de uma implementação mais vasta a outros produtos de grande volume, baixa personalização e gama operatória bem definida que a MIL possui.

O produto identificado trata-se de uma pedaleira composta por um cranque esquerdo e um cranque direito que é cravado numa roda, ambos os cranques são produzidos internamente seguindo o processo produtivo descrito, já a roda é um produto adquirido, para esta pedaleira a única personalização existente é a possibilidade de ser montada com uma roda de 32 ou 30 dentes. Na figura 7 podemos verificar o produto final, o cranque direito cravado numa roda de 30 dentes assim como o cranque esquerdo.



Figura 7 - Pedaleira com roda de 30 dentes

4.2. Recolha e análise de dados

Através da observação e avaliação do estado atual do processo produtivo foram encontradas oportunidades de melhoria. Em conjunto com o responsável do planeamento, foi feita uma recolha de dados utilizando os ficheiros de apoio ao planeamento, mapa de encomendas assim como as necessidades teóricas geradas pelo sistema MRP da empresa. Que através de uma base de dados e recorrendo a dados históricos elabora uma lista conjunta de encomendas colocadas assim como previsões de encomendas para um dado período.

Baseado nas encomendas colocadas para o ano corrente assim como nas previsões geradas tendo em conta o algoritmo do sistema MRP, é prevista a produção de 317000 pedaleiras no presente ano resultando numa procura média de aproximadamente 6750 pedaleiras por semana uma vez que a expedição é realizada semanalmente em 47 das 52 semanas anuais na MIL.

As operações mais críticas deste processo estão identificadas e tratam-se das operações onde a MIL utiliza uma estratégia de produção MTO: operações de roscagem, pintura e cravação/embalagem do material. Já as operações a montante são realizadas com a estratégia MTS por forma a enquadrar da melhor forma a operação de forjagem do alumínio,

operação esta que é caracterizada por ter lotes elevados. Esta caracteriza-se por ser uma operação com um longo lead time quando comparada a outras, e pelo facto de ter de dar resposta à produção de todos variados modelos de cranques, *dropouts*, *pattes*, alavancas de travão, entre outros produtos forjados na MIL. Uma vez que a forjagem de um tipo de cranque pode originar vários produtos finais uma vez que a diferenciação se encontra maioritariamente no tipo de rosca, tipo de pintura ou tipo de tampografia. A presença de elevados níveis de stock nesta fase não é um problema para a MIL.

Já a jusante, é a partir da operação de roscagem que há uma ramificação de produtos e estes se tornam específicos para cada encomenda, forçando o uso da estratégia MTO para satisfazer os pedidos dos clientes. Quanto à pedaleira em estudo trata-se de uma exceção por ser um produto com um elevado volume de vendas quando comparado com outros produtos da qual são feitas encomendas pontuais.

Uma vez identificadas as operações críticas começou-se por estudar em detalhe as mesmas.

4.2.1. Operação de Pintura

Por forma a satisfazer as encomendas, o sistema MRP gera ordens de fabrico de pintura com lote fixo de 3000 peças. Esta quantidade não é flexível e adaptada às encomendas colocadas. É explicada apenas devido ao facto desta quantidade ser a moda presente nas encomendas colocadas pelo cliente como pode ser verificado em anexo. Para encomendas com valores diferentes desta quantidade serão sempre geradas OFs de múltiplos de 3000 originando excesso de WIP. Este problema tem sido minimizado através do planeamento de interrupções da realização de determinada OF. Estas interrupções levam a um esforço acrescido de planeamento e por vezes a ocorrência de erros.

A utilização do *Kanban* prevê uma produção ininterrupta, dando uma maior autonomia aos colaboradores para gerirem o trabalho, reduzindo o WIP e facilitando a tarefa de planeamento.

Através da observação da tabela 2 podemos verificar uma discrepância entre o tamanho do lote e a procura diária. O lead time é calculado tendo por base a capacidade de 25000 peças por dia (baseado em histórico de produção). Para efeitos de planeamento o lead time considerado pelo planeamento é de 1 dia, muito superior ao tempo de processamento indicado.

Tabela 2 - Dados Operação de pintura

Produto	Procura/Dia (Peças)	Tamanho de lote atual	Tempo de processamento	Nº de paletes por lote atual
Cranque direito	1350	3000	0,12	2
Cranque esquerdo	1350	3000	0,12	2

4.2.2. Operação de roscagem

Uma vez que se considera que o cliente da roscagem é a pintura, o MRP gera OFs de roscagem de 3008 peças. Esta discrepância deve-se à adaptação à gamela uma vez que cada gamela contém 64 cranques. Estas gamelas são colocadas em carros contendo 12 gamelas, e os carros são então dispostos em filas contendo cada uma um espaço para 4 carros.

Trabalhando a 3 turnos e tendo em conta dados fornecidos pela MIL relativos a históricos de produção, a produção real diária é de 12315 cranques.

Esta operação apresenta semelhanças com a operação de pintura, ao nível do lote ser desajustado e por outro lado, o lead time nesta operação e uma vez que não possui tantas restrições de setup como a operação anterior, é considerado de meio dia. Os dados encontram-se assim sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados Operação de roscagem

Produto	Procura/Dia (Peças)	Tamanho de lote atual	Tempo de processamento	Nº de carros lote atual
Cranque direito	1350	3008	0,24	4
Cranque esquerdo	1350	3008	0,24	4

Através da recolha de dados foi possível identificar alguns alvos de melhoria e que se pretendem ser aplicados no processo, são eles:

- Redução dos tamanhos de lote;
- Redução do WIP;
- Trabalho em fluxo;
- Otimização do processo de planeamento;
- Eliminação de roturas de stock.

4.3. Dimensionamento da proposta

Uma vez realizada a recolha e análise dos dados do sistema é necessário realizar o dimensionamento do *Kanban*. Este dimensionamento requer a definição das quantidades por contentor, a determinação do stock de segurança assim como a quantidade de cartões *Kanban* em circulação.

4.3.1. Operação de pintura

Para facilitar o transporte e armazenamento das peças a definição da capacidade será realizada para uma paleta. Uma vez que cada paleta possui 24 gamelas contendo 100 cranques. A definição de um cartão *kanban* para cada gamela levaria a um excesso de cartões em circulação podendo haver perdas ou má colocação dos mesmos resultando em falhas em todo o sistema.

Tabela 4 - Capacidade de cada paleta de produto pintado

Produto	Peças/gamela	Peças/Palette
Cranque direito	100	2400
Cranque esquerdo	100	2400

Uma vez que as quantidades de peças por cada paleta apresentadas na Tabela 4 já são usadas pela empresa e já possuem um dimensionamento otimizado, não foram realizadas alterações, já que as melhorias adjacentes a esta mudança não teriam impacto no sistema *Kanban* a implementar.

A definição do *stock* de segurança tem de acautelar alguns fatores tais como problemas de produção, mudanças de *setup* entre outras. Neste ponto decidiu-se ter um stock de segurança que satisfizesse uma vez e meia a procura diária. Desta forma garante-se uma paragem da linha de um dia para pintura de *pattes* que implica a mudança das suspensões de pintura. Devido ao facto deste tempo de *setup* ser elevado, a produção é otimizada realizando grandes quantidades deste tipo de produto.

Numa primeira fase este *stock* de segurança é ainda bastante conservador devendo ser diminuído após a implementação do sistema e numa altura em que se possuam mais dados acerca do seu funcionamento tais como níveis de WIP ou roturas de stock.

Uma vez definido o *stock* de segurança assim como a capacidade de cada palete, estão reunidas as condições para definir a quantidade de cartões em circulação para cada cranque. O resultado deste cálculo é arredondado por excesso podendo posteriormente ser reduzido através de melhorias ou otimizações do sistema. Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se sintetizados os dados relativos ao cálculo do número de cartões *Kanban* para as duas referências em estudo.

Tabela 5 - Dimensionamento *Kanban* cranque direito (pintura)

Cranque direito	
Consumo médio do cliente (D)	1350
Lead Time (L)	1
Fator de Segurança ($1+\alpha$)	1,75
Capacidade da paleta (C)	2400
Número de cartões <i>Kanban</i> (K)	1

Tabela 6 – Dimensionamento *Kanban* cranque esquerdo (pintura)

Cranque esquerdo	
Consumo médio do cliente (D)	1350
Lead Time (L)	1
Fator de Segurança ($1+\alpha$)	1,75
Capacidade da paleta (C)	2400
Número de cartões <i>Kanban</i> (K)	1

4.3.2. Operação de Roscagem

Pelo facto de para esta operação já estarem definidos locais para a colocação de produto roscado, a definição da capacidade do contentor será ao carro, contendo assim cada carro 768 peças distribuídas em 12 gamelas. Uma vez roscado o cranque é colocado numa gamela com 64 peças sendo as gamelas colocadas em carros dispostos em filas assinaladas do chão. A alteração da quantidade por gamela ou a implementação de outro tipo de contentores tornar-se-ia um processo dispendioso e assim como para a operação de pintura, não traria benefícios evidentes. O acondicionamento das peças é então apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Capacidade de cada carro de produto roscado

Produto	Peças/gamela	Peças/Carro
Cranque direito	64	768
Cranque esquerdo	64	768

A definição do stock de segurança entre a pintura e a roscagem tem apenas de garantir um dia de produção uma vez que o material depois de roscado é colocado em filas no bordo de linha da pintura tal como descrito acima. Ao contrário da pintura, a roscagem tem bases dedicadas em contínuo para roscar cranques, daqui resulta que a definição do stock de segurança seja inferior.

Tendo em conta os dados recolhidos podemos definir uma quantidade de cartões Kanban usando o mesmo raciocínio para a operação de pintura. Nas Tabelas 8 e 9 podem ser consultados os dados relativos aos *Kanban* de roscagem para os dois cranques em estudo.

Tabela 8 - Dimensionamento *Kanban* cranque direito (roscagem)

Cranque direito	
Consumo médio do cliente (D)	2400
Lead Time (L)	0,5
Fator de Segurança (1+ α)	1,5
Capacidade da paleta (C)	768
Número de cartões Kanban (K)	3

Tabela 9 - Dimensionamento *Kanban* cranque esquerdo (roscagem)

Cranque esquerdo	
Consumo médio do cliente (D)	2400
Lead Time (L)	0,5
Fator de Segurança (1+ α)	1,5
Capacidade da paleta (C)	768
Número de cartões Kanban (K)	3

4.4. Design do cartão *Kanban*

O design do cartão *kanban* foi desenvolvido com a adaptação de um modelo de cartão usado anteriormente na MIL. Tal como referido anteriormente o cartão *Kanban* deve conter um conjunto de informações que estão presentes no design são elas:

- A quantidade de peças por palete;
- A origem da peça;
- Destino da peça;
- O tipo de contentor;
- Informação sobre o acondicionamento (gamelas/paleta e peças/gamela);
- Designação do produto;
- Código interno do produto.

QUANTIDADE 2400			
	TIPO DE CONTENTOR PALETE	GAMELAS/PALETE 24	PEÇAS/GAMELA 100
ORIGEM PINTURA	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO Cr Btwin 175Q:18.8 Jis-G Dir Rosc-D Pr mate		
DESTINO CRAVAÇÃO	CÓDIGO PRODUTO CH01AGDDT17000000000		

Figura 8 - Design do cartão *Kanban* para o cranque direito pintado

4.5. Implementação do sistema *Kanban*

Uma vez apresentada a forma como se pretende implementar o sistema assim como analisados os dados relativos ao processo produtivo em estudo, segue-se a fase de implementação do sistema *Kanban*. à data de submissão desta dissertação ainda se encontra em fase de implementação. Assim sendo neste subcapítulo irá ser descrita a forma como será implementado o projeto.

4.5.1. Formação dos intervenientes

Tratando-se de uma mudança no sistema produtivo, é imperativo transmitir claramente aos colaboradores o que se pretende com a mesma, por forma a que todos os intervenientes conheçam as suas funções, como devem agir e reagir de forma rápida e fluida. Este ponto tem assim como objetivos clarificar todo o projeto, apresentando os fluxos de informação e de produtos pretendidos, tais como os locais onde devem ser colocados e dispostos os contentores (carrinhos/paletes) e como devem ser transmitidos os sinais *Kanban*. Foi também apresentado todo o sistema, o seu funcionamento assim como as regras associadas ao mesmo.

4.5.2. Regras do Sistema *Kanban*

Como apresentado no capítulo 2 a implementação de um sistema *Kanban* deve obedecer a um conjunto de regras sendo neste caso as seguintes:

- Uma vez recebido o cartão *Kanban*, o processo em causa deve recolher o material disponível para efetuar a operação indicada;
- A produção a realizar deve cingir-se à quantidade identificada no cartão *Kanban* e nenhum item deve ser produzido sem a sua autorização;
- Todo e qualquer contentor deve estar identificado com o cartão *Kanban* assim como a guia interna do material;
- O método FIFO deve ser adotado para o fluxo de materiais.

A produção nestas três operações é realizada baseada num plano elaborado para cada secção (roscagem, pintura, montagem de pedaleiras). a quantidade realizada é registada no sistema tendo em conta a OF presente no plano. Uma vez realizada a quantidade pedida, o operador regista na seguinte as peças realizadas. Com a implementação do sistema *Kanban*, numa primeira fase a quantidade gerada pelas OFs manter-se à inalterada, pois a diferença prende-se pela retirada destas OFs dos planos semanais, deixando que os colaboradores tenham uma maior autonomia indo ao encontro à filosofia *JIDOKA*. É então fornecida uma lista de OFs semanais para que possa ser registada a produção.

O fornecimento das rodas à cravação/montagem realizar-se à com uma estratégia *look-see*. o fornecedor entrega em paletes de 2400 rodas, e as mesmas são fornecidas à produção pelo fiel de armazém no momento do fornecimento diário do supermercado. Este

verifica a presença ou não da paleta no local, sendo que a não presença indica que esta foi movida para o bordo de linha, despoletando assim um sinal de reposição.

4.6. Análise de resultados

A implementação deste sistema tinha como objetivos reduzir o excesso de stock, evitar roturas de stock assim como reduzir a tarefa de planeamento. Uma vez que o projeto ainda se encontra em fase de implementação, ainda não é possível retirar um conjunto robusto de dados que comprovem o sucesso desta implementação. Por outro lado, analisando o projeto é possível prever alguns benefícios desta implementação.

Atualmente, a quantidade de cranques direitos roscados é de 3093 e 3034 esquerdos, com a implementação do sistema e cumpridas todas as regras do mesmo, esta quantidade de *stock* não poderá ultrapassar as 2304 unidades, uma vez que estarão em circulação 3 cartões *Kanban*. Esta diminuição traduzir-se-á na redução de 4 a 6 carrinhos para as duas referências na operação de roscagem. Esta redução traduz se num ganho, ainda que marginal, de espaço podendo ser utilizado para a colocação de outras referências. A redução de aproximadamente 700 unidades de cranques roscados traduz-se numa poupança de aproximadamente 1h e 10 minutos de produção por lote para cada referência.

Já na operação de pintura, a quantidade em stock de cranques pintados direitos e esquerdos é de 3158 e 3192 respetivamente. Como referido, a quantidade máxima para cada referência será de 2400 unidades, esta redução de aproximadamente 700 unidades de cada referência significa uma redução de aproximadamente 40 minutos de processamento por lote para cada referência.

Por outro lado, a redução de 4 para 2 paletes em circulação melhora o fluxo de materiais nos setores da pintura e montagem de pedaleiras. Estes setores possuem alguns problemas de espaço uma vez que é nesta zona que o operador logístico prepara o abastecimento ao bordo de linha, separando os materiais necessários à montagem final de cada produto. A grande quantidade de paletes e a grande variedade de peças e componentes traduz-se numa dificuldade acrescida em manter um fluxo bem definido de materiais. Desta forma, a implementação deste sistema vem melhorar este fluxo na linha dedicada à produção da pedaleira em estudo.

A presença de um alto fator de segurança numa primeira fase para a operação de pintura garante a não ocorrência de faltas de material no cliente sendo este valor progressivamente reduzido com base na análise de funcionamento do sistema.

Devido ao projeto estar numa fase inicial de implementação não foi possível verificar com base em dados concretos as melhorias do sistema. Por outro lado, o último objetivo não é quantificado, mas prevê-se o seu sucesso uma vez que fica claro que a tarefa do planeador fica simplificada uma vez que se aumenta a automatização desta linha.

5. CONCLUSÃO

A presente dissertação foi desenvolvida em contexto empresarial, na Miranda & Irmão Lda, e procurou demonstrar a possibilidade de integração de duas metodologias de controlo da produção tão distintas como o sistema de fluxo de cartões *Kanban* e o sistema MRP.

Esta implementação visava dar resposta a alguns problemas identificados tais como o excesso de stock intermédio, roturas de stock e a simplificação da tarefa de planeamento.

A primeira fase deste projeto tratou-se com uma análise detalhada de todo o sistema produtivo, identificando os principais problemas e as suas causas. Com esta análise foi possível identificar as áreas em que surgem maiores problemáticas e como os resolver. Um controlo mais simplificado do processo produtivo, a redução dos tamanhos de lote assim como a melhoria dos fluxos de informação e da produção foram os pontos principais de análise.

O sistema de Kanban foi utilizado visando atingir os objetivos propostos por ser uma ferramenta de fácil implementação, de baixo custo e eficaz tendo em conta os problemas identificados.

Com este projeto verificou-se que é possível retirar vantagens de ambos quando aplicados em conjunto, a aplicação do sistema *Kanban* permite corrigir algumas falhas do MRP tais como a redução do WIP, a melhoria dos fluxos de informação e de materiais, assim como a simplificação do processo de planeamento. Já o sistema MRP continua a ser benéfico na gestão e colocação de ordens de compra, ordens de fabrico assim como a colocação de ordens futuras sendo uma boa ferramenta para lidar com itens com longos *lead-time*, gerar previsões e análises financeiras.

Para além dos benefícios identificados, uma maior automatização e um maior controlo por parte dos colaboradores proporciona um maior sentido de responsabilidade, levando a que estes se sintam peça fundamental para o funcionamento da MIL. Por conseguinte, este contexto desafiador é uma mais valia para o bem-estar no trabalho.

Futuramente e após a confirmação do sucesso deste projeto através da recolha de dados durante um período mais alargado, é expectável que este sistema seja adotado para a produção de outros produtos com uma gama operatória e um fluxo de produção simples assim como um grande volume de vendas. Estes são chamados de monoprodutos e reúnem as características ideais para o sucesso na implementação deste sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chiarini, Andrea. 2013. *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Milan: Springer.
- Dekier, Łukasz. 2012. “The Origins and Evolution of Lean Management System.” *Journal of International Studies* 5(1): 46–51.
- Eaton, Mark. 2013. *The Lean Practitioner’s Handbook*.
- Gross, John M., and Kenneth R. Mcinnis. 2003. *Kanban Made Simple*. AMACOM.
- Holweg, Matthias. 2007. “The Genealogy of Lean Production.” *Journal of Operations Management* 25(2): 420–37.
- Huang, Chun Che, and Andrew Kusiak. 1996. “Overview of Kanban Systems.” *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 9(3): 169–89.
- Kumar, S. Anil, and N. Suresh. 2008. *Production and Operations Management*.
- Liker, Jeffrey K. 2021. Action Learning: Research and Practice *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, Jeffrey K., and James M. Morgan. 2006. “The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development.” *Academy of Management Perspectives* 20(2): 5–20.
- Mao, Fangyan, Hong Bing Yang, and Junhao Xu. 2014. “Determination of Number of Kanban for Classis Control System Production Lines.” *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2014*: 480–83.
- MIL. 2021. “Organigrama.” : 2021.
- Ohno, Taiichi. 2014. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. London: CRC Press.
- Pinto, João Paulo. 2010. *Gestão de Operações Na Indústria e Nos Serviços*. Lisboa: Lidel.
- Sabaghi, Mahdi, Reza Rostamzadeh, and Christian Mascle. 2015. “Kanban and Value Stream Mapping Analysis in Lean Manufacturing Philosophy via Simulation : A Plastic Fabrication (Case Study).” 20(1): 118–40.
- Shah, Rachna, and Peter T. Ward. 2003. “Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance.” *Journal of Operations Management* 21(2): 129–49.
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho, and S. Uchikawa. 1977. “Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System.” *International Journal of Production Research* 15(6): 553–64.
- Thürer, Matthias, Mark Stevenson, and Charles Protzman. 2017. Card-Based Control Systems for a Lean Work Design: The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA *Card-Based Control Systems for a Lean Work Design: The Fundamentals of Kanban, ConWIP, POLCA, and COBACABANA*.
- Toomey, John W. 1996. *Mrp II: Planning for Manufacturing Excellence*.
- Womack, James P, Daniel.T Jones, and Daniel Roos. 1990. “The Machine That Changed The World: Based On The Massachusetts Institute of Technology 5-Million-Dollar 5-Year Study On The Future Of The Automobile.”

ANEXO A

Encomendas colocadas da pedaleira em estudo

Ordem Fabrico	Quantidade	Semana de entrega
OFSU22/00000122	3000	6
OFSU21/00003176	3000	7
OFSU22/00000109	2000	7
OFSU22/00000127	3000	7
OFSU22/00000264	2000	8
OFSU22/00000146	3000	8
OFSU21/00003345	3000	9
OFSU21/00003341	100	9
OFSU21/00003340	100	9
OFSU22/00000285	2000	9
OFSU22/00000281	2000	9
OFSU22/00000230	3000	9
OFSU22/00000226	3000	9
OFSU22/00000296	3000	10
OFSU21/00003373	3000	13

