



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Helena Maria Tinoco da Luz

**Otimização de Fluxos de materiais e de
Informação entre Processos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Maria Leonilde Varela

Julho de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Helena Maria Tinoco da Luz

Endereço eletrónico: _____ Telefone: _____

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: _____

Título da dissertação: Otimização de Fluxos de Materiais e de Informação entre Processos

Orientadores:

Professora Doutora Maria Leonilde Varela

Engenheiro Filipe José Lopes

Ano de conclusão: 2017

Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____/____/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram e apoiaram na realização desta dissertação.

RESUMO

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade, na empresa Bosch Car Multimédia em Braga, que centra a sua atividade na produção e desenvolvimento de produtos eletrónicos para a indústria automóvel.

Este trabalho teve como principal objetivo encontrar abordagens para a resolução de problemas de gestão, nomeadamente, criação de sincronismo entre linhas de produção manual e final, otimização do fluxo de materiais, eliminar desperdícios, quer de *stocks*, quer de movimentações desnecessárias. Por outro lado, pretende também melhorar o fluxo de informação entre linhas de produção, saber o que fazer, quando e em que quantidades, reduzindo o tempo despendido pelos chefes de linha em planear diariamente a produção.

Com o intuito de alcançar os objetivos apontados foi estudada a viabilidade de implementação de um supermercado ou *FIFO Lane* entre os processos. Devido à variabilidade dos produtos tipo A e das quantidades planeadas semanalmente para este tipo de produtos por parte da logística, revelou-se inviável a implementação de supermercado.

Com a proposta de implementação da *FIFO Lane*, o plano de produção passa a ser entregue às linhas manuais e as linhas finais produzem o que as linhas manuais colocam na linha *FIFO*. Tornando, deste modo, todo o processo mais simples e dinâmico onde todos os envolvidos sabem claramente o que têm de fazer.

Com a implementação desta sistemática, prevê-se uma redução do tempo usado para planeamento, por parte dos chefes de linha, em aproximadamente 4 horas semanais. Por outro lado, prevê-se também um controlo e redução dos *stocks* de, aproximadamente 64.2% e do espaço e caixas utilizadas em 64.3%.

Palavras-Chave: FIFO Lane, Supermercado, Fluxo, Stocks

ABSTRACT

As part of the Master in Manufacturing and Quality Engineering this work was developed at Bosch Car Multimedia company located at Braga, which focuses its activities in production and development of electronic products for the automotive industry.

The main goal of this work was find approaches for the resolution of manufacturing problems, namely, to establish a sustainable production cadence between the manual and final production lines, to optimize material flow and finally to remove waste, concerning stocks and identifiable unnecessary movements.

Additionally it aims to improve flow between production lines, to clarify what has to be produced, what quantities are expected as well as to minimize the non-productive time.

In order to achieve these goal, it was evaluated whether to implement the supermarket or FIFO Lane processes.

Given the variability of production type A and the planned weekly quantities made by logistics, it was concluded that the implementation of the supermarket has no benefit.

The implementation of the FIFO Lane is more appropriate because the process is simpler and more dynamic, where the involved workforce clearly knows what has to be produced. As a consequence, it is estimated a reduction of approximately 4 hours by week with planning. Moreover, stock is better controlled and can be reduced by 64,2%, approximately, thus storage space and boxes reduced by 64,3% as well.

KEYWORDS: FIFO LANE, SUPERMARKET, FLOW, STOCKS

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Cadeia de Abastecimento	5
2.1.1 Gestão da cadeia de abastecimento	5
2.2 Lean Manufacturing	6
2.2.1 Desperdícios	7
2.2.2 Ferramentas Lean.....	9
2.3 Sistemas de planeamento e controlo da produção	11
2.3.1 Pull System.....	11
2.3.2 Push System	13
2.3.3 Fifo Lane	14
3. Apresentação da Empresa	15
3.1 O Grupo Bosch	15
3.1.1 Missão, Visão e Valores	16
3.2 Bosch em Portugal	17
3.3 Bosch Car Multimédia S.A. (Braga)	18
3.3.1 Organização.....	18

3.3.2	Áreas de Negócio	19
3.3.3	Instalações	20
4.	Sistema Produtivo da Bosch	21
4.1	Princípios do BPS	21
5.	Descrição e Análise da Situação Atual	23
5.1	Descrição do processo de Planeamento da Logística	23
5.2	Descrição da Linha Manual	24
5.2.1	A Linha 2M07	25
5.2.2	Principais Problemas Detetados	34
5.2.3	Identificação dos Produtos Correntes	38
5.3	Descrição da Linha Final	39
5.3.1	A Linha 2N08	40
5.4	Construção do Value Stream Mapping	42
6.	Trabalhos de Melhoria	45
6.1	Supermercado	45
6.1.1	Estudo para a Implementação do Supermercado	48
6.2	FIFO Lane	54
6.2.1	Dimensionamento da FIFO Lane	56
6.2.2	Funcionamento da FIFO Lane	64
6.2.3	Procedimentos	67
7.	Análise da proposta	75
8.	Conclusão	79
8.1	Conclusão	79
8.2	Trabalho Futuro	80
9.	Bibliografia	81
	Anexo I– Organigrama	84
	Anexo II– Layouts	85
	Anexo III– Tabela de Controlo do Nivelamento	87
	Anexo IV- Cálculo dos changeovers	88
	Anexo V- Relação entre changeovers e stocks	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Sobreprodução (Bosch, 2011).....	7
Figura 2- Espera (Bosch, 2011)	8
Figura 3- Transportes (Bosch, 2011).....	8
Figura 4- Inventário (Bosch, 2011)	8
Figura 5- Movimentações (Bosch, 2011)	8
Figura 6- Defeitos (Bosch, 2011).....	9
Figura 7- Sistema Puxado (Bosch, 2006)	11
Figura 8-Funcionamento do supermercado num sistema puxado (Bosch, 2006).....	12
Figura 9- Funcionamento dos kanbans (Bosch, 2006).....	13
Figura 10- Sistema empurrado (Bosch, 2006)	14
Figura 11- FIFO Lane (Rother & Shook, 1999).....	14
Figura 12- Localização das empresas do grupo Bosch (Bosch, 2010)	15
Figura 13- Setores de atividade da Bosch (Bosch, 2016).....	16
Figura 14- Valores da Bosch	17
Figura 15- Bosch em Portugal (Bosch, 2016)	17
Figura 16- Instalações da Bosch em Braga (Bosch, 2016).....	18
Figura 17- Organigrama de MOE2 (Bosch, 2016)	18
Figura 18- Principais áreas de negócio (Bosch, 2016).....	19
Figura 19- Produtos/ Clientes da Bosch (Bosch, 2016)	19
Figura 20- Instalações da Bosch (Bosch, 2016)	20
Figura 21- Layout Piso 2 do Edifício 101 da Bosch	24
Figura 22- Circuito das atividades da célula 2M07	26
Figura 23- Layout da célula 2M07 da Bosch	26
Figura 24- Containers com placas nutzen usados na Bosch.....	27
Figura 25- Carrinho do milk run da Bosch	27
Figura 26- Sistema informático PDA usado na Bosch	28
Figura 27- Blisters usados na Bosch	29
Figura 28- Caixas usadas na Bosch para armazenamento de placas com componentes	29
Figura 29- Supermercado da linha 2M07da Bosch	30
Figura 30- Tempos de ciclo do milk run	31

Figura 31- Quadro de planeamento das linhas manuais da Bosch.....	32
Figura 32- Programa informático para inserção do planeamento diário da linha manual usado na Bosch.....	33
Figura 33- Andon.....	33
Figura 34- Trabalho standard dos chefes de linha (Processos da Bosch).....	37
Figura 35- Análise dos produtos A (Bosch, 2011b)	38
Figura 36- Layout do edifício 104 da Bosch.....	40
Figura 37- Quadro de planeamento da linha 2N08 da Bosch	41
Figura 38- Layout da linha 2N08.....	41
Figura 39- VSM do produto GM MY 17.....	43
Figura 40- Stock existente entre processos	44
Figura 41- Supermercado entre a linha manual e as linhas finais	45
Figura 42- Funcionamento do sistema kanban entre os processos.....	46
Figura 43- Quadro de construção de lote.....	47
Figura 44- Sequenciador de produção	48
Figura 45- Variação do produto 751340036855L	50
Figura 46-Variação do produto 751340054755L	50
Figura 47- Variação do produto 76200003105D3.....	51
Figura 48- Variação do produto 76200003005D3.....	51
Figura 49- Variação do produto 76200003006LC.....	52
Figura 50- Stock do produto 751340054755L	53
Figura 51- Stock do produto 76200003006LC.....	53
Figura 52- Stock do produto 76200003105D3.....	54
Figura 53- FIFO Lane entre processos	55
Figura 54- FIFO Lane entre a linha manual e as linhas finais	56
Figura 55- Esquema do cálculo de capacidades (Bosch, 2016)	57
Figura 56- Capacidade produtiva da linha manual 2M07	60
Figura 57- Gráfico de Changeovers Vs Stock.....	64
Figura 58- Distribuição das FIFO Lane entre os processos.....	65
Figura 59- Funcionamento da FIFO Lane	66
Figura 60- Heijunka box (fonte: http://www.panview.nl/en/lean-production-lean-toolbox/heijunka).....	67
Figura 61- Indicação de mudança de lote	67
Figura 62- Preenchimento dos quadros de produção	68

Figura 63- Colocação dos cartões no Heijunka box	69
Figura 64- Procedimento para a retirada dos cartões do Heijunka box	70
Figura 65- Procedimento para pedido de mudança de produção	70
Figura 66- Procedimento para mudança de lote	71
Figura 67- Identificação das caixas para novo lote.....	72
Figura 68- Errada colocação das caixas na FIFO Lane.....	72
Figura 69- Correta colocação das caixas na FIFO Lane	73
Figura 70- Procedimento para stock mínimo	74
Figura 71- Organigrama da Bosch Car Multimédia	84
Figura 72- Layout piso 2 do edifício 102 ((Bosch, 2017)	85
Figura 73- Layout edifício 104((Bosch, 2017).....	86
Figura 74- Tabela de controlo do nivelamento dos produtos da Bosch	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Horários dos Turnos	25
Tabela 2- Problemas detetados	36
Tabela 3- Chefes de Linha das Manuais	37
Tabela 4- Tempo usado no planeamento	38
Tabela 5- Análise dos produtos A.....	39
Tabela 6- Produção dos produtos tipo A	49
Tabela 7- Dados das linhas	55
Tabela 8- Matriz de changeover (em segundos).....	61
Tabela 9- Tamanho do lote por produto	61
Tabela 10- Tempos de produção dos lotes	62
Tabela 11- Quantidades máximas e mínimas para os produtos A	63
Tabela 12- Stocks máximos e mínimos	76
Tabela 13- Número de caixas necessárias	77
Tabela 14- Cálculo dos change overs	88
Tabela 15- Change overs Vs Stocks.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AOI - Automatic Optical Inspection

BPS - Bosch Production System

CC - Chassis Control

CR - Car Radio

DI - Driving Information

DMM – Department Manager Meeting

ESP – Electronic Stability Program

FIFO – First In First Out

FCT – Functional Testing

IS – Instrumentation System

ICT – In Circuit Tester

JIT – Just In Time

LOG – Logística

MS – Manufacturing System

MOE – Manufacturing Operations and Engineering

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OPL – Open Points List

PCB – Printed Circuit Board

PDA – Personal Digital Assistant

PDCA – Plan Do Check Act

POUP – Point of Use Provider

POT – Planned Operating Time

PS - Professional System

QIM – Quality Inspection Manufacturing

SAP – Systems, Application and Products in Data Processing

TEF - Technical Functions

TQM – Total Quality Management

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in Progress

1. INTRODUÇÃO

Nesta primeira parte da dissertação é apresentado um enquadramento ao tema, os objetivos do trabalho, a metodologia utilizada para a sua realização e descrita a estrutura do presente relatório.

1.1 Enquadramento

Em grandes empresas a otimização da performance dos processos torna-se cada vez mais importante e passa, em grande medida, pela otimização dos fluxos de materiais e dos fluxos de informação. Uma correta gestão de toda a cadeia de abastecimento é fundamental para atingir a eficiência de todos os processos.

Neste aspeto a logística tem uma importante função através do planeamento da produção e da melhoria dos fluxos (Christopher, 2010) e (Constantino, Dotoli, Falagario, & Mangini, 2012), recorrendo, para tal, a várias ferramentas *Lean*, nomeadamente *Just-in-Time (JIT)*, *kanban* e *Value Stream Mapping (VSM)* (Dotoli M. , Fanti, Iacobelis, & Rotunno, 2013).

O *Value Stream Mapping (VSM)* foi desenvolvido por Rother, (2003) para visualizar a sequência de todas as atividades necessárias para conceber, produzir e providenciar um determinado produto ou serviço através de fluxos de informação, processos e materiais (Womak & Jones, 1996). O VSM é usado para reconhecer visualmente os desperdícios resultantes das ineficiências ou incapacidades de informação, de tempo, espaço, pessoal, máquinas e material dos sistemas produtivos, identificar as suas causas e poder mitigá-las. Esta ferramenta é a base para um planeamento. Entender como deve fluir a informação para que um processo faça apenas o que o seguinte necessita (Rother M. , 2003), é um dos princípios da filosofia *JIT* que tem como objetivo sincronizar a cadeia de valor com as necessidades do cliente, diminuindo os desperdícios e aumentando a eficiência dos processos. A situação ideal é quando não há desperdício nos equipamentos nem no pessoal e todo o esforço resulta em valor acrescentado para o produto (Lu, 1989). Para indicar que processo necessita do quê e quando e para permitir que vários processos comuniquem entre si utiliza-se o sistema *kanban* (Lu, 1989).

Desta forma, para otimizar o planeamento das linhas de produção é necessário, em primeiro lugar, identificar os pontos onde não existe valor acrescentado e onde há desperdício. Identificar

a interação entre os fluxos e, posteriormente, aplicar ferramentas para atingir a máxima eficiência.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo a otimização de fluxos de materiais e de informação entre processos, ou seja, encontrar abordagens para a resolução de problemas de gestão, nomeadamente, criação de sincronismo entre linhas de produção manuais e finais, saber o que fazer, quando e em que quantidades, bem como eliminação de desperdícios, quer de *stocks*, quer de movimentações desnecessárias.

Deste modo, pretende-se verificar a viabilidade de implementação de *FIFO Lane* ou Supermercado entre processos.

Assim sendo, para a elaboração deste projeto, definiu-se o seguinte conjunto de objetivos:

- Aumentar a eficiência e eficácia do planeamento e controlo da produção na montagem manual;
- Controlar e reduzir a quantidade de *WIP (work in process)* entre os processos;
- Promover o sincronismo da produção entre os processos da montagem manual e a montagem final;
- Aumentar a transparência e a gestão visual;
- Reduzir o stress.

1.3 Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido na Bosch Car Multimédia S.A. e com ele pretendeu-se melhorar o fluxo de materiais e de informação entre os processos de montagem manual e montagem final.

Para a elaboração de um trabalho sustentado, tornou-se necessário, em primeiro lugar, obter conhecimentos mais profundos e detalhados sobre os temas que iriam ser abordados na dissertação. Posteriormente foi realizado um breve estudo sobre a empresa, com o intuito de conhecer e perceber um pouco mais sobre o seu funcionamento.

Por último, e já realizando investigação no terreno, foi imprescindível fazer um levantamento sobre o estado inicial da situação, ou seja, reunir toda a informação necessária de forma a

descrever de que forma flui a informação e os materiais entre as linhas manuais e as linhas finais e quais os principais problemas encontrados, para posteriormente verificar a viabilidade da implementação de uma *FIFO Lane* ou Supermercado entre estes processos.

Depois de identificada a situação mais adequada entre cada um dos processos e definida a sistemática de planeamento e controlo da produção, fez-se a análise dos ganhos que se obteriam com a sua implementação.

Por fim foram retiradas as conclusões do trabalho realizado e apresentadas sugestões de trabalhos futuros.

Esta dissertação baseou-se numa filosofia positivista com uma abordagem dedutiva, uma vez que houve necessidade de perceber todo o processo e fazer recolha de dados quantitativos e qualitativos através da observação direta. A investigação regeu-se pela metodologia Investigação-Ação (*Action Research*) (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Dado que no decorrer do projeto existiu o envolvimento de colaboradores da empresa com o problema em análise e com o investigador. Por outro lado, por ser uma metodologia ativa utilizada em situações reais pareceu a mais adequada. Esta metodologia contempla as fases de: diagnóstico do problema, planeamento, ação e avaliação, promovendo ações de mudança na organização (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em oito capítulos. O primeiro capítulo é constituído pela introdução, onde é feito o enquadramento do tema da dissertação, os objetivos, a metodologia e a presente descrição da estrutura da dissertação. No segundo capítulo encontra-se presente a revisão bibliográfica que fundamenta e suporta a dissertação. No terceiro capítulo é apresentada a organização onde foi desenvolvido o projeto. No quarto capítulo é feita uma breve descrição do sistema produtivo da *Bosch*. O quinto capítulo do relatório mostra o estado inicial da secção alvo de estudo. Em seguida, no sexto capítulo está presente todo o estudo efetuado sobre a viabilidade da implementação de uma *FIFO Lane* ou Supermercado entre os processos das linhas manuais e finais e, posteriormente, no capítulo sete encontra-se a análise da proposta efetuada. Num último capítulo, tem-se as conclusões retiradas do trabalho realizado e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cadeia de Abastecimento

A cadeia de abastecimento de uma empresa pode ser entendida como o conjunto de todos os intervenientes, desde fornecedores até ao cliente final, bem como todos os meios logísticos envolventes e toda a informação necessária para tornar a cadeia eficiente. A colaboração entre todos os participantes na cadeia de abastecimento diminui os custos do produto e aumenta a qualidade dos mesmos (Stank, Keller, & Daugherty, 2001).

Para responder aos crescentes desafios, as organizações têm de desenvolver esforços para diminuir os tempos de resposta às alterações de produção, quer em quantidade quer em variedade. Têm de ser suficientemente ágeis e ter uma correta gestão de toda a cadeia para responder rapidamente às mudanças.

As empresas têm de fazer um esforço para balancear a correta entrega dos produtos ao cliente, reduzir os custos com a cadeia de abastecimento e reduzir o inventário entre processos (Desmet, 2016).

A estrutura da cadeia de abastecimento tem influência na execução das estratégias e no aumento das vantagens competitivas (Farahani, Bajgan, Fahimnia, & Kaviani, 2015).

2.1.1 Gestão da cadeia de abastecimento

Com a crescente competitividade e globalização dos mercados, a gestão da cadeia de abastecimento torna-se cada vez mais complexa e os desafios são cada vez maiores, tornando-se cada vez mais necessário o uso de técnicas eficientes (Jauhar & Pant, 2016). Uma empresa ganha vantagem competitiva ao melhorar as suas técnicas e métodos de gestão da cadeia de abastecimento, uma vez que, uma gestão adequada permite otimizar a produção e criar valor para o cliente, entregando o que este quer, na quantidade certa e no tempo certo, garantindo a qualidade e reduzindo os inventários existentes entre cada processo da cadeia (Christopher, 2010). Para alcançar estes objetivos, cada vez mais as empresas desenvolvem e implementam novas tecnologias e estratégias de produção, nomeadamente o *Lean manufacturing* e *Total Quality Management* (TQM) (Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2003).

No contexto dos sistemas produtivos, a logística tem um papel fundamental, na medida em que planeia a produção de modo a otimizar todo o fluxo de materiais e de informação, dentro e fora da organização (Christopher, 2010) e (Costantino et al. 2012). Numa cadeia com muitos membros, desde fornecedores de matéria-prima até ao cliente final, caso algum falhe, o sistema colapsa (Choi, Chiu, & Chan, 2016).

Melhorar o planeamento da produção traz vantagens e ganhos ao nível da produtividade, eficiência, melhorias na gestão da produção e na satisfação do cliente (Henning & Craighead, 2000) e (LaForge & Craighead, 2000). A existência de um plano de produção maximiza a utilização dos recursos disponíveis, satisfaz os pedidos dos clientes e minimiza o inventário, reduzindo os custos (Soares & Vieira, 2009). Para tal, a gestão logística usa um conjunto de estratégias de planeamento, controlo e monitorização de todo o fluxo de informação e de materiais desde a sua origem até à chegada ao cliente, satisfazendo as necessidades destes e recorre a um conjunto de ferramentas *Lean* tais como JIT (*Just-in-Time*), *Kaizen* e VSM (*Value Stream Mapping*) entre outras (Dotoli, Fanti, Iacobelli, & Rotunno, 2014) e (Perzynska & Witkowski, 2016). Para a aplicabilidade destas ferramentas, é necessário criar estabilidade nos processos produtivos, nomeadamente, nos operadores, nas máquinas, nos materiais e nos métodos (Coimbra, 2013).

Um dos problemas que surge na gestão da cadeia de abastecimento é o efeito chicote, ou seja, o não alinhamento entre a oferta e a procura (Coelho, Follmann, & Rodrigues, 2009). Segundo os mesmos autores, este efeito é resultado de uma expectativa de procura ou oferta que não se concretiza, podendo ser iniciada, entre outros motivos, pela incapacidade de prever os pedidos dos clientes. Este efeito propaga-se ao longo de toda a cadeia influenciando diversos fatores como os *stocks*, as quantidades a produzir e a produtividade. A previsão da procura é um fator estratégico para relativizar este efeito, no entanto, é necessário que exista um nível de informação e colaboração elevado entre todos os participantes da cadeia (Coelho et al, 2009). Por outro lado, *lead time* de pedidos longos também contribuem para este efeito (Lee, Padmanabhan, & Whang, 2004).

2.2 Lean Manufacturing

O conceito da produção *Lean* foi desenvolvido no Japão, pela Toyota e tem como principal objetivo tornar as organizações mais competitivas, aumentando a eficiência, diminuindo o desperdício e a variabilidade, alinhando a produção com a procura através da entrega do

material rapidamente, a baixo custo e com qualidade (Holweg, 2007). O recurso às ferramentas e técnicas *Lean* tem como fundamento melhorar a eficiência e a produtividade através da melhor combinação de recursos e do envolvimento dos trabalhadores através do treino, passagem de informação, desenvolvimento de competências, motivação e atribuição de responsabilidades (Marin-Garcia & Bonavia, 2015). Segundo estes autores os principais benefícios que são apontados à produção *Lean* são: redução nos custos de produção, redução dos tempos de espera, aumento da qualidade, adequação da produção aos pedidos dos clientes, ajuste da capacidade à variação e flutuação da procura e eliminação de desperdícios em todos os processos, produtos e serviços.

2.2.1 Desperdícios

Segundo Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, (2003) desperdício (MUDA em japonês) é *"qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, espaço e tempo que são essenciais para acrescentar valor ao produto"*. Para Womak and Jones (1996) um antídoto para o desperdício é o pensamento *Lean*, que consiste em fazer mais com menos e entregar apenas o que o cliente necessita.

Os desperdícios são classificados em sete tipos:

Sobreprodução

Sobreprodução ou produção em excesso caracteriza-se por produzir antes do cliente pedir, figura 1.

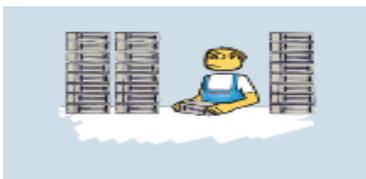


Figura 1- Sobreprodução (Bosch, 2011)

Espera

Este desperdício caracteriza-se pela paragem de máquinas ou pessoas, ou seja, pela inatividade dos processos, figura 2.



Figura 2- Espera (Bosch, 2011)

Transportes

O transporte de material aumenta o tempo de espera, não acrescentando valor ao produto, representando um desperdício, figura 3.

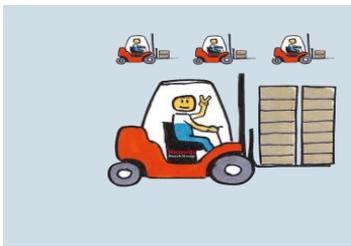


Figura 3- Transportes (Bosch, 2011)

Inventário

Este desperdício não ocorre se a produção estiver sincronizada com a procura, produzindo apenas o necessário para quando é requerido. Este desperdício surge em consequência da sobreprodução, figura 4.

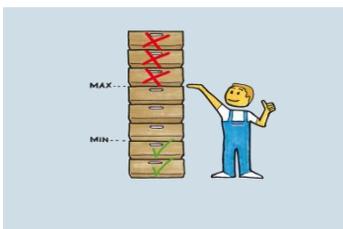


Figura 4- Inventário (Bosch, 2011)

Movimentações

Refere-se ao excesso de movimentações de pessoas que pode ser originado por um mau *layout* da área, figura 5.



Figura 5- Movimentações (Bosch, 2011)

Defeitos

Este desperdício surge quando há produtos ou serviços não conformes, ou seja, que não estão dentro das especificações do cliente. É um desperdício que surge quando os produtos não são produzidos bem à primeira, figura 6.



Figura 6- Defeitos (Bosch, 2011)

Espaço

A ocupação desnecessária de espaço é um desperdício que pode advir da sobreprodução.

2.2.2 Ferramentas Lean

1. Just in Time

O *Just-in-time* (JIT) é uma filosofia de produção baseada na melhoria contínua e na eliminação de desperdício através da otimização do processo de gestão, apostando na organização e otimização do processo produtivo e na integração dos clientes e fornecedores neste processo (Vincent, 2011). Segundo esta filosofia, só deve ser produzido o que o cliente quer, na quantidade que quer e quando quer (Shah & Ward, 2007) e (Zambrano, Bekrar, Prabhu, & Trenesaux, 2014).

O JIT baseia-se em três princípios fundamentais: a eliminação de desperdícios, a melhoria contínua e o envolvimento dos colaboradores nas atividades (Chan, Yin, & Chan, 2010) minimizando *stocks* e *Work-in-Progress* (WIP), para tal usa técnicas como *Kanban* ou supermercados, (Bortolotti, Danese, & Romano, 2013).

2. Kaizen

A filosofia *Kaisen* teve origem no Japão e deriva de duas palavras japonesas “Kai” que significa a mudança e “Zen” que significa para melhor. Portanto, *Kaizen* é mudar para melhor.

Masaaki Imai fundador e presidente do Instituto *Kaizen* é considerado o pai da filosofia *Kaizen*, este considera que esta filosofia não é apenas uma melhoria contínua mas sim pequenas melhorias feitas todos os dias, em qualquer lado e por qualquer pessoa. É uma filosofia de trabalho que envolve todos os colaboradores, desde a gerência de topo ao colaborador da produção e tem como principal objetivo estar atento a todos os sinais e evitar que os problemas ocorram. São pequenas melhorias que vão tornar os processos mais eficientes, reduzir custos e aumentar a produtividade e qualidade.

Por outro lado, a filosofia *Kaizen* defende que numa organização, tudo que não acrescenta valor ao produto é desperdício e deve ser eliminado. Segundo (Imai, 2012), o primeiro passo para estabelecer a melhoria contínua é através do ciclo *Plan, Do, Check and Act* (PDCA). Este conceito, desenvolvido por William Deming em 1950 foi implementado, com sucesso, nas companhias japonesas e passou também a ser conhecido por ciclo de Deming (Silva, Medeiros, & Vieira, 2017). Este ciclo, tal como o nome indica contempla quatro fases:

P (*Plan*): nesta fase são identificadas oportunidades de melhoria, é estabelecida uma meta e definidas ações para a atingir;

D (*Do*): Nesta fase implementam-se as ações propostas;

C (*Check*): É a análise dos resultados e verificação do alcance dos objetivos propostos;

A (*Act*): Desenvolver métodos para padronizar os novos procedimentos e prevenir a recorrência ao problema inicial.

3. Value Stream Mapping (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que pode ser usada para planeamento uma vez que dá uma visão holística de todos os processos e atividades existentes na realização de determinado produto (Dotoli et al, 2014). O principal objetivo desta ferramenta é identificar, de forma integrada, os diferentes tipos de desperdício e tentar eliminá-los (Rohani & Zahraee, 2015). O seu conceito visual permite visualizar quais os processos produtivos mais lentos e onde existe mais desperdício. Segundo Rother & Shook (1999), estes desperdícios são facilmente detetados usando o VSM uma vez que há o mapeamento de todo o fluxo de

informação e materiais e são visualizadas todas as atividades, quer acrescentem ou não valor, envolvidas na produção de um produto.

2.3 Sistemas de planeamento e controlo da produção

Os sistemas de controlo e planeamento da produção são frequentemente divididos em duas categorias: *Pull System* e *Push System* (Koulouriotis, Xanthopoulos, & Tourassis, 2010). No entanto, alguns autores defendem um sistema que combine estes dois, designado por *Push-Pull System* ou *Híbrido System* (Cochran & Kaylani, 2008).

2.3.1 Pull System

Num sistema puxado a ordem de produção é desencadeada pelo processo mais a jusante, que vai dando indicação ao processo anterior o que tem de produzir e em que quantidade, prevenindo a sobreprodução e reduzindo o WIP, figura 7.

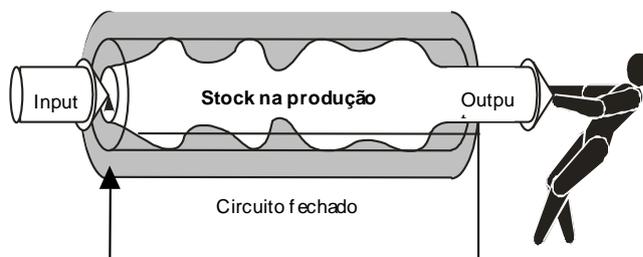


Figura 7- Sistema Puxado (Bosch, 2006)

O fluxo de material é desencadeado pelo consumo do cliente, quando este retira material a produção é ativada para o repor. O sistema é ativado pelo consumo real e não por planos de produção (Coimbra, 2013).

Este é o princípio de funcionamento dos supermercados, onde existe um *stock* mínimo e máximo e sempre que há retirada de material, este tem de ser repostado.

1. Funcionamento do supermercado

Um supermercado é uma área existente entre dois processos, onde são alocados os materiais necessários aos mesmos, figura 8.

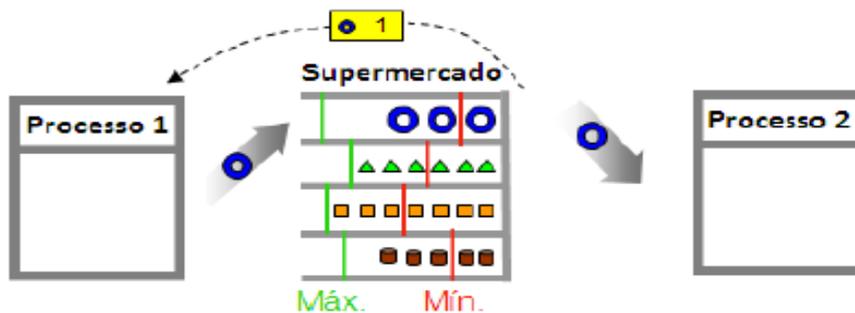


Figura 8-Funcionamento do supermercado num sistema puxado (Bosch, 2006)

O princípio de funcionamento é semelhante ao de um supermercado de compras, sempre que material é retirado pelo processo a jusante (cliente) há uma indicação para o processo a montante (fornecedor) repor o que foi retirado. Esta indicação é dada através de cartões designados por *kanbans*.

Os supermercados devem ter várias características, nomeadamente:

- Permitir a remoção manual;
- Permitir a visibilidade do stock;
- Ter rampas/canais organizados por referência;
- Ter stocks mínimos e máximos calculados;
- Respeitar o princípio FIFO (*first-in first-out*) em cada rampa/canal;
- A responsabilidade é do fornecedor;
- Abastecer e remover utilizando *kanbans*;
- Identificação clara de cada rampa/canal;
- Organização compreensível;
- Acesso fácil para carregar/descarregar (Bosch, 2006).

2. Utilização de kanbans

Tal como referido anteriormente, a indicação para o processo a montante saber o que tem de produzir e em que quantidades e restabelecer o que foi retirado dos supermercados é feita através de *kanbans*, figura 9. Que funcionam como indicações visuais, normalmente cartões, onde está descrito o produto e a quantidade.

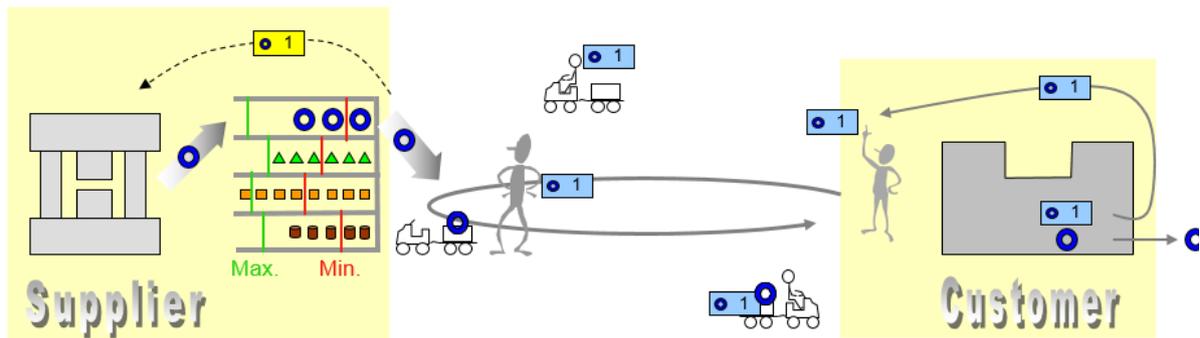


Figura 9- Funcionamento dos kanbans (Bosch, 2006)

O cliente retira o material do supermercado levando um *kanban* de transporte e imediatamente é enviado um *kanban* de produção para o processo anterior (fornecedor) saber o produto que tem de repor no supermercado e em que quantidade.

A utilização deste método reduz o tempo de espera e o WIP, uma vez que só é produzido o que foi consumido, caso não haja consumo não há produção. Este sistema funciona como uma ferramenta de controlo da produção.

2.3.2 Push System

Num sistema empurrado o material é produzido e enviado para o processo a jusante, sem consideração da necessidade desse material no processo seguinte e se há ou não capacidade de produção nesse processo (Aziz, Bohez, Pisuchpen, & Parnichkun, 2013). Neste tipo de sistema todos os processos vão produzindo e empurrando para o processo a jusante de acordo com o pedido do cliente, ou com base na previsão da procura (Boney, Zhang, Head, & Barson, 1999) como é visível na figura 10. Segundo estes autores, num sistema empurrado o fluxo de informação segue na mesma direção do fluxo de materiais

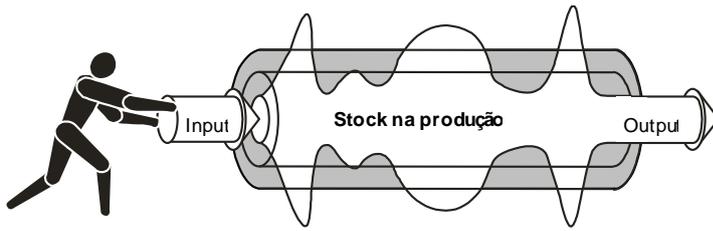


Figura 10- Sistema empurrado (Bosch, 2006)

2.3.3 Fifo Lane

Num sistema puxado, uma *FIFO Lane* pode ser uma situação alternativa à utilização de supermercados. Ao contrário destes, a *FIFO Lane* não tem alocações específicas por *part number*. Os materiais são colocados na *FIFO Lane* na ordem em que vão ser produzidos.

Segundo Rother & Shook (1999), *FIFO Lane* representa uma quantidade limitada de *stock* alocada entre dois processos. A quantidade de *stock* máxima da *FIFO Lane* é uma forma de controlar o *WIP*, na medida em que, quando esta quantidade é atingida o processo a montante deixa de produzir e só retoma a produção depois do processo a jusante consumir material e libertar espaço na linha *FIFO*, como é visível na figura 11.

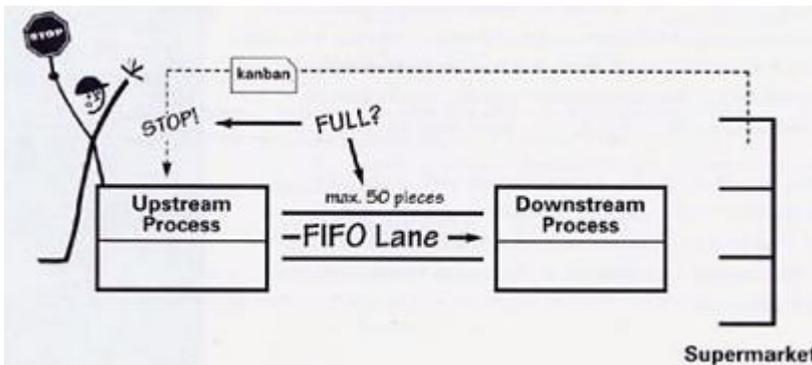


Figura 11- FIFO Lane (Rother & Shook, 1999)

Para implementar uma *FIFO Lane* é necessário que haja estabilidade entre os processos. Se a estabilidade for baixa o *output* dos processos é imprevisível havendo necessidade de criar *stock*. Um outro ponto é que os processos têm de ser análogos, ou seja, que o *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*, o tempo de ciclo, o tempo de trabalho e os produtos devem ser mais ou menos semelhantes.

Para além destes pontos, também se deve ter em atenção a distância física entre os processos – quanto mais afastados estiverem, mais difícil será de controlar a *FIFO Lane* (Bosch, 2008).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é feita uma pequena descrição da história do grupo *Bosch* e, em particular, da empresa onde a dissertação se realizou nomeadamente a estratégia, missão, visão e valores, bem como o processo produtivo.

3.1 O Grupo Bosch

A *Bosch* foi fundada em Estugarda por Robert Bosch (1861-1942) no ano de 1886 como uma oficina de mecânica de precisão e eletrotécnica. Hoje em dia é uma das maiores empresas mundiais no que respeita ao fornecimento de tecnologias e serviços. Atualmente o grupo conta com mais de 375 mil colaboradores e está presente em cerca de 60 países, como é visível na figura 12.

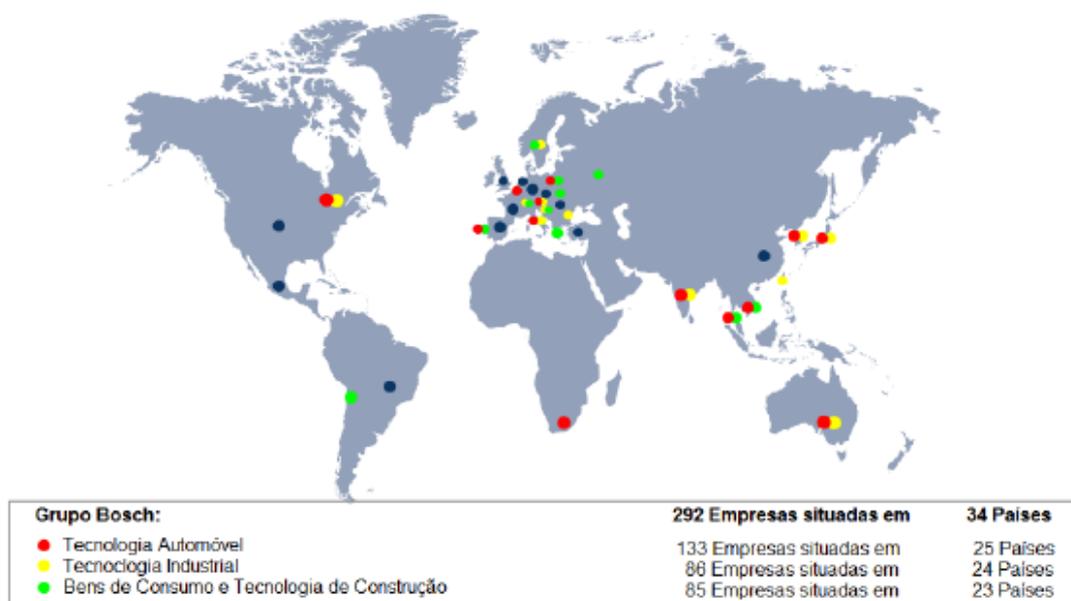


Figura 12- Localização das empresas do grupo Bosch (Bosch, 2010)

O grupo está dividido em quatro setores de atividade: Soluções de Mobilidade, Tecnologia Industrial, Bens de Consumo Doméstico, Energias e Infraestruturas, figura 13.

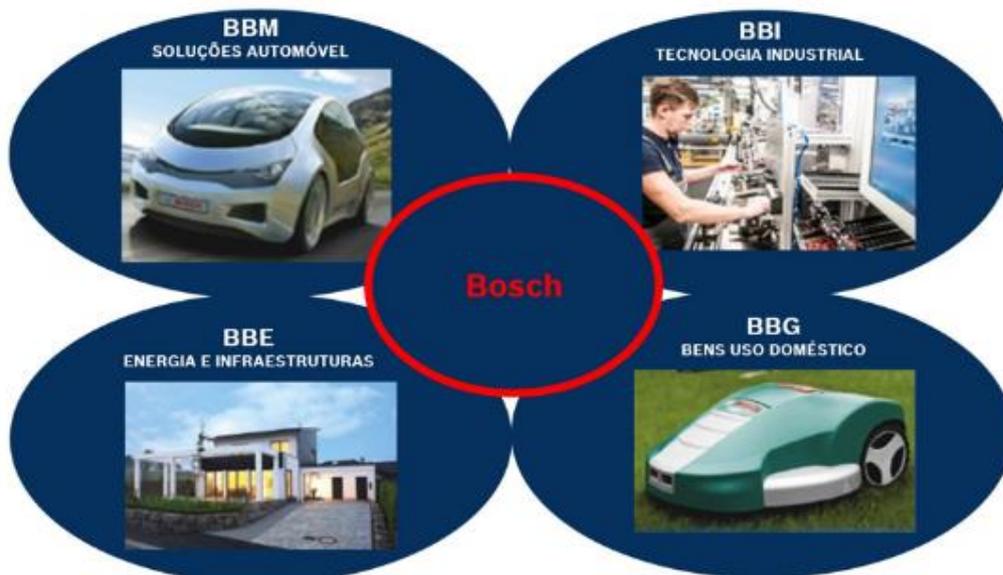


Figura 13- Setores de atividade da Bosch (Bosch, 2016)

3.1.1 Missão, Visão e Valores

O objetivo da *Bosch*, em linha com a filosofia de Robert Bosch, é garantir o futuro da empresa, assegurando o forte e significativo desenvolvimento e preservando a sua independência financeira. Para tal a estratégia do grupo assenta em três pontos fundamentais: a missão, a visão e os valores.

A missão da *Bosch* é: “ser o fornecedor líder mundial de info-entretenimento, de instrumentação e de soluções em rede para sistema de assistência e de informação ao condutor, ao entendermos o automóvel como uma parte da internet e da infraestrutura para viagens intermodais e condução automatizada. Oferecemos os produtos mais atraentes, somos a primeira escolha para os nossos clientes e um empregador classificado de primeira categoria.”

A visão da *Bosch* é “tornar a mobilidade uma experiência entusiasmante, agradável e segura ao possibilitarmos uma interação perfeita entre as pessoas e o ambiente que as rodeia, através das nossas soluções de multimédia e de assistência.”

Os valores são apresentados na figura 14.



Figura 14- Valores da Bosch

3.2 Bosch em Portugal

Em Portugal a *Bosch* está presente desde 1911 e está representada em quatro cidades: Bosch Termotecnologia S.A. em Aveiro, Bosch Car Multimédia S.A. em Braga, Bosch Security Systems-Sistemas de Segurança S.A. em Ovar e escritório de vendas em Lisboa representando as áreas de Soluções de Mobilidade, Bens de Consumo e Tecnologia de Energia e Construção, tal como é visível na figura 15.

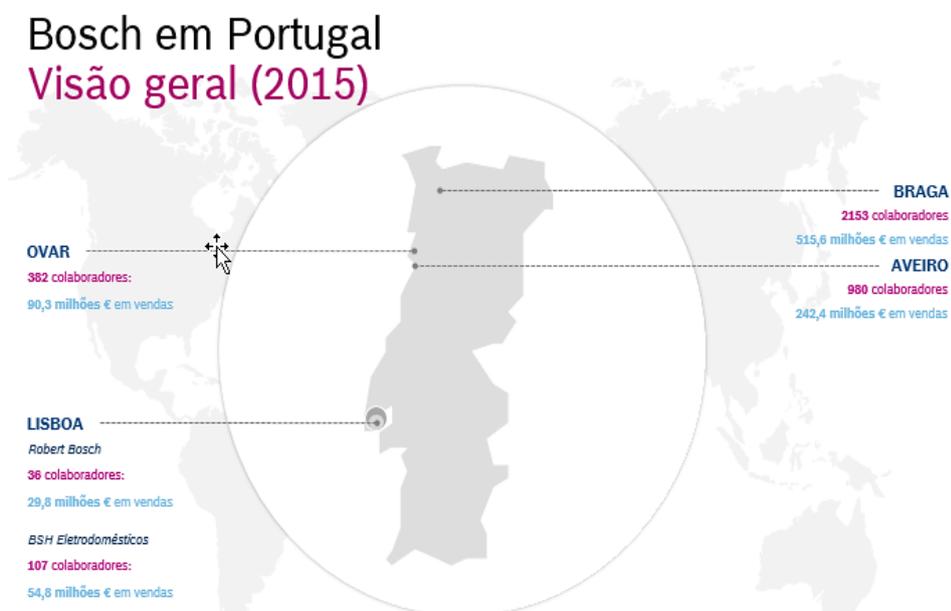


Figura 15- Bosch em Portugal (Bosch, 2016)

3.3 Bosch Car Multimédia S.A. (Braga)

A empresa onde se realizou o estudo foi a Bosch Car Multimédia, unidade de Braga que é a maior empresa do grupo em Portugal. (figura 16). Esta empresa iniciou a sua atividade em 1990 como Blaupunkt Auto-rádio Portugal Lda., em 2008 a fábrica passou a denominar-se Bosch Car Multimédia Portugal S. A. Atualmente é dos maiores empregadores da cidade, contando, em 2015, com cerca de 2153 colaboradores. A fábrica produz um portfólio variado de produtos, principalmente sistemas de navegação, sistemas de instrumentação e autorrádios de alto nível para a indústria automóvel, sensores de ângulo de direção para o sistema ESP (*Electronic Stability Program*), controladores eletrónicos para equipamentos de aquecimento e controlos eletrónicos para eletrodomésticos.



Figura 16- Instalações da Bosch em Braga (Bosch, 2016)

3.3.1 Organização

A empresa está dividida em duas grandes áreas, a área comercial e a área técnica, cada uma delas está dividida em dez departamentos, como é visível nos organigramas do Anexo 1.

O presente projeto de investigação insere-se no departamento de MOE2 (*Manufacturing Operation Engineering*), nomeadamente na área de projetos, MOE2-P, que é uma das oito secções em que se divide o departamento de MOE2, figura 17.

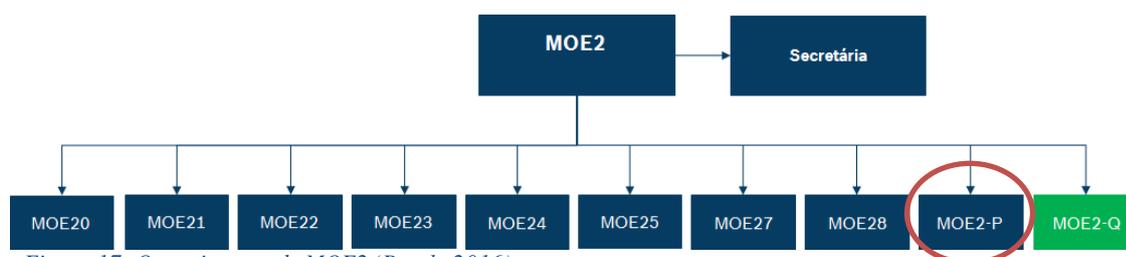


Figura 17- Organigrama de MOE2 (Bosch, 2016)

3.3.2 Áreas de Negócio

As principais áreas de negócio da empresa são: *Driving information (DI)*, *Manufacturing system (MS)*, *Instrumentation system (IS)*, *Chassy control (CC)*, *Professional System (PS)* e *Car radio (CR)*, figura 18.



Figura 18- Principais áreas de negócio (Bosch, 2016)

A figura 19 mostra alguns dos produtos/ clientes da empresa.



Figura 19- Produtos/ Clientes da Bosch (Bosch, 2016)

3.3.3 Instalações

A empresa divide-se em vários edifícios como se pode observar na figura 20. Os processos de produção estão localizados em três edifícios distintos.



Figura 20- Instalações da Bosch (Bosch, 2016)

No edifício 108 está localizada a unidade *Manufacturing Operations Engineering* (MOE1) destinada à inserção automática de componentes em placas. A outra unidade de *Manufacturing Operations Engineering* (MOE2) que engloba a montagem manual e a montagem final é feita no edifício 101 e no edifício 104 nos quais se situam as linhas em estudo como é visível nos *layouts* do Anexo II.

4. SISTEMA PRODUTIVO DA BOSCH

O grupo *Bosch* está constantemente exposto a novos desafios e mudanças de mercado, o que leva à necessidade de agir rapidamente, de modo eficiente e com redução de custos. A criação de um processo produtivo próprio, BPS (*Bosch Production System*) é uma forma de garantir a redução de desperdícios, de custos e o aumento da competitividade.

4.1 Princípios do BPS

O BPS baseia-se em 8 princípios que formam a base para a ação e cooperação entre os vários departamentos, de modo a criar um sistema sustentável através da eliminação de desperdícios e da satisfação dos pedidos dos clientes. Estes princípios são:

i. Sistema Puxado

Este princípio baseia-se na produção e entrega apenas do que o cliente precisa.

ii. Prevenção de Falhas

Reduzir o número de defeitos através da aplicação de medidas preventivas.

iii. Orientação para o Processo

Desenvolvimento e otimização de todos os processos desde o desenvolvimento do produto até à entrega ao cliente.

iv. Flexibilidade

Adaptação rápida e eficiente às alterações de requisitos por parte dos clientes.

v. Padronização

A padronização ou *standard work* define sequências de trabalho garantindo condições estáveis e processos controlados, permitindo identificar rapidamente os desvios e eliminar desperdícios.

vi. Transparência

Este princípio tem como fundamento que a informação esteja disponível, seja facilmente compreendida e visualmente clara de modo que todos os colaboradores tenham conhecimento das suas tarefas e objetivos. Deste modo os desvios são rapidamente identificados.

vii. Melhoria Contínua

Este princípio baseia-se na melhoria contínua através da prevenção e eliminação do desperdício.

viii. Responsabilidade Pessoal

Este princípio assenta na premissa de que a contribuição dos colaboradores, através dos seus conhecimentos e criatividade, é fundamental para o sucesso da empresa.

5. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

O processo produtivo inicia com a receção das encomendas dos clientes, por parte da Logística 1 (LOG1) e pela receção e controlo da matéria-prima por parte da Logística 2 (LOG2). Todos os materiais ao serem rececionados são colocados em caixas da empresa devidamente identificadas para posteriormente entrarem na produção.

5.1 Descrição do processo de Planeamento da Logística

Logística 1 (LOG1) recebe as encomendas dos clientes diariamente ou semanalmente via SAP (*Systems, Applications and Products in Data Processing*). Cada cliente é controlado por encomenda e por *part number*. O mesmo *part number* pode corresponder a mais do que um cliente, dado que está associado ao produto. O planeamento é feito a doze meses, nos casos em que não existem pedidos dos clientes para esse período, é feita uma previsão tendo em atenção as informações fornecidas pelos colegas das vendas (*forecast*). Cada planeador conhece o cliente pelo histórico mas não existe uma análise profunda sobre as flutuações, os planos são geridos pelas encomendas que surgem.

Quinzenalmente é realizada uma reunião para o planeamento mensal da produção com os responsáveis de vários departamentos:

Logística 1 (LOG1)– Responsável pelas encomendas;

Logística 3 (LOG3)– Responsável pela matéria-prima;

TEF1 (*Technical Function*) – Responsável pela capacidade das máquinas;

MOE1 – Responsável pela produção das placas de PCB (*Printed Circuit Board*) na inserção automática;

MOE2 – Responsável pela produção final;

Para esta reunião LOG1 leva o plano das encomendas para o mês, LOG3 tem informação da existência ou não de material para satisfazer as encomendas, TEF1 dá indicação das capacidades das linhas, MOE1 e MOE2 transmitem as capacidades reais das linhas e dos problemas existentes nas mesmas. De acordo com as informações fornecidas são decididas as quantidades médias diárias a produzir por linha, se haverá necessidade de trabalhar horas extras em determinadas linhas, de aumentar o número de turnos, ou alocar um produto a mais do que uma linha. Com os resultados desta reunião, às quartas-feiras, LOG1 faz o planeamento da produção para a semana seguinte, o ficheiro resultante, designado por nivelamento, é posteriormente analisado por LOG3 que faz uma análise detalhada respeitante aos materiais

necessários para cada produto. Este ficheiro é enviado para as linhas finais às quintas-feiras. Neste ficheiro consta a referência do produto final, o tipo de produto (A, B, C, D,...), as quantidades diárias e a sequência de produção (1, 2, 3, ...). Os produtos do tipo C, designados por exóticos, são sempre prioritários, caso haja produção para estes produtos a sequência deles é 1, ou seja, são os primeiros produtos a entrar para produção para não se correr o risco de falhar a encomenda, dado que a sua produção é esporádica. Normalmente, no planeamento, há preocupação para que o último produto que consta na sequência de produção do dia seja o primeiro da sequência para o dia seguinte por forma a diminuir os tempos de mudanças na linha. Diariamente em cada linha final é realizada uma reunião com os responsáveis de MOE1 da inserção automática, MOE2 das linhas finais e LOG1 do planeamento para saber se tudo está a ser cumprido ou se há necessidade de alteração do planeamento.

A pessoa da logística responsável pelo planeamento da linha coloca os *kanbans* de produção para esse dia no quadro de nivelamento, o qual se encontra próximo da linha final. Caso os *kanbans* previstos para o dia não sejam produzidos, geralmente, o *kanban* volta a ser replaneado para semanas posteriores. Todavia, nas reuniões diárias é averiguado com o chefe de linha se existe a necessidade de produção desse *kanban* nessa semana.

5.2 Descrição da Linha Manual

Por decisão da empresa, a linha manual onde incidirá o estudo será a linha 2M07, a qual fornece material para três linhas finais: 2N08, 2P02 e 2P06. Esta linha está situada no segundo piso do edifício 101, como é visível no *layout* da figura 21.

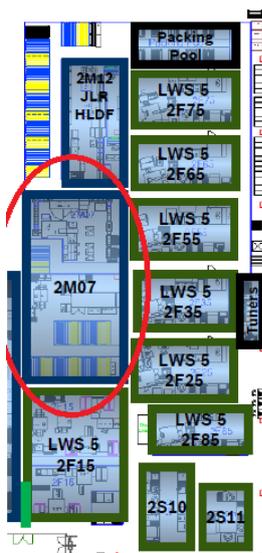


Figura 21- Layout Piso 2 do Edifício 101 da Bosch

5.2.1 A Linha 2M07

A 2M07 é uma célula onde se realizam processos de montagem manual através da inserção de componentes em placas de circuito impresso -PCB - para sistemas de navegação automóvel. A célula 2M07 funciona com três turnos diários, de segunda a sexta, o terceiro turno para completar o horário semanal, trabalha até às 8h30 de sábado. Os horários praticados estão de acordo com a tabela 1 (dados retirados de documentação interna da empresa).

Tabela 1- Horários dos Turnos

	1º Turno	2º Turno	3º Turno
Início	06h00	14h30	23h00
Reunião [5min]	06h00 - 06h05	14h30 – 14h35	23h00 – 23h05
Intervalo [13 min]	08h25 – 8h38	17h02 – 17h15	01h20 – 01h33
Intervalo [refeição 30 min]	11h50 – 12h20	19h45 – 20h15	03h15 – 03h45
Intervalo [5 min]	13h00 – 13h05	21h25 – 21h30	06h25 – 06h30 (apenas ao sábado)
Fim	14h30	23h00	06h00
Fim (sexta)			8h30 (de sábado)

Em cada turno há um operador responsável por todos os postos, um operador responsável pelo transporte dos materiais para a célula, POUP (*Point Of Use Provider*) e um chefe de linha.

Esta célula é composta por sete atividades distintas:1) montagem manual, 2) *Clinch*, 3) soldadura, 4) fresa (corte), 5) inspeção visual – *AOI (Automatic Optical Inspection)*, 6) *ICT (In Circuit Tester)* e 7) *FCT (Functional Testing)*, o percurso feito pelas placas na linha é descrito no fluxograma da figura 22.

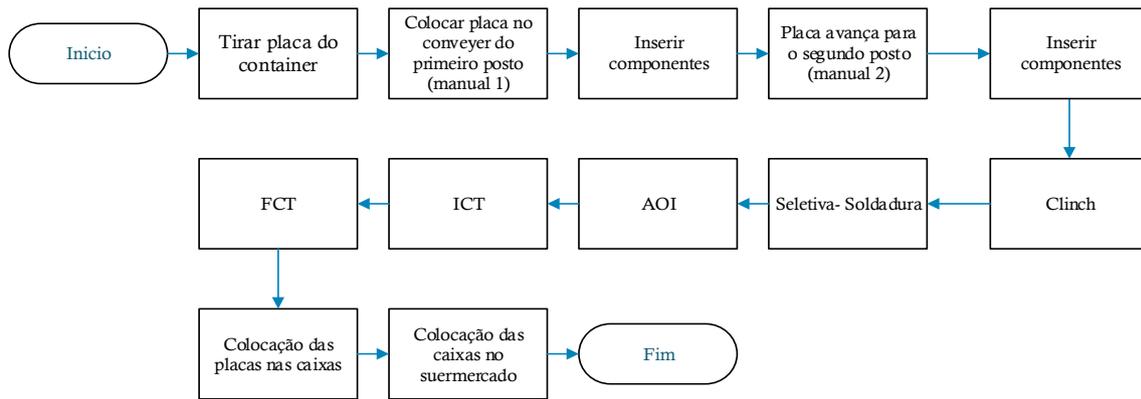


Figura 22- Circuito das atividades da célula 2M07

No processo de AOI há uma verificação visual da soldadura. Após verificação visual do operador, as placas consideradas boas passam para o processo de ICT. Na célula há dois ICT's, cada um com uma pequena base para colocar a placa que vai entrar. Depois do teste, se a placa apresentar valores medidos dentro dos intervalos que constam na sua especificação, passa para a base de entrada para teste no FCT. Nesta célula existem quatro postos de FCT dado que é o posto mais lento da linha, designado por *bottleneck*. No caso de a placa não passar em algum dos testes é enviada para reparação, no caso de este passo ser permitido pelo cliente para o produto em questão. Na figura 23 está representado o *layout* da célula 2M07.

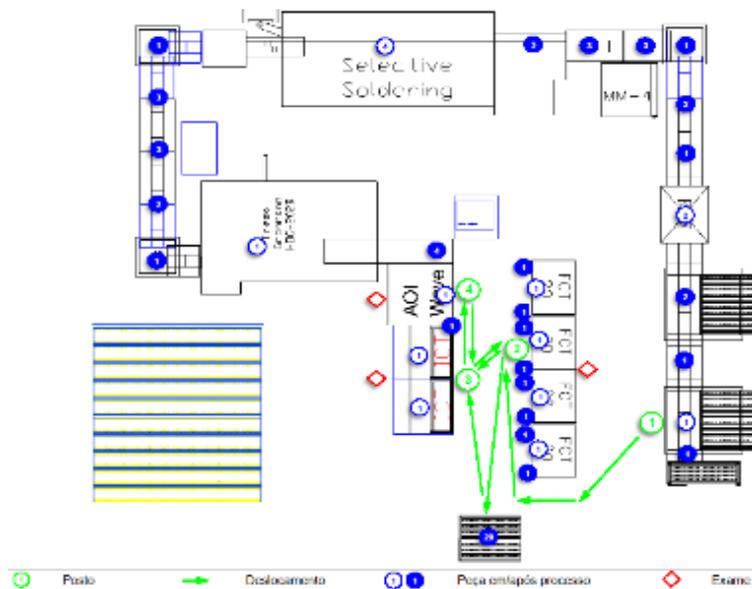


Figura 23- Layout da célula 2M07 da Bosch

Para todas as linhas existe o trabalho *standard* onde são definidas todas as tarefas dos operadores bem como os tempos que demoram a realizá-las, permitindo que as tarefas sejam sempre realizadas do mesmo modo por qualquer pessoa, diminuindo a probabilidade de erro. As placas *nutzen* que entram no processo produtivo da célula são provenientes da inserção automática que é realizada no edifício 108, de seguida são transportadas em *containers* (figura 24), por camião desde o cais do edifício 108 até ao cais do edifício 101.



Figura 24- Containers com placas *nutzen* usados na Bosch

Deste são levadas pelo *milk run* (pessoa responsável pelo transporte de materiais entre processos) de MOE1, figura 25, até ao supermercado de matéria-prima existente no segundo piso do edifício 101.



Figura 25- Carrinho do *milk run* da Bosch

Todos os *containers* estão identificados com uma etiqueta com o número da placa correspondente. Os materiais que vão entrar no processo vêm do armazém de logística (LOG2) em caixas devidamente etiquetadas com o código do material. Estas são trazidas pelo *milk run* da logística sendo alocadas no respetivo armazém. Quando acaba uma caixa de material o colaborador de apoio à linha, POUP retira a etiqueta da caixa e faz a leitura da mesma através de um sistema informático - PDA (*Personal Digital Assistant*) - fornecendo indicação a LOG2 que é necessário repor esse material, figura 26.



Figura 26- Sistema informático PDA usado na Bosch

Os *containers* com as placas que vêm da inserção automática e que vão dar entrada na linha manual para inserção de componentes são levadas pelo *milk run* do supermercado geral de MOE1 para o supermercado da linha.

Mediante o produto que vai ser iniciado, o *POUP* leva para a rampa de abastecimento ao primeiro posto da linha os *containers* com as placas usadas nesse produto e também distribui pelos postos de trabalho as caixas com os materiais necessários.

A placa, após passar por todos os postos, é acondicionada em *blisters* específicos para cada produto os quais são posteriormente colocados em caixas devidamente identificadas, figura 27.



Figura 27- Blisters usados na Bosch

As caixas são identificadas com etiquetas coloridas. Cada cor é específica em função da família de produto. Nestas etiquetas também consta o nome do produto, a linha manual onde é feita a inserção de componentes, a referência do conjunto produzido e a referência do *blister* utilizado para as placas, como é visível na figura 28.



Figura 28- Caixas usadas na Bosch para armazenamento de placas com componentes

Estas caixas são colocadas no supermercado da linha (figura 29) para serem recolhidas pelo *milk run* para a linha final respetiva.



Figura 29- Supermercado da linha 2M07 da Bosch

Como esta linha manual trabalha para linhas finais que se situam noutra edificação, o *milk run* deixa estas caixas num cais (cais 101) para serem transportadas por um camião até ao cais do outro edifício (cais 104) e daí serem levadas por outro *milk run* até ao supermercado das linhas finais onde, posteriormente são inseridos outros componentes para obtenção do produto final. Os tempos de ciclo do *milk run* estão descritos no diagrama seguinte, figura 30, constata-se que o tempo total do ciclo do *milk run* é de 113 minutos.

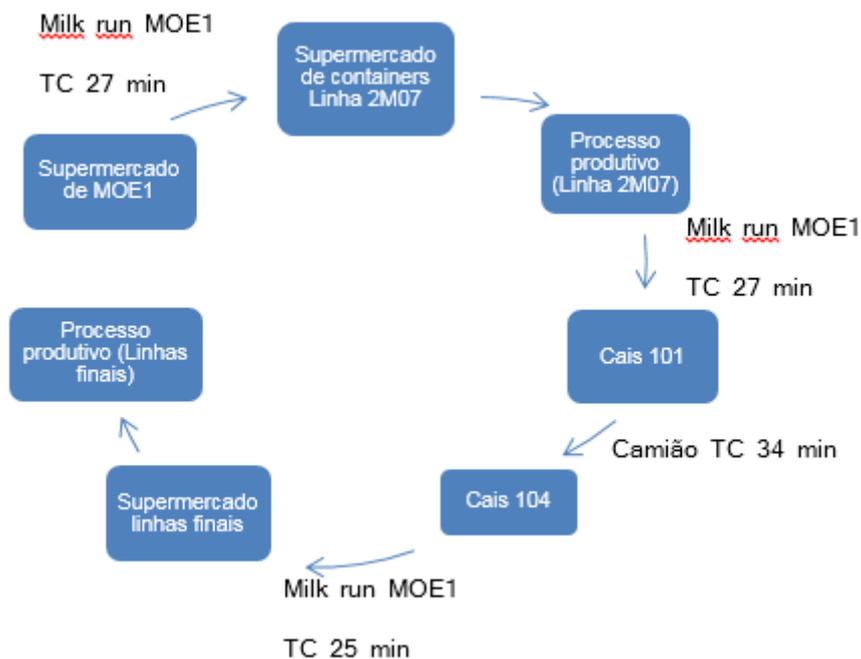


Figura 30- Tempos de ciclo do milk run

Para uma melhor compreensão do processo, as placas que saem da linha manual serão identificadas por conjuntos, dado que já se procedeu à inserção de componentes.

Na célula 2M07 são produzidas quatro famílias de produtos GMMY, IPPC, CTP e RNS que têm como clientes as linhas finais 2N08, 2P02 e 2P06. O produto GMMY é o que tem maior produção, designado por isso, como tipo A. O produto IPPC está a ser produzido menos vezes uma vez que também tem produção numa outra linha manual. O CTP é um produto novo que está a iniciar a produção. O produto RNS é um produto do tipo C, designado por exótico pois só é feito esporadicamente.

O planeamento da produção de uma semana é iniciado na semana anterior: todas as sextas-feiras, o chefe de linha imprime o planeamento enviado, no dia anterior, pela logística (LOG1) para as linhas finais (nivelamento). O planeamento é afixado num quadro existente na produção, designado quadro de planeamento, figura 31.



Figura 31- Quadro de planeamento das linhas manuais da Bosch

Este quadro é consultado diariamente pelos chefes de linhas, sendo-lhes deste modo possível proceder ao planeamento da produção do dia. Esta informação é igualmente relevante ao facilitar o registo do volume cumulativo de produção até ao momento. Possibilita-se deste modo um controlo visual mais acessível. Sempre que a produção de determinado *part number* é concluída, o chefe de linha pinta, no plano respetivo, essa produção.

Para que as linhas finais possam começar a produzir no início de cada semana é necessário que a linha manual e a linha de inserção automática iniciem a produção pelo menos com um turno de antecedência. Dependendo do *stock* existente no supermercado, a produção poderá iniciar-se no primeiro, segundo ou terceiro turno. Após definido o plano semanal de produção, o detalhe de produção diário inicia-se com o preenchimento de cartões de produção. Nestes é colocada a data, a referência do produto, a sequência e a quantidade. Estes cartões são colocados sequencialmente por ordem de produção no primeiro posto de trabalho. De notar que o uso destes cartões é uma opção dos chefes de linha para perceberem mais rapidamente o que já foi produzido e o que falta produzir. Simultaneamente, esta informação é introduzida num programa informático que está colocado no primeiro posto de trabalho e que regista as placas que passam por esse posto, dando uma indicação visual das placas já produzidas e a produção que está planeada, como é visível na figura 32.

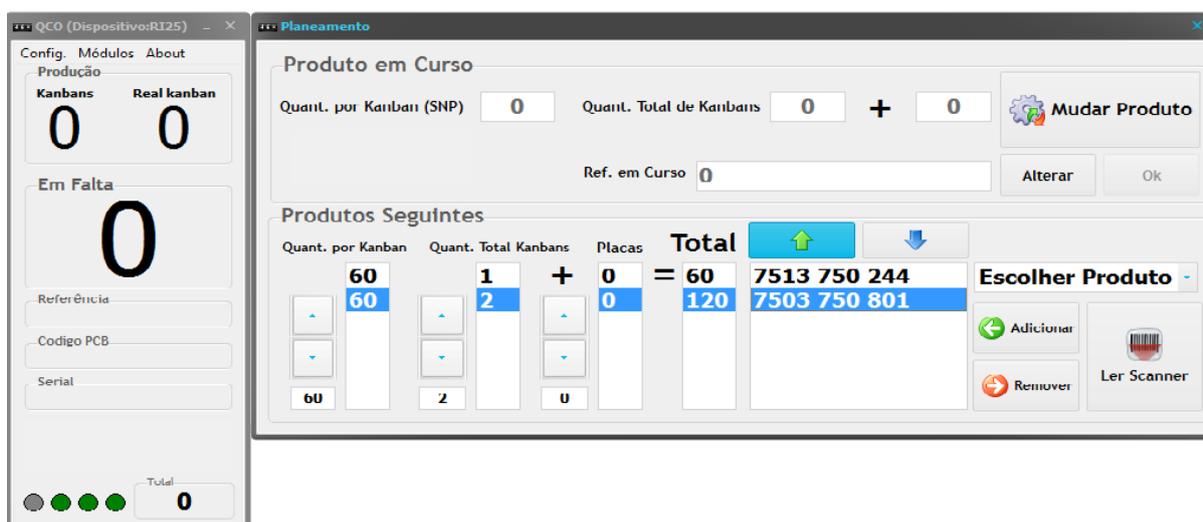


Figura 32- Programa informático para inserção do planeamento diário da linha manual usado na Bosch

Caso alguma placa não passe nos postos de controlo de qualidade, tem de ser introduzida uma nova placa no sistema produtivo assim como registada no programa, por forma a atingir a produção pretendida.

Uma outra ferramenta informática de suporte à produção tem o nome de *Andon*, figura 33. O planeamento para o turno tem de ser introduzido nesta ferramenta. Note-se que esta utiliza um *interface* gráfico que mostra, em tempo real, qual o produto em produção, o seu tempo de ciclo, a quantidade pretendida, a quantidade já produzida assim como aquela que deveria ter sido produzida. Caso exista uma diferença entre estas últimas quantidades, essa surge a vermelho no monitor. O registo dos produtos em produção nesta aplicação é feito na passagem pelo posto do ICT.

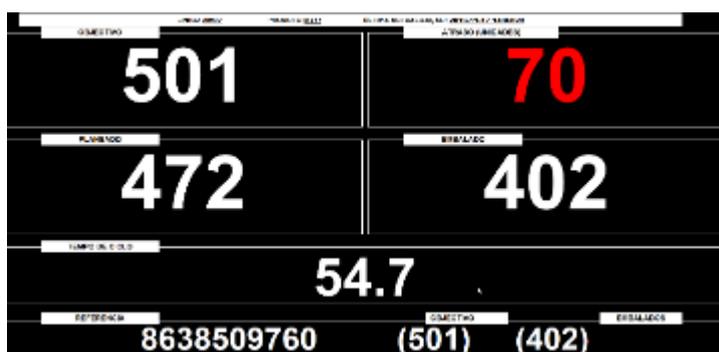


Figura 33- Andon

5.2.2 Principais Problemas Detetados

Durante o processo produtivo verificam-se diversos desperdícios no que se refere a Produção em excesso, Paragens, Transportes, Inventário, Espaço, Movimentações desnecessárias e Defeitos.

Excesso de produção

Considerando que o objetivo de produção se foca na linha, pode existir a tendência de excluir a situação do restante sistema de produção. Pode verificar-se quando a preocupação está focada nos objetivos do plano, a existência do risco de encher o supermercado sem verificar se o cliente (linha final) está ou não a necessitar desses produtos. Note-se aqui o risco: a linha final pode, por algum motivo alheio ao planeado, ter parado/alterado a produção. Como consequência na pior das situações pode ocorrer o caso dos conjuntos que estão no supermercado da linha manual não chegarem a ser gastos. Situação que gera desperdício de material, dado que, até chegar à linha final, a placa passou por diversos processos de inserção de componentes, o que envolve custos. Por outro lado há desperdício de espaço, com material que poderá não finalizar a produção a curto prazo e desperdício de caixas que poderão ser necessárias para a produção de outra referência.

Paragens

No que diz respeito a este tipo de desperdício apontam-se as situações seguintes:

Avarias na linha;

Falta de material e/ou placas para abastecimento à produção;

Falta de caixas para colocar os produtos que saem da linha;

Changeover demorados;

Transportes

Uma outra situação que gera desperdício temporal são os transportes. Neste caso dos *milk runs*, que por vezes não realizam o transporte das caixas com material de produção ou das caixas vazias para receberem material para produção entre os supermercados. Esta situação pode ocorrer por dois motivos:

O pedido não foi feito, por parte do chefe da linha final, por esquecimento;

Os contentores com caixas vazias que se encontram no cais 104 têm o cartão a assinalar que as caixas estão cheias e, portanto, não são transportadas para o cais 101 como caixas vazias.

Inventário

Esta situação é originada pela produção antecipada dos produtos com o intuito de prevenir falhas na linha final.

Espaço

Como consequência da produção em excesso, surge um novo problema que é o espaço ocupado para armazenar os produtos.

Movimentações desnecessárias

Este desperdício, pode surgir devido a vários fatores, nomeadamente:

Os chefes de linha têm de se deslocar aos supermercados de matéria-prima para contar as placas que estão disponíveis para entrarem em produção com o intuito de perceberem se terão as quantidades necessárias de material;

Quando não existem caixas vazias no supermercado da linha manual, os chefes de linha têm de localizar estas caixas vazias que poderão encontrar-se no cais 101. Dada a urgência poderão ser os chefes de linha a fazer o transporte das caixas para o supermercado, não ficando a aguardar pelos *milk runs*.

Os chefes de linha têm de se deslocar várias vezes por dia ao quadro de planeamento para se atualizarem sobre os objetivos de produção;

Quando há algum problema de qualidade numa placa os colaboradores da linha têm de se deslocar até ao reparador parando a produção.

Defeitos

Problemas de qualidade, que podem advir por falta de tempo para o controlo do processo. Considerando que muitos dos defeitos são potenciados pela redução do tempo disponível para a execução dos objetivos planeados, mostra-se imprescindível enumerar neste bloco os principais contratempos que afetam o tempo inicialmente planeado.

São estes os principais problemas detetados durante o acompanhamento dos chefes de linha e a solução tipicamente utilizada por estes é a que se apresenta na tabela 2.

Tabela 2- Problemas detetados

Problema	Solução
Inexistência de placas para iniciar a produção;	Contactar o chefe de linha da inserção automática e requisitar as placas em falta;
Placas insuficientes para cumprir a sequência;	Verifica disponibilidade de outras referências com o planeamento de inserção automática; Altera a sequência para não parar a linha;
Inexistência de caixas vazias para colocar os produtos;	Contactar a pessoa responsável na linha final e/ ou Milk run a requisitar caixas e/ou perceber qual o constrangimento. De notar que a linha poderá parar;
Avárias; <i>Changeover</i>;	Comunicar a avaria; <i>Changeover</i> ;
Objetivo de produção alcançado na linha em análise, mas não na linha subsequente, a qual não gastou o que foi produzido na linha manual;	Saber junto das linhas finais se o planeamento foi cumprido; Saber junto da logística se o remanescente do objetivo de produção transita para a semana seguinte, ou se é feito o <i>reset</i> da produção.
Falta de abastecimento de material pela logística	Verificar informaticamente se foi gerado pedido de material para a logística.
Problemas de qualidade	Parar a produção; levar placas para serem avaliadas pelo técnico.
Constantes alterações do plano de produção por parte da logística	Constante verificação e atualização do plano; Alteração da produção.

Dada a importância deste tópico, durante uma semana e no horário entre 8h30 e as 17h30 foram registadas as tarefas realizadas pelos chefes de linha da célula 2M07 e cronometrados os tempos usados para planeamento. Aqui inclui-se o tempo utilizado em telefonemas que os chefes de linha realizam por diversos motivos, como para saber se existem placas na inserção automática, ou na linha final. Contabilizou-se de igual modo o tempo utilizado na procura de placas, nas deslocações entre as várias linhas e o quadro de planeamento, no preenchimento dos cartões de produção, entre outros. Dentro deste horário estão incluídas tarefas do chefe do primeiro e do segundo turno. As tarefas realizadas pelos chefes de linha das manuais estão registadas na tabela 3. Verifica-se disparidade entre o trabalho *standard* existente para os chefes de linha, figura 34 e o que realmente é feito.

Tabela 3- Chefes de Linha das Manuais

Tarefas realizadas
Planeamento
Preparação de reunião DMM (<i>Department Manager Meeting</i>)
Reunião DMM
Resolução de problemas nas linhas
Registos de produção horária, OPL (<i>Open Points List</i>), validações 4Ms, registo avarias, etc.
Resolução de problemas de qualidade
Controlo do processo

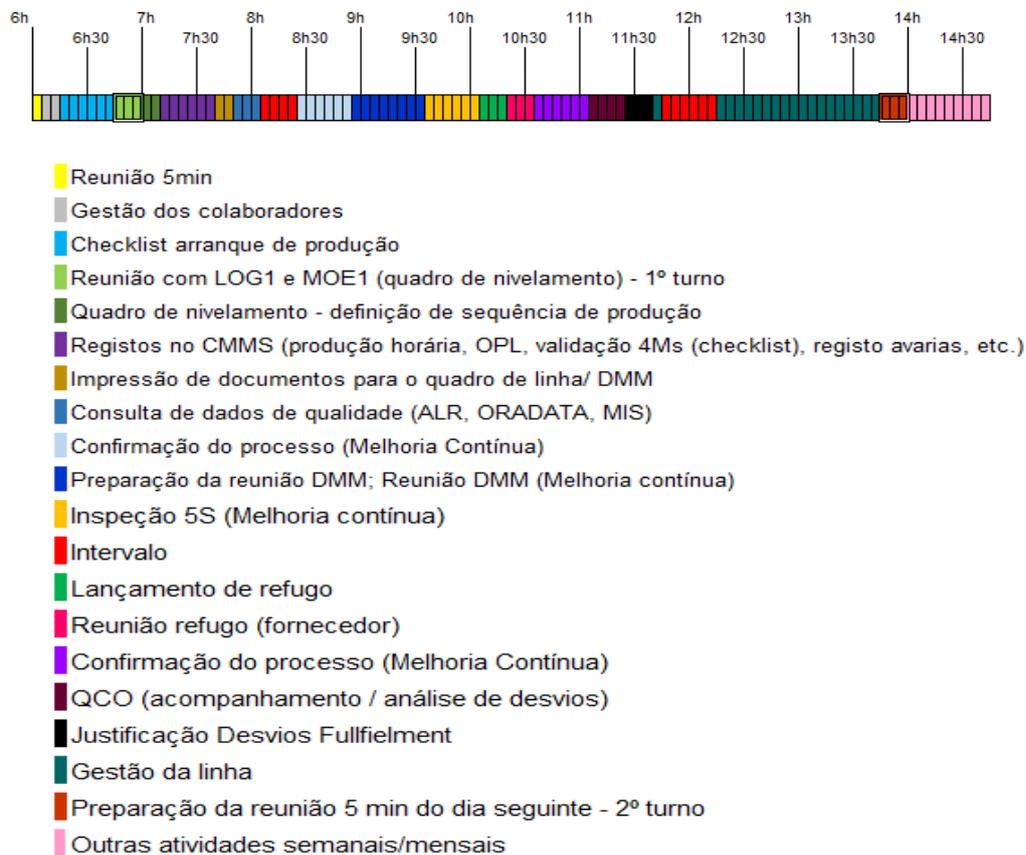


Figura 34- Trabalho standard dos chefes de linha (Processos da Bosch)

Tabela 4- Tempo usado no planeamento

Data	18-nov	22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	Total (min)
Telefonemas [min]	6,55	8,48	11,43	6,06	5	37,52
Planeamento [min]	57,86	38,91	41,66	41,65	56,67	236,75
Total [min]	64,41	47,39	53,09	47,71	61,67	274,27

Constata-se que estes utilizam muito tempo a planear a produção, sendo reduzido o tempo utilizado na implementação da melhoria contínua. Relativamente aos tempos cronometrados para planeamento, estes estão registados na tabela 4 totalizando, aproximadamente, 4 horas e 34 minutos por semana.

5.2.3 Identificação dos Produtos Correntes

Para identificar o produto ou família de produtos que mais se produzem na linha pode ser feita uma análise de Pareto ou análise ABC que ajuda as empresas a estabelecer prioridades em várias áreas tais como controlo de inventário, previsões e tempos. A classe A representa 10 a 20 % dos bens ou serviços que pode representar 70 a 80% das vendas. Os produtos C são aqueles que são produzidos em menor quantidade e por isso, menos representativos.

No caso da *Bosch*, esta análise é feita mensalmente e são identificados os produtos que ocupam entre 70 e 90% do POT (*Planned Operating Time*), figura 35. Esses produtos são designados por correntes (*runners*) e os restantes por exóticos.

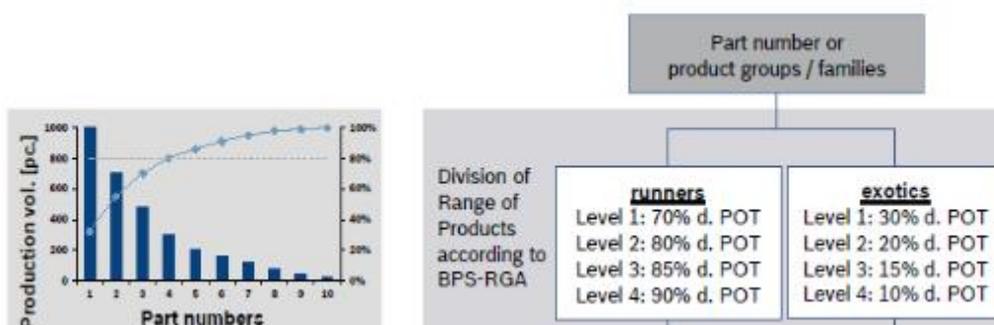


Figura 35- Análise dos produtos A (Bosch, 2011b)

Realizou-se uma análise das tabelas de controlo de nivelamento enviadas pela logística para as linhas finais em estudo, com o intuito de identificar os produtos tipo A feitos na linha 2M07. No Anexo III encontra-se um exemplo destas tabelas. Esta análise debruçou-se sobre o

planeamento dos produtos tipo A entre as semanas 45 e 49, tabela 5, constatando-se que o produto com maior produção é da família GM com referência 751340054755L. Dado que este tem maior produção e passa por todos os processos, foi o selecionado para a realização do VSM. De notar também que este produto é finalizado na linha 2N08 e, deste modo, no capítulo seguinte é feita a análise e descrição desta linha.

Tabela 5- Análise dos produtos A

Semana	Referência	Marca	Quantidade média semanal
45	751340054755L	GM	818
	76200003005D3	IPPC	128
46	76200003005D3	IPPC	144
	751340036855L	GM	168
	751340054755L	GM	948
47	751340036855L	GM	276
	751340054755L	GM	804
	76200003105D3	IPPC	144
48	76200003105D3	IPPC	144
	751340036855L	GM	210
	751340054755L	GM	810
49	751340054755L	GM	782
	76200003006LC	IPPC	112

5.3 Descrição da Linha Final

A linha final 2N08, cliente da linha manual 2M07, situa-se no edifício 104, figura 36.

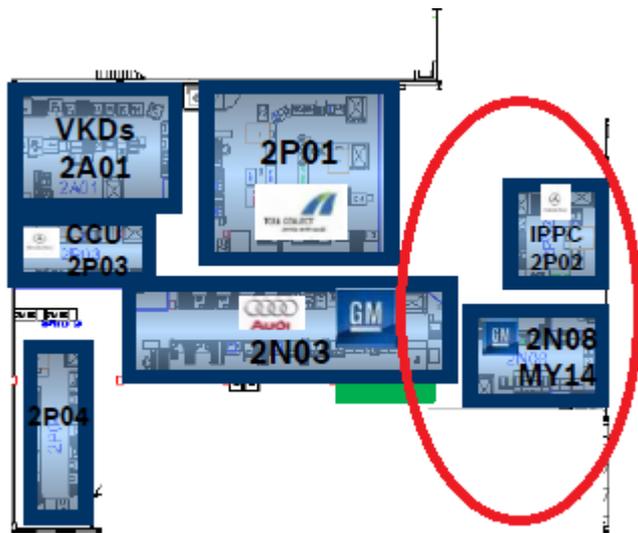


Figura 36- Layout do edifício 104 da Bosch

5.3.1 A Linha 2N08

Tal como nas linhas manuais, nas finais existe um supermercado com todo o material para abastecer as linhas e este é feito pelo POUP, que também tem a função de pedir material à logística. Quando os conjuntos no supermercado estão a ficar escassos, o chefe de linha telefona para o colega das linhas manuais a questionar sobre a situação, que pode ter diferentes razões:

- As manuais não fizeram os conjuntos atempadamente porque não receberam as placas do fornecedor, MOE1, com a devida antecedência;
- Os conjuntos estão no cais 101 para serem levados pelo camião para o cais das linhas finais;
- Avarias na linha que provocou atrasos nas entregas;
- Falta de comunicação;

Para a linha não parar a produção, pode ser necessário realizar uma mudança de produto correndo o risco de não cumprir a sequência da produção (*fulfillment*).

O chefe de linha do primeiro turno tem de iniciar a produção do dia de acordo com os *kanbans* existentes no quadro de planeamento, como é visível na figura 37.



Figura 37- Quadro de planejamento da linha 2N08 da Bosch

Esta linha é cliente da manual 2M07, uma vez que, faz os produtos da família GM.

Esta linha trabalha com três turnos e com 3 operadores em cada turno. Nesta linha existem dois postos de inserção manual de componentes, cinco postos de FCT50 e dois de FCT60, um posto de AOI e um posto de embalagem, tal como se pode visualizar no *layout* da linha (figura 38).

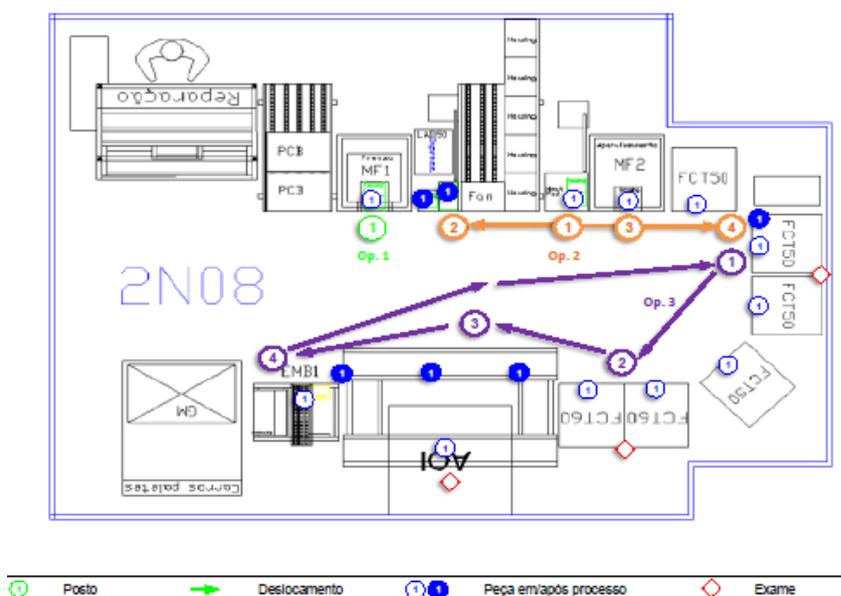


Figura 38- Layout da linha 2N08

A produção inicia com a retirada do primeiro *kanban* do quadro de nivelamento, que é colocado no posto de embalagem. É impressa uma etiqueta com o código da embalagem que vai ser produzida e é colada em todas as caixas que fazem parte do lote. Cada caixa leva dez produtos e o lote completo tem dez caixas, perfazendo um total de cento e vinte unidades. Quando completam o lote, o *kanban* é retirado do posto de embalagem e o lote segue para o QIM (*Quality Inspection Manufacturing*) que já inspecionou uma percentagem de material e dá indicação para o lote ser vendido. Depois de identificado segue para o armazém da logística.

5.4 Construção do Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* de um produto permite visualizar o fluxo de informação e de material entre todos os processos e detetar os desperdícios existentes. O produto GM MY17 com a referência 751340054755L, tal como já foi referido foi o que teve maior produção semanal e foi, por isso, selecionado para ser mapeado. Na figura 39 encontra-se o VSM do produto e destaca-se a parte do processo onde este estudo se vai centrar e para a qual se pretende propor melhorias. Com uma visão rápida sobre esta parte do VSM consegue-se visualizar vários dos problemas já referidos anteriormente, nomeadamente, os *stocks* elevados entre os processos, os desperdícios de tempo em planeamento provocando indisponibilidade para o controlo do processo e implementação de melhoria contínua por parte dos chefes de linha. Todas estas situações são derivadas, essencialmente, pela ausência de um sistema puxado entre os processos.

Para complementar o estudo do *stock* entre processos, foi registado, durante dez dias, sempre à mesma hora, o stock de placas para produção na linha 2M07 existente no SAP (stock in), no supermercado da linha 2M07 (stock out), para entrada em produção nos supermercados das linhas 2N08 e 2P02 (stock linha final) e o que estava planeado para esse dia, tal como consta no gráfico da figura 40, constatando-se a existência de muito stock entre estes processos, o que constituiu muito desperdício, para além deste facto verifica-se que, para alguns *part numbers*, a produção de PCB's por parte da inserção automática é bastante superior ao planeado.

VSM PS
 Type: 7813400547-55L (GM - MY)
 PCB: 8638549760
 Daily Qty: 1195
 TT: 1.1min/pc

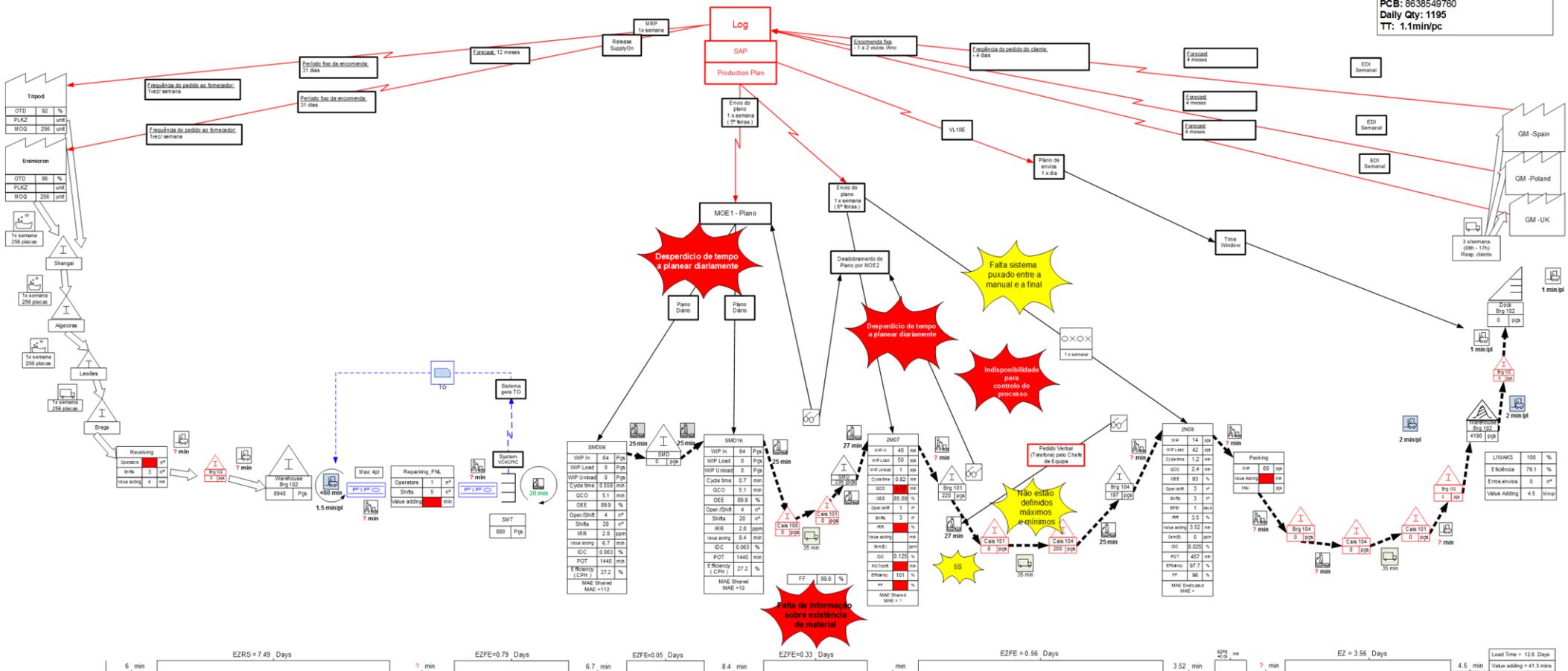


Figura 39- VSM do produto GM MY 17

Work in process

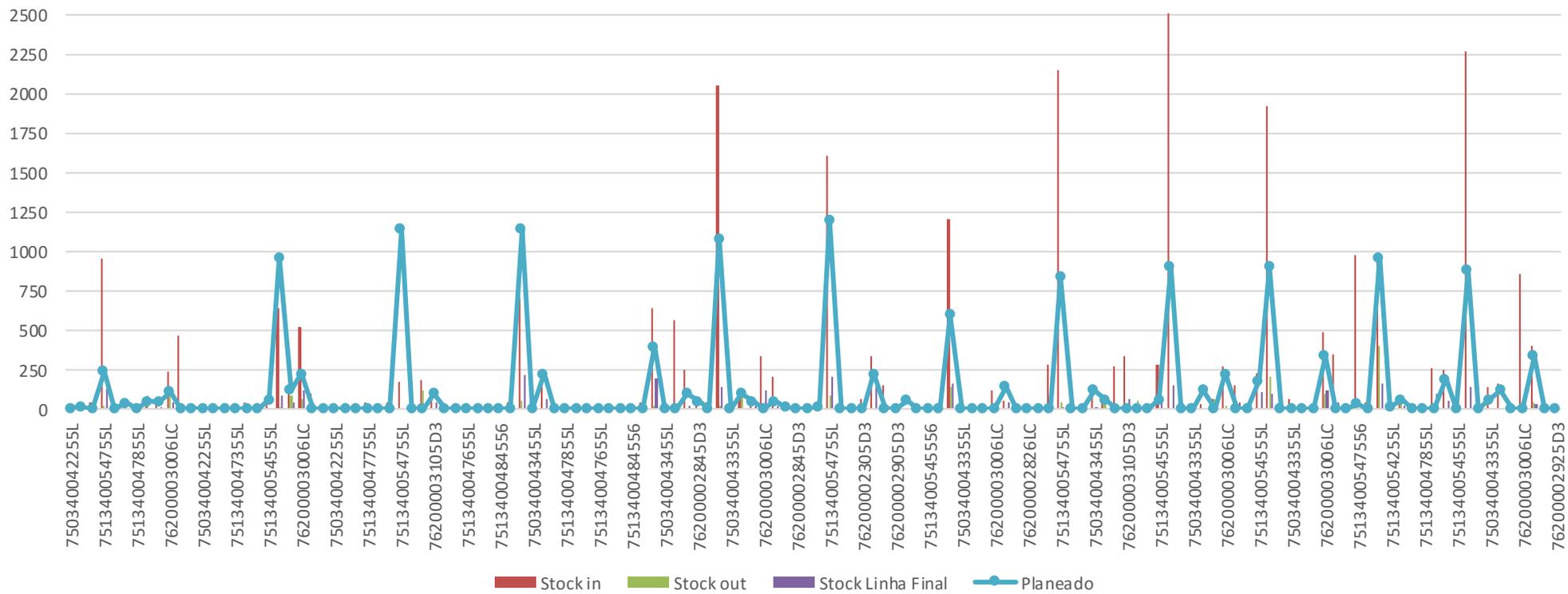


Figura 40- Stock existente entre processos

6. TRABALHOS DE MELHORIA

Neste capítulo serão estudadas as viabilidades de aplicação de uma das duas situações possíveis: Supermercado ou *FIFO Lane* entre os processos da linha manual e das linhas finais.

6.1 Supermercado

Com a implementação de um supermercado entre os processos da linha manual e das linhas finais, o plano de produção tem de ser enviado para as linhas finais, como mostra a figura 41.

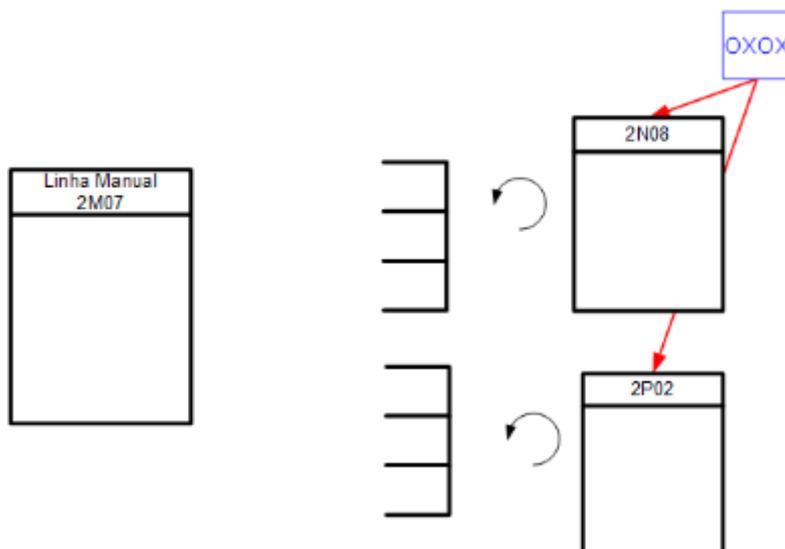


Figura 41- Supermercado entre a linha manual e as linhas finais

Deste modo, as linhas finais consomem o material do supermercado na medida das suas necessidades e é enviada uma ordem de produção, através de *kanbans*, para a linha manual repor o material que já foi consumido. Desta forma há controlo sobre o que é produzido, existindo um *stock* controlado no supermercado.

Não existindo nenhum fator que inviabilize a implementação do supermercado passa-se a estudar o processo de implementação e o seu dimensionamento.

O supermercado entre os processos da linha manual e das linhas finais deverá conter apenas produtos do tipo A para evitar um sobredimensionamento do supermercado e, dado que, os produtos do tipo B e C são mais esporádicos e produzidos em menores quantidades, não há necessidade de ter material destes *part numbers* em supermercado. Consoante o plano de produção entregue pela logística, as linhas finais iniciam a produção retirando do supermercado

a caixa com as placas que vão produzir e o respetivo *kanban* de transporte e é enviado um *kanban* de produção para a linha manual saber o que tem de repor, como é visível na figura 42.

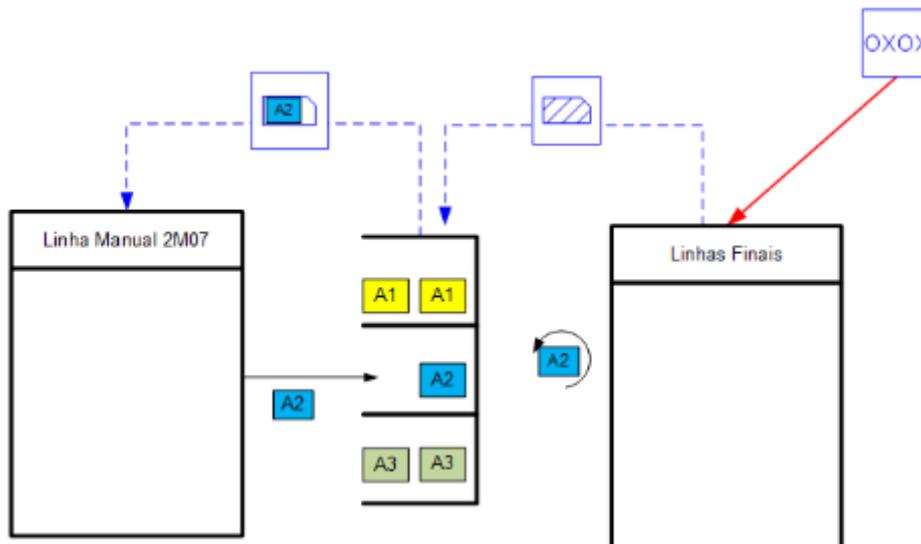


Figura 42- Funcionamento do sistema kanban entre os processos

Dado que a linha 2M07 terá de abastecer dois supermercados para as linhas finais 2N08 e 2P02 (uma vez que a linha 2P06 está em processo de arranque não será considerada no estudo) e estas linhas se encontram em edifícios diferentes, sugere-se que estes supermercados sejam colocados junto da linha manual de modo a evitar perda de informação.

Assim, consoante a necessidade das linhas finais, o *milk run* retira as caixas necessárias do supermercado e retira também o *kanban* existente em cada caixa. Se a informação para produção fosse feita caixa a caixa seria necessário manusear muitos *kanbans*, o que dificultaria o processo, deste modo, sugere-se que o *milk run*, sempre que retira o *kanban* da caixa o coloque num quadro de construção de lote. Assim, sempre que o lote fique completo é retirado um *kanban* de produção para a linha manual saber o que tem de repor o material retirado. Estes cartões de produção devem ser colocados no quadro de construção de lote no local que tem uma faixa de cor preta para que quem o consultar consiga visualizar facilmente se o lote já foi construído. Quando o lote estiver completo, o chefe de linha retira o *kanban* de produção bem como todos os *kanbans* que originaram a construção do lote, tal como se pode verificar com a figura 43.

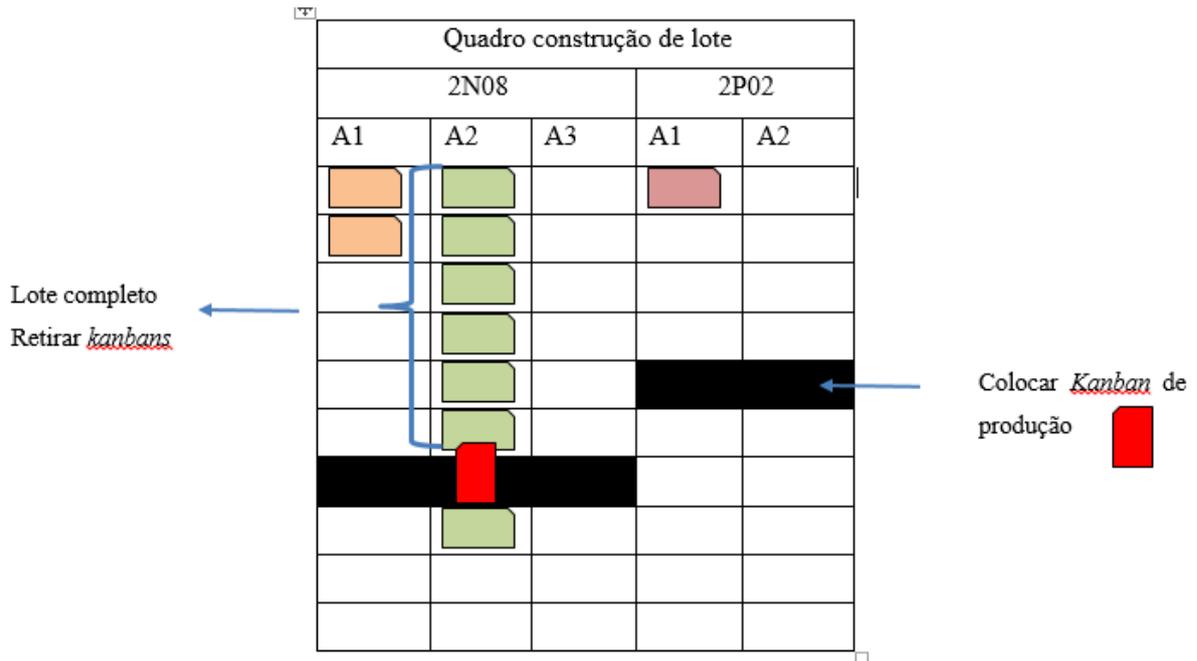


Figura 43- Quadro de construção de lote

O *kanban* de produção é colocado numa caixa de produção e os *kanbans* de construção de lote são colocados no último posto da linha para serem colocados novamente nas caixas que vão entrar no supermercado. Os *kanbans* de produção são posteriormente colocados num sequenciador de produção garantindo a sequência com que foram colocados na caixa, ou seja, o primeiro *kanban* a ser colocado na caixa também é o primeiro a ser retirado. Posteriormente o chefe de linha retira os *kanbans* da caixa de produção e coloca-os no sequenciador de produção pela mesma ordem com que foram consumidos. Este *kanban* de produção deve conter várias informações, nomeadamente, o número do aparelho, o número da placa a ser produzida, a quantidade, o tempo de produção de modo a saber a que horas começa e termina a produção na linha manual.

No sequenciador de produção, o chefe de linha deve colocar a hora a que vai iniciar a produção de cada *kanban* de acordo com o tempo de ciclo do produto que vai entrar na linha, facilitando o processo, uma vez que os operadores sabem o que vão produzir e a que horas. Do mesmo modo, o *POUP* também sabe atempadamente que placas deve trazer para a linha, figura 44.

2M07	
6:05	
7:30	
8:00	

Figura 44- Sequenciador de produção

Relativamente à produção dos produtos C, que não entram no supermercado, esta será feita de acordo com as encomendas que constam do plano. A produção destes *part numbers* é *make to order* e não *make to stock*. Estes produtos são os primeiros a entrar em produção, por isso, devem ser os primeiros a serem colocados no sequenciador de produção e só depois entram os produtos A. Caso não haja placas para satisfazer a encomenda dos produtos C e para as linhas manuais não pararem, sugere-se que a produção prossiga com a produção do próximo produto que consta do sequenciador mas que a produção do produto C inicie logo que possível.

6.1.1 Estudo para a Implementação do Supermercado

Depois de explicado o funcionamento do supermercado para os produtos A, segue-se o estudo da viabilidade de implementação, começando estudo da produção dos produtos tipo A.

- **Planeamento dos produtos tipo A**

Para iniciar o dimensionamento do supermercado é necessário perceber se os produtos tipo A que são produzidos na linha manual 2M07 têm sempre planeamento, para tal, foram recolhidas todas as referências dos produtos A dos planos de produção de dez semanas. Da semana 44 à semana 51 do ano 2016 e das duas primeiras semanas de 2017, tal como consta na tabela 6.

Tabela 6- Produção dos produtos tipo A

Produtos	Semanas									
	44	45	46	47	48	49	50	51	1	2
751340036855L										
751340054755L										
76200003105D3										
76200003005D3										
76200003006LC										

Os valores utilizados nesta compilação de informação, foram obtidos das tabelas de controlo de nivelamento, como é exemplo o Anexo III.

Por observação da tabela 6 verifica-se que o planeamento para estes produtos varia entre as várias semanas. O único que se mantém constante é o produto com a referência 751340054755L. Esta variação entre os produtos A é um problema para a implementação de um supermercado, uma vez que pode implicar um dimensionamento semanal e este redimensionamento implica alteração do número de *kanbans* por produto e da quantidade de *kanbans*.

Por outro lado, esta variação também implica flutuação nas quantidades pedidas. As quantidades para um dado produto variam diária e semanalmente.

- **Análise das flutuações dos produtos A**

Através da análise das tabelas de controlo de nivelamento (Anexo III), também foi possível proceder ao estudo das flutuações dos produtos A. Começou-se por analisar as flutuações das quantidades pedidas por produto durante dez semanas. Os gráficos seguintes mostram para cada produto A as variações das quantidades pedidas durante dez semanas.

Pela análise do gráfico da figura 45, verifica-se que o produto 751340036855L, das dez semanas só produziu em quatro e durante essas semanas teve variações de 24% e -24%.

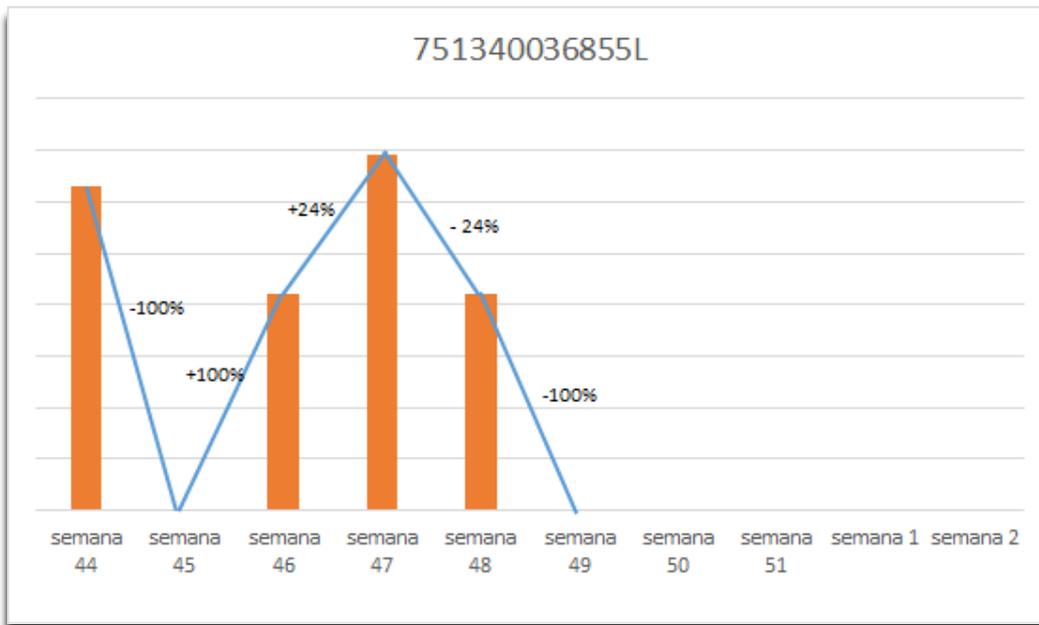


Figura 45- Variação do produto 751340036855L

O produto 751340054755L, figura 46, foi dos produtos A o único que teve produção em todas as semanas e as quantidades produzidas tiveram oscilações entre -11% e +22%.

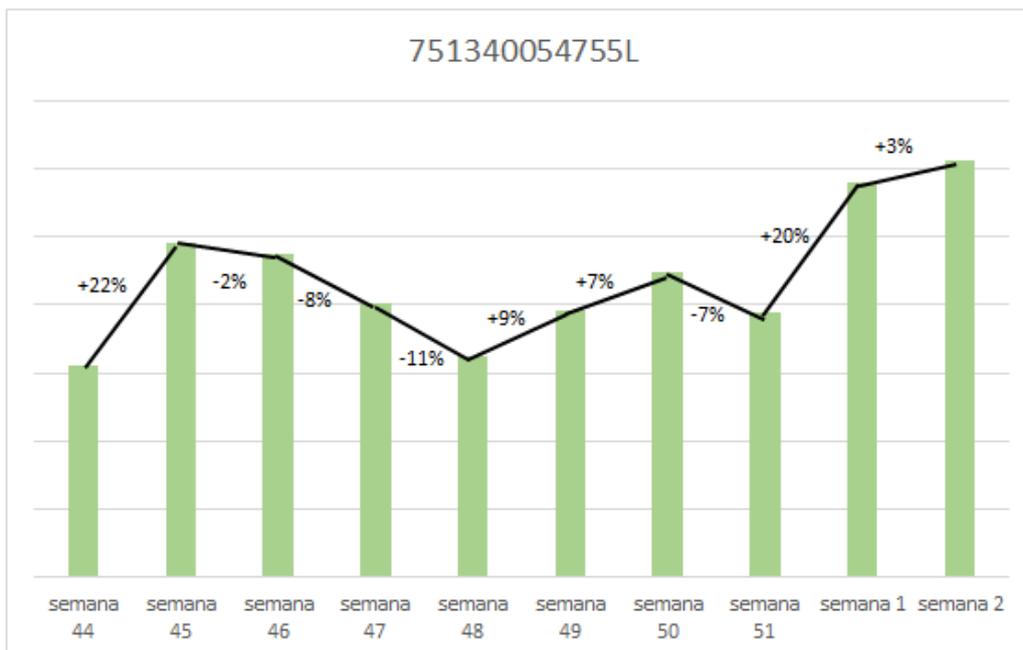


Figura 46-Variação do produto 751340054755L

O produto 7620000105D3, só esteve em produção nas semanas 44, 47 e 48, havendo variações de 100%, uma vez que, deixou de produzir de uma semana para outra. Nas semanas 47 e 48 não houve flutuação, como pode ser constatado na figura 47.

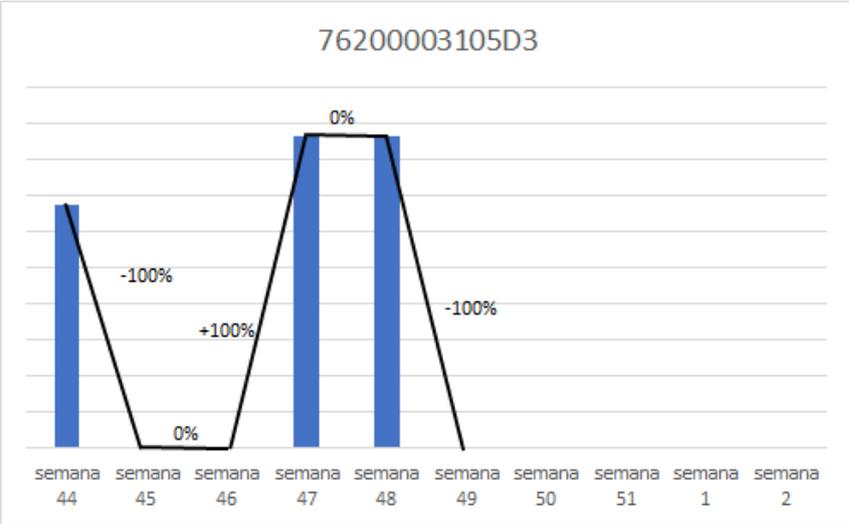


Figura 47- Variação do produto 76200003105D3

O produto 76200003005D3, na amostra das dez semanas esteve duas semanas com produção, com uma flutuação de 6% (figura 48).

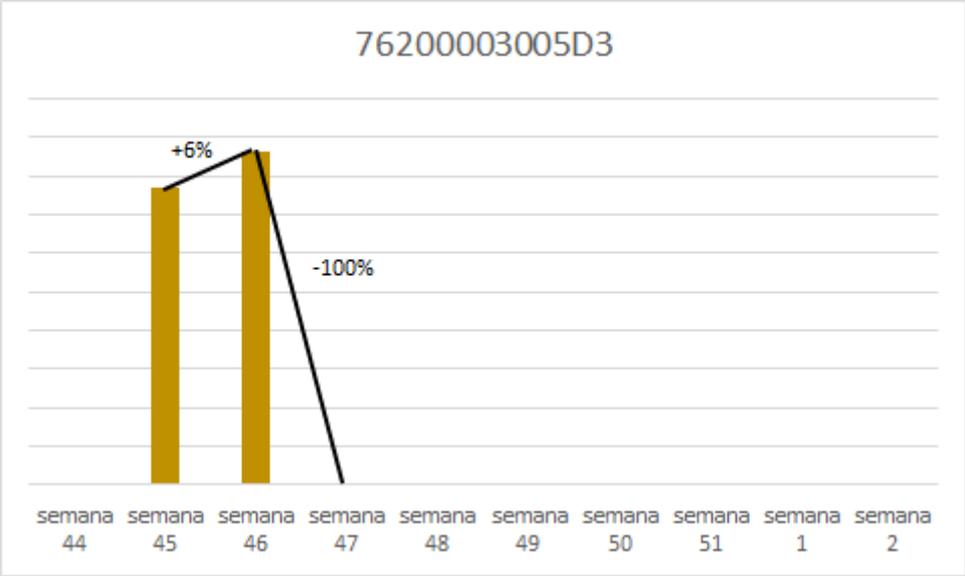


Figura 48- Variação do produto 76200003005D3

Por observação da figura 49, verifica-se que o produto 76200003006LC, na amostra referida, começou a ter produção na semana 49, com variações entre os 0% e os +14%.

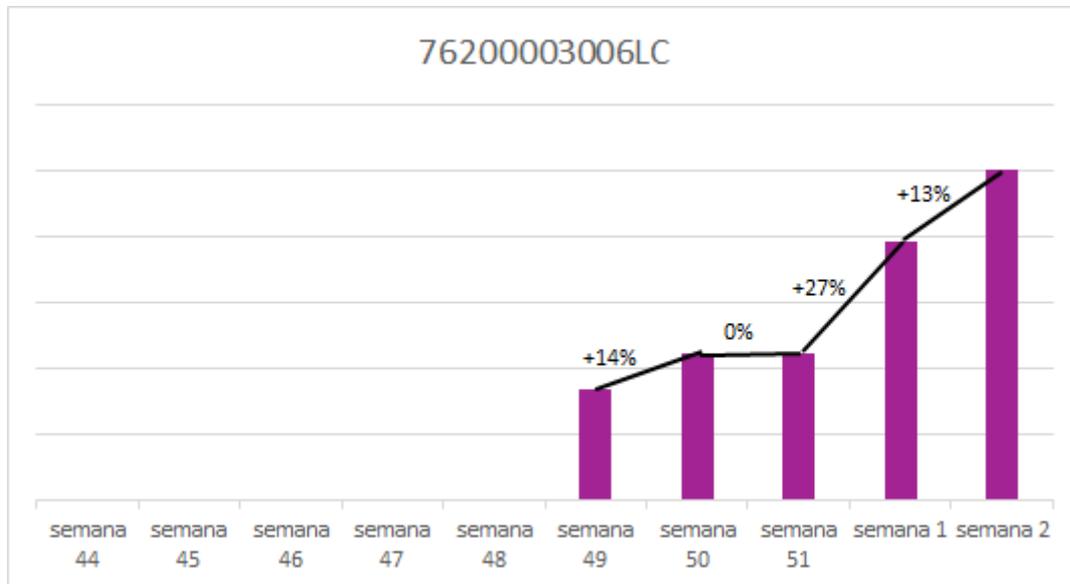


Figura 49- Variação do produto 76200003006LC

Por observação dos vários gráficos, pode concluir-se que existe flutuação nas quantidades produzidas para os produtos A ao longo das semanas, podendo ser de 100%, nos casos em que de uma semana para outra o produto deixa de ser produzido.

Um dos motivos para estas flutuações pode dever-se ao *stock* de produto acabado existente para estes produtos.

Entre os dias 4 e 19 de janeiro, sempre à mesma hora, foram retirados dados sobre os produtos do tipo A que estavam planeados para esses dias e a quantidade de *stock* de produto acabado para esses mesmos produtos. Como se pode constatar pela análise dos gráficos das figuras 50, 51 e 52, a quantidade de *stock* acabado é inconstante. Caso não se verificasse esta situação, ou seja, caso o *stock* de produto acabado fosse constante, a procura por parte do cliente e a quantidade produzida seriam iguais.

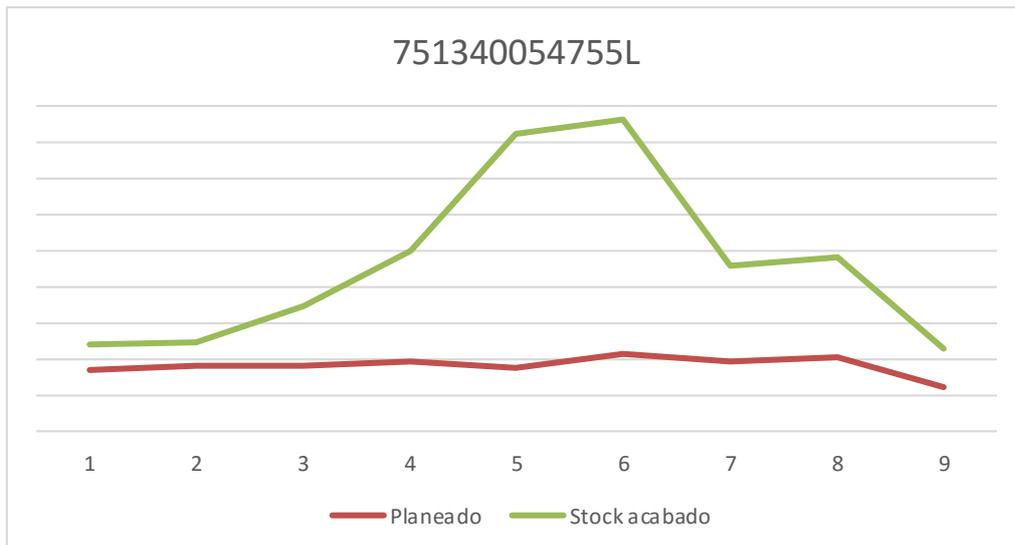


Figura 50- Stock do produto 751340054755L

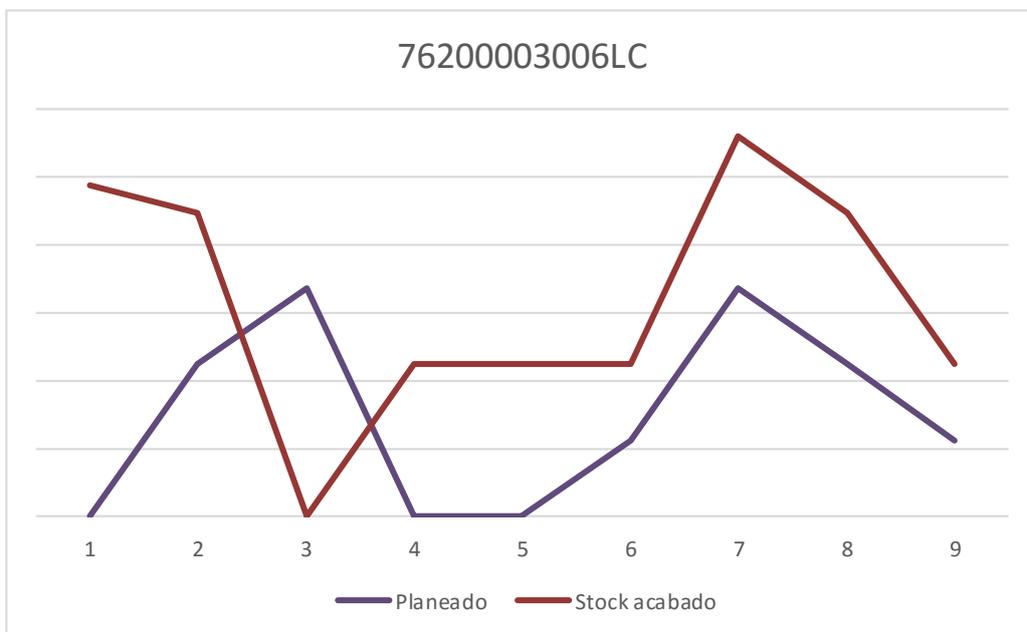


Figura 51- Stock do produto 76200003006LC

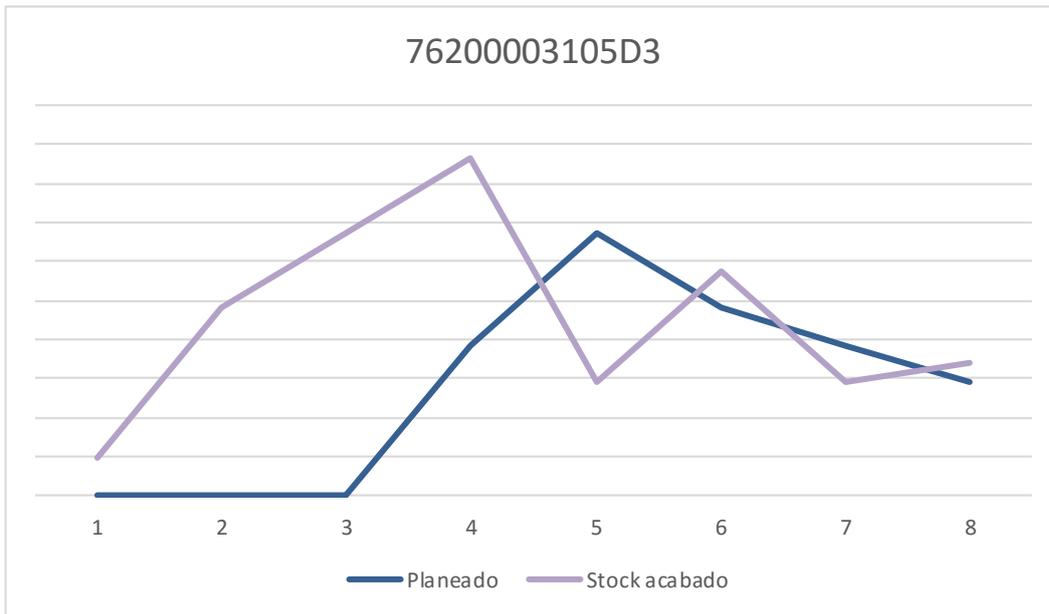


Figura 52- Stock do produto 76200003105D3

Como se pode constatar, todas as semanas os pedidos, por parte da logística, para os produtos A é variável, não havendo nivelamento dos pedidos. Por outro lado os produtos tipo A também variam, o que, no caso de se implementar o supermercado obrigaria ao cálculo semanal das suas capacidades, o que se torna inviável.

6.2 FIFO Lane

Para ser implementada uma *FIFO Lane* entre os processos é necessário que o plano de produção seja entregue ao primeiro processo, neste caso à linha manual, como se pode ver na figura 53.

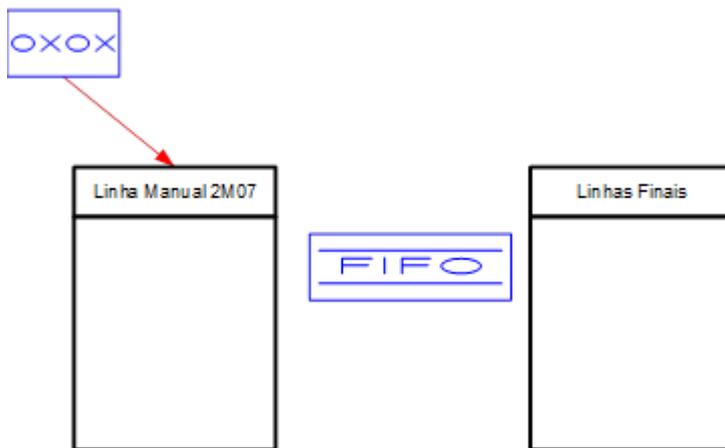


Figura 53- FIFO Lane entre processos

Deste modo, a linha manual produz segundo o plano da logística e as linhas finais consomem o que existe na linha *FIFO*, tornando todo o processo mais simples e dinâmico onde todos os processos sabem claramente o que têm de produzir, evitando-se sobreprodução, uma vez que, as linhas finais deixam de produzir se a linha *FIFO* estiver vazia e se estiver cheia é o primeiro processo, ou seja, a linha manual que para. Por outro lado, com a implementação de uma *FIFO Lane* os processos conseguem reagir mais facilmente a alterações na procura e todos os desperdícios são reduzidos substancialmente.

Para a implementação de uma *FIFO Lane*, os processos têm de ser estáveis e operar em situações semelhantes, ou seja, devem ter um OEE, tempos de ciclo semelhantes e, por outro lado devem trabalhar com o mesmo número de turnos. Na tabela 7 constam os dados das três linhas.

Tabela 7- Dados das linhas

	2M07		2M08	2P02
OEE	85,09%		93%	95%
TC	GM	0,82 min /49,2s	1,2 min /72s	3,4 min /204s
	IPPC	0,76 min /45,7s		
Turnos	3		3	2

A linha 2P06 ainda está em processo de arranque e como tal, as produções têm sido esporádicas e em pouca quantidade, deste modo, esta linha ainda não está em pleno funcionamento, não existindo indicadores de produtividade.

Apesar de a linha 2P02 trabalhar com dois turnos e a linha manual trabalhar com três, poderá ser viável aplicar uma *FIFO Lane* entre estes dois processos, bem como entre as linhas 2M07 e 2N08, aplicando-se o cenário da figura 54.

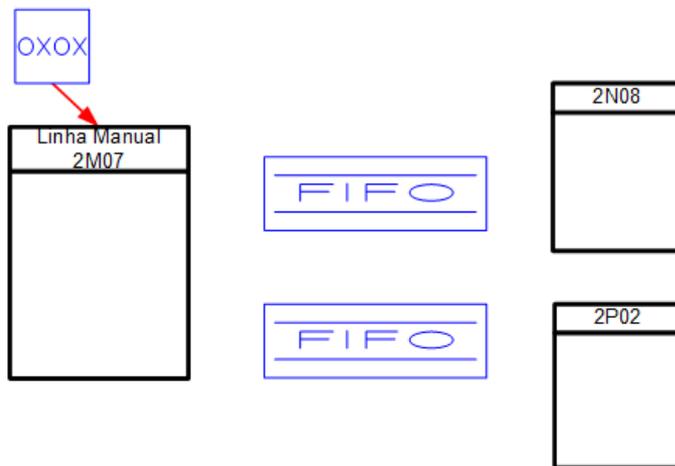


Figura 54- *FIFO Lane* entre a linha manual e as linhas finais

Deste modo será estudada a possibilidade de dimensionar duas linhas *FIFO*. Para este estudo está a ser considerada a produção na linha manual de dois tipos de produtos (GM e IPPC) que podem ter mais do que uma referência.

6.2.1 Dimensionamento da *FIFO Lane*

Para que os processos trabalhem de forma estável é necessário determinar a quantidade de *stock* necessário para moderar as diferenças de capacidade entre a linha manual e as linhas finais. Ou seja, o *stock* mínimo de cada linha *FIFO* tem de assegurar a produção da linha final respetiva, enquanto a linha manual está a produzir para a outra linha final.

Caso se verifique a necessidade de a linha manual efetuar a produção em lotes, por falta de capacidade de produzir caixa a caixa, para calcular o *stock* mínimo da *FIFO Lane* de uma das linhas finais terá de se considerar o tempo de produção do lote na linha manual para a outra linha final.

Por outro lado como o abastecimento das linhas finais é feito pelo *milk run* também terá de ser acrescentado o tempo de ciclo do *milk run*.

Formação de lote

Para verificar a necessidade de formação de lotes é necessário estudar a capacidade das linhas finais e da linha manual.

- **Determinação da capacidade disponível da linha 2M07**

A determinação da capacidade disponível para a linha 2M07 envolve diversos fatores como perdas por paragens planeadas, o OEE que representa o tempo despendido em perdas de qualidade, de desempenho e de disponibilidade e o tempo para *changeover*, tal como se pode constatar no esquema da figura 55.

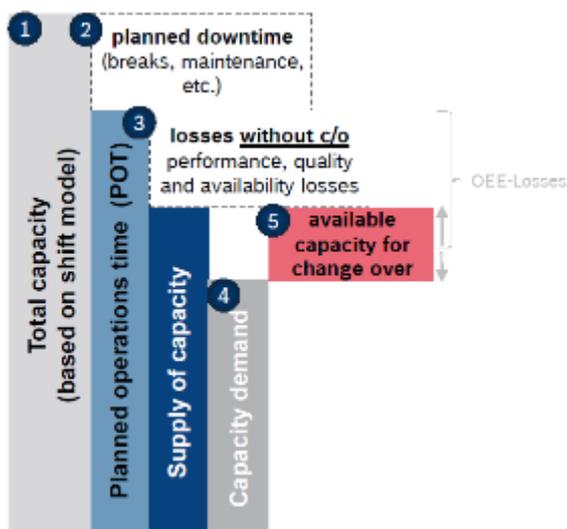


Figura 55- Esquema do cálculo de capacidades (Bosch, 2016)

Para o cálculo da capacidade é necessário começar por calcular o tempo disponível para produção -POT- da linha manual 2M07.

Dado que a linha manual 2M07 trabalha com três turnos, há necessidade de efetuar o cálculo por turnos, uma vez que o terceiro turno tem um horário diferente dos outros dois. Assim o

primeiro e segundo turnos trabalham 8 horas e 30 minutos com 53 minutos de paragens, o que se traduz num tempo de produção diária de 457 minutos.

O terceiro turno, de segunda a quinta-feira tem 372 minutos de produção (7 horas de trabalho e 48 minutos de pausas) e à sexta-feira tem 517 minutos de produção (9h30 minutos de produção e 53 minutos de pausa).

Para este terceiro turno calculou-se a média ponderada de produção diária, considerando os tempos de produção diária, ou seja, o terceiro turno tem uma produção diária de 401 minutos (equação 1).

$$\text{Equação 1: } \frac{4 \times 372 + 517}{5} = 401$$

Deste modo, o tempo de produção diário desta linha é de 21.9 horas (equação 2).

$$\text{Equação 2: } \frac{2 \times 457 + 401}{60} = 21.9$$

Sabendo que a linha manual tem um OEE de 85.09%, conclui-se que esta linha tem 18.6 horas de capacidade produtiva (equação 3).

$$\text{Equação 3: } 21.9 \times 0.8509 = 18.6$$

- **Determinação da capacidade disponível das linhas finais**

Tal como a linha manual, também a linha final 2N08 opera com 3 turnos, portanto, o tempo de produção diário desta linha também é de 21.9 horas.

No caso da linha 2N08, o OEE, é de 93%, portanto, a capacidade desta linha é de 20.4 horas (equação 4).

$$\text{Equação 4: } 21.9 \times 0.93 = 20.4$$

Dado que o tempo de ciclo nesta linha é de 1.2 minutos, conclui-se que tem capacidade para produzir 1020 produtos por dia (equação 5).

Equação 5:
$$\frac{20.4 \times 60}{1.2} = 1020$$

Do mesmo modo, o tempo de produção da linha final 2P02, que opera com 2 turnos, é de 15.2 horas (equação 6) e como tem 95% de OEE, tem uma capacidade de produção de 14.4 horas (equação 7).

Equação 6:
$$\frac{2 \times 457}{60} = 15.2$$

Equação 7:
$$15.2 \times 0.95 = 14.5$$

Com um tempo de ciclo de 3.4 minutos, conclui-se que esta linha tem capacidade para produzir 256 produtos por dia (equação 8).

Equação 8:
$$\frac{14.5 \times 60}{3.4} = 256$$

Dado que a linha manual tem de produzir para estas duas linhas, tem de ter capacidade para produzir 1276 produtos por dia. Para estudar a capacidade desta linha há necessidade de calcular o tempo de produção despendido pela linha manual para cada uma das linhas finais.

Para a linha manual produzir a capacidade máxima da linha final 2N08 (1020 produtos), com um tempo de ciclo de 0.82 minutos, gasta 836.4 minutos (equação 9), ou seja, 14 horas.

Equação 9:
$$1020 \times 0.82 = 836.4$$

De igual forma, para produzir a capacidade máxima da linha final 2P02 (256 produtos), com um tempo de ciclo de 0.76 minutos, usa 194.56 minutos (equação 10), ou seja 3,24 horas.

Equação 10:
$$256 \times 0.76 = 194.56$$

Portanto, a capacidade requerida à linha manual 2M07 será de 1030.96 minutos (equação 11), ou seja, 17.2 horas.

Equação 11:
$$836.4 + 194.56 = 1030.96$$

Por observação do gráfico da figura 56 verifica-se que a manual tem capacidade para satisfazer os pedidos das finais e ainda restam 1.4 horas por dia para *changeovers*.

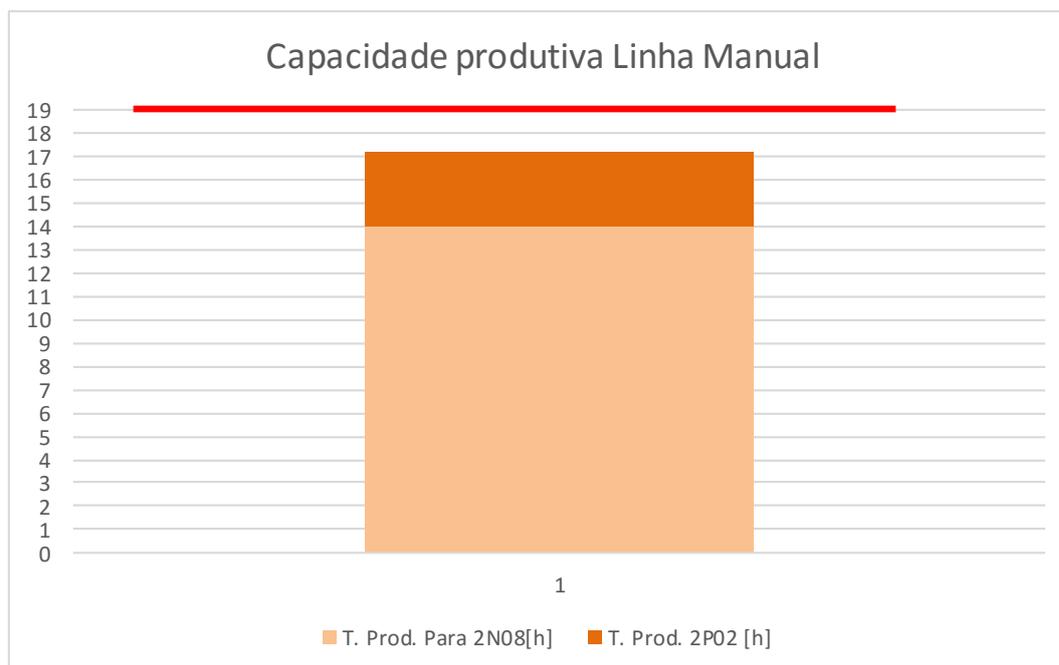


Figura 56- Capacidade produtiva da linha manual 2M07

- **Determinação dos Changeovers**

Uma vez que os produtos C são produzidos esporadicamente e em pequenas quantidades, o *changeovers* incidem sobre os produtos tipo A.

Dado que na empresa não existe um trabalho *standard* para o cálculo dos *changeover*, procedeu-se à recolha de vários tempos de *changeover* para ser calculada a média, que se encontra no Anexo IV.

Com os tempos médios foi construída a matriz dos tempos de *changeover*, tabela 8. Dado que não foi possível determinar o tempo de *changeover* entre as referências 76200003105D3 e 751340036855L estabeleceu-se o tempo *standard* estabelecido internamente para *changeovers* que é de 240 segundos.

Tabela 8- Matriz de *changeover* (em segundos)

			GM	GM	IPPC	IPPC	IPPC
Família	Produto	Placa	8638547712	8638549760	8638547296	8638547296	8638547297
GM	751340036855L	8638547712			35	35	33,5
GM	751340054755L	8638549760			34	34	106
IPPC	76200003005D3	8638547296	381,4	94,2			
IPPC	76200003006LC	8638547296	381,4	94,2			
IPPC	76200003105D3	8638547297	240	225,9			

Com os dados da matriz conclui-se que o tempo médio de *changeovers* nesta linha é de 144.2 segundos, ou seja, 2.4 minutos.

Concluindo-se, portanto que em 1.4 horas é possível efetuar 35 *changeovers* por dia na linha manual.

Uma vez que cada caixa destes produtos leva 20 unidades, para produzir os 1276 produtos, a linha manual terá de processar cerca de 64 caixas por dia. Como pode fazer 35 *changeovers*, conclui-se que a produção pode ser feita em lotes de 2 caixas. Na tabela 9 é possível verificar o tamanho do lote por família de produtos.

Tabela 9- Tamanho do lote por produto

Família	Produto	Tamanho do lote
GM	751340036855L	40 unidades
GM	751340054755L	40 unidades
IPPC	76200003005D3	40 unidades
IPPC	76200003006LC	40 unidades
IPPC	76200003105D3	40 unidades

- **Tempo de produção de lotes**

Para dimensionar as *FIFO Lanes* é necessário calcular o tempo de produção dos lotes na linha manual para cada um dos produtos, como consta na tabela 10.

Tabela 10- Tempos de produção dos lotes

Família	Produto	Linha Final	Tamanho do lote	TC na manual [min]	Tempo de produção na manual [min]
GM	751340036855L	2N08	40	0,82	32.8
GM	751340054755L	2N08	40	0,82	32.8
IPPC	76200003005D3	2P02	40	0,76	30.4
IPPC	76200003006LC	2P02	40	0,76	30.4
IPPC	76200003105D3	2P02	40	0,76	30.4

- **Stock mínimo da FIFO Lane**

Para determinar o *stock* mínimo para cada uma das linhas *FIFO* será necessário calcular o tempo usado para produzir na linha manual os lotes para a outra linha final, ao qual deve ser somado o tempo máximo de *changeover* (6.36 minutos) e o tempo de ciclo do *milk run* (113 minutos). O valor resultante deve ser dividido pelo tempo de ciclo da linha final para a qual está a ser calculado o *stock*, tal como consta na equação 12.

Este valor ainda deve vir dividido pelo OEE para prevenir perdas, equação 13.

Deste modo, o *stock* mínimo para a *FIFO Lane* que irá abastecer a linha 2N08 será de 147 peças, ou seja, 8 caixas.

$$\text{Equação 12: } \frac{30.4 + 6.36 + 113}{1.2} = 124.8$$

$$\text{Equação 13: } \frac{124.8}{0.8509} = 147$$

Do mesmo modo, o *stock* mínimo para a *FIFO Lane* que irá abastecer a linha final 2P02 será de 53 peças, ou seja, 3 caixas.

Dado que a linha manual e as linhas finais se encontram em edifícios diferentes, terá de existir duas linhas *FIFO* à saída da linha manual e duas à entrada das linhas finais. Do *stock* mínimo já calculado, parte deve estar concentrado nas *FIFO*'s que se encontram mais próximo das linhas finais. Este *stock* obtém-se considerando o tempo de ciclo da linha final, o tempo de ciclo do *milk run* e um *stock* de segurança.

- **Stock máximo da FIFO Lane**

O *stock* máximo da *FIFO Lane* será o correspondente à soma do *stock* mínimo com o número de caixas correspondente ao lote. No caso da linha *FIFO* para a linha final 2N08 terá um *stock* máximo de 10 caixas. Do mesmo modo, o *stock* máximo para a linha *FIFO* da linha final 2P02 será de 5 caixas.

Na tabela 11 estão representadas as quantidades máximas e mínimas para as referências dos produtos tipo A.

Tabela 11- Quantidades máximas e mínimas para os produtos A

Família	Produto	Stock máximo	Stock mínimo
GM	751340036855L	200	160
GM	751340054755L	200	160
IPPC	76200003005D3	100	60
IPPC	76200003006LC	100	60
IPPC	76200003105D3	100	60

Estes valores são obtidos para o valor máximo de *changeovers*, ou seja, para 35 *changeovers*. Caso o número de *changeovers* diminua, os valores de *stock* aumentam. Pela análise do gráfico da figura 57 constata-se que o número de *changeovers* e o tamanho do *stock* são variáveis inversamente proporcionais, na medida em que se o número de *changeovers* diminui o *stock* aumenta. Por outro lado, com a diminuição do número de *changeovers* também aumenta o tamanho do lote.

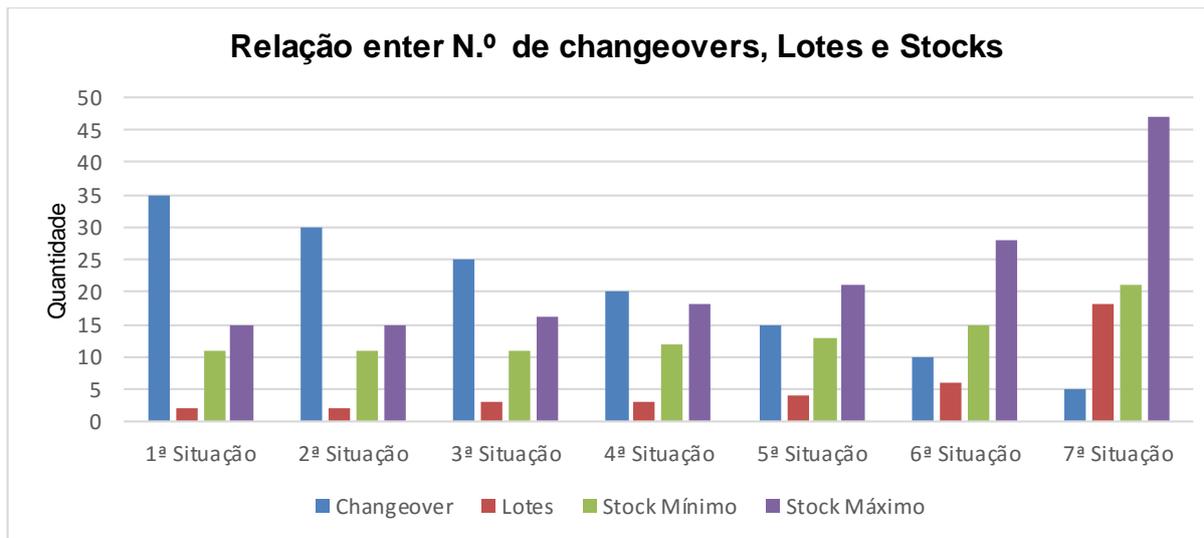


Figura 57- Gráfico de Changeovers Vs Stock

Para obtenção dos valores do gráfico foram simuladas diferentes situações para valores do changeover, que se encontram na tabela 14 do Anexo V. Na primeira situação foram considerados 35 changeovers o que, pelos cálculos anteriores corresponde a um stock mínimo de 11 caixas (8 para a *FIFO Lane* de 2N08 e 3 para a *FIFO Lane* da 2P06) e 15 de stock máximo.

6.2.2 Funcionamento da FIFO Lane

Depois de calculado o dimensionamento de cada uma das *FIFO Lanes*, segue-se a explicação sobre o seu funcionamento.

Uma vez que a linha manual e as linhas finais se encontram em edifícios distintos há necessidade de “dividir” cada uma das *FIFO Lanes* em duas partes, uma que fica junto da linha manual e outra que fica junto da linha final, tal como se pode ver na figura 58.

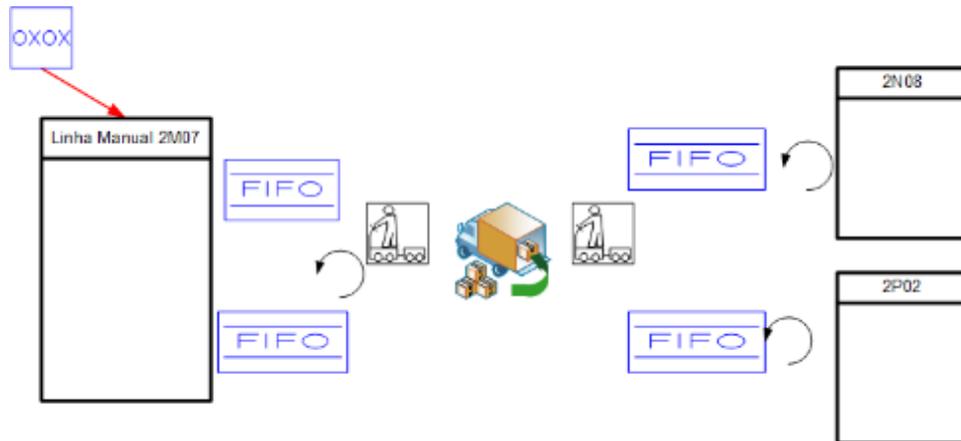


Figura 58- Distribuição das FIFO Lane entre os processos

Para ser implementada uma *FIFO Lane*, tem de ser garantida a entrega do plano de produção à linha manual 2M07. Uma vez que a logística faz o planeamento apenas para as linhas finais terá de existir um novo plano de produção que junte os planos das duas linhas finais (2N08 e 2P02) e este novo plano passará a ser despoletado pela linha manual. Caso haja falha na entrega de pcb's por parte da inserção automática, deve ser contactada a pessoa responsável da logística para decidir se deve ou não ser alterada a sequência da produção. Deste modo, a reunião realizada diariamente entre os chefes de linha da montagem final, os responsáveis pelo planeamento da inserção automática e os responsáveis pelo planeamento destas linhas (logística) passaria a ser feita entre os responsáveis pelo planeamento da inserção automática, montagem manual e montagem final (logística). Caso se constatasse que não haveria placas, por parte da inserção automática, para o cumprimento do plano, a logística poderia alterar o mesmo, garantindo o cumprimento do *fulfillment* na montagem final.

A implementação desta proposta implica que cada uma das linhas *FIFO* inicie cheia e sempre que as linhas finais consumam, a linha manual reponha com o produto que está na sequência, independentemente do *part number* consumido de modo a garantir sempre o *stock* das linhas tal como se pode ver na figura 59.

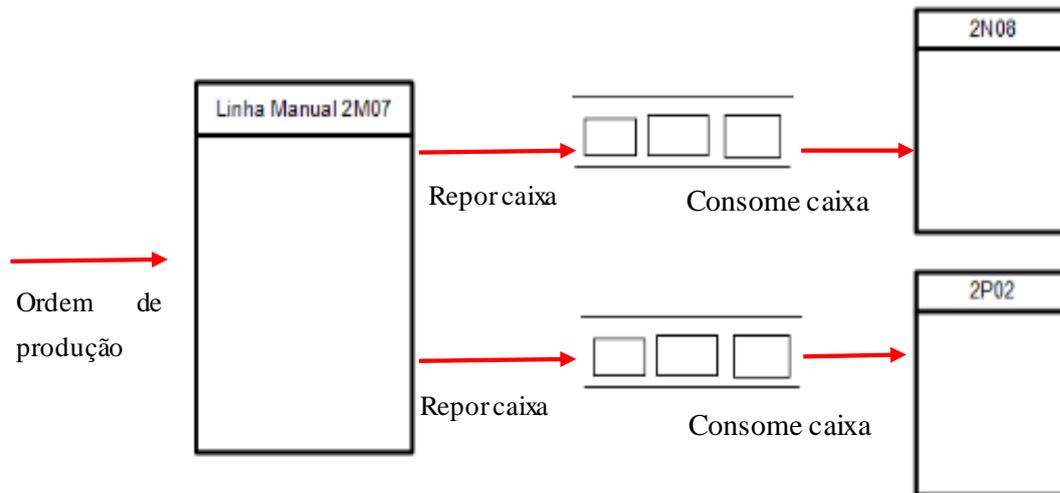


Figura 59- Funcionamento da FIFO Lane

No caso da linha final atingir o *stock* mínimo da *FIFO Lane*, deve ser dada indicação à linha manual para repor o *stock* da linha *FIFO* correspondente. Por outro lado, se a linha *FIFO* permanecer cheia a linha manual não produz para essa linha.

Depois de definido o plano de produção para a linha manual, à sexta-feira, a pessoa responsável pelo plano entrega o mesmo ao chefe de linha. No plano são definidos os lotes para cada *part number* e a respectiva sequência, bem como o tempo de produção previsto, de modo a facilitar a distribuição da produção pelos diferentes turnos.

Assim, de acordo com o plano são colocados num *Heijunka box* que se encontra junto do primeiro posto da linha manual, os cartões necessários para fazer o lote, figura 60. Estes cartões têm a referência do produto final, da respectiva placa e a quantidade.

Este sequenciador tem o produto e as horas previstas para entrada em produção de cada um dos cartões, sendo visualmente mais fácil saber se há atrasos.

Para uma gestão visual mais eficaz, sugere-se também que os cartões de produção tenham cores distintas para os produtos da família GM e IPPC, neste caso será usada a cor verde para produtos GM e azul para produtos IPPC. Deste modo, se o cartão seguinte ao que está a ser produzido tem uma cor diferente significa que irá haver mudança de produto e que, por um lado vai ter de ser pedida uma mudança, que envolve a chamada de técnicos, dado que envolve a alteração de postos e por outro a linha terá de ser abastecida com uma nova referência de placas e de material.

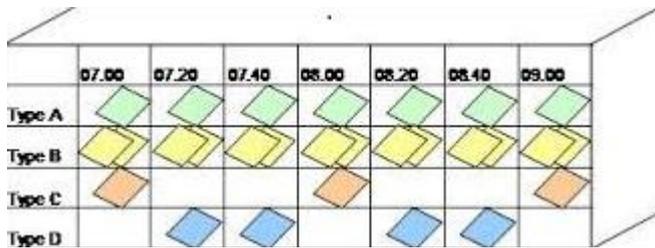


Figura 60- Heijunka box (fonte: <http://www.panview.nl/en/lean-production-lean-toolbox/heijunka>)

As mudanças de lote também têm de ser assinaladas, para tal, é usado um cartão amarelo com a indicação “Novo lote”, figura 61. Sempre que surge este cartão o *Poup* tem indicação que vai ter de abastecer a linha com novas referências de placas. Esta mudança de lote como é entre referências da mesma família não implica a mudança de nenhum posto da linha.

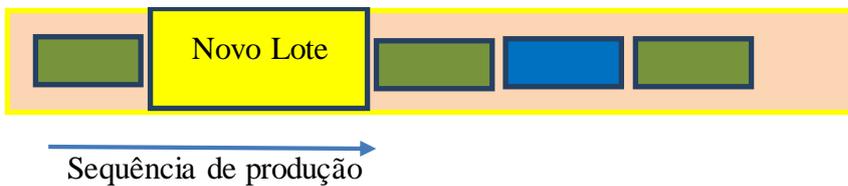


Figura 61- Indicação de mudança de lote

Sempre que o *Poup* retira um cartão do *Heijunka box* coloca-o num sequenciador de produção que se encontra junto do primeiro posto.

A sequência de cartões que se encontra no sequenciador é introduzida no sistema informático e é visualizada no monitor existente no primeiro posto, onde são contabilizadas as placas produzidas.

Sempre que se conclui a produção de um cartão, ou seja, sempre que se enche uma caixa, a operadora deve colocar o cartão na respetiva caixa, que é posteriormente colocada na linha *FIFO*.

6.2.3 Procedimentos

Neste ponto passa-se a explicar o funcionamento de todo o processo descrevendo as tarefas e responsabilidades de cada interveniente.

Colocação dos cartões de produção no Heijunka Box

A responsabilidade de colocação dos cartões de produção no *heijunka box* é do chefe de linha. Cada chefe de linha deve colocar os cartões para o turno seguinte ao seu no respectivo separador do *heijunka box*.

O chefe de linha do primeiro turno coloca para o segundo turno, o chefe de linha do segundo turno coloca para o terceiro e o chefe de linha do terceiro turno coloca para o primeiro turno do dia seguinte, tal como é explicado na figura 62.

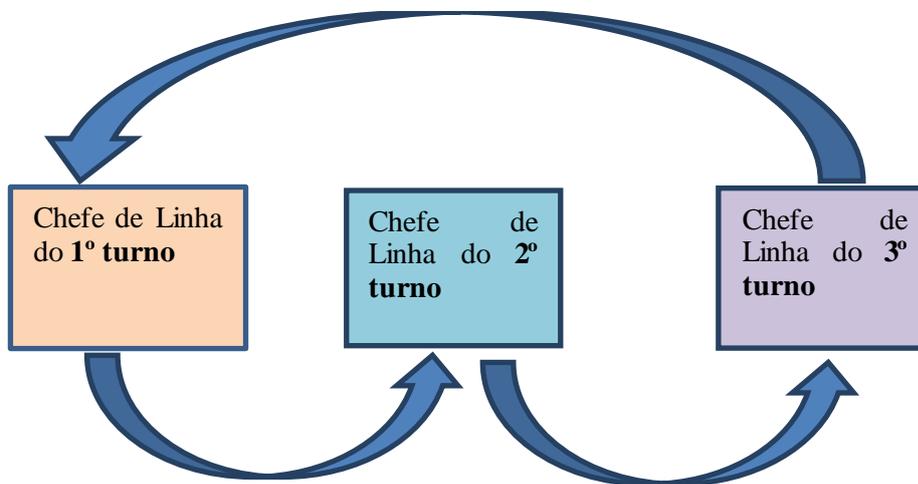


Figura 62- Preenchimento dos quadros de produção

A colocação dos cartões é de acordo com o plano de produção que é entregue à sexta-feira ao chefe de linha. Como já referido anteriormente, este plano de produção resulta da agregação dos planos de produção feitos inicialmente para as duas linhas finais pela logística.

O chefe de linha terá de colocar os cartões verdes para produtos GM e os cartões azuis para produtos IPPC e sempre que muda a referência de um dado produto da mesma família, ou seja, sempre que há mudança de lote, o chefe de linha deve colocar o cartão amarelo relativo a mudança de lote (figura 63).

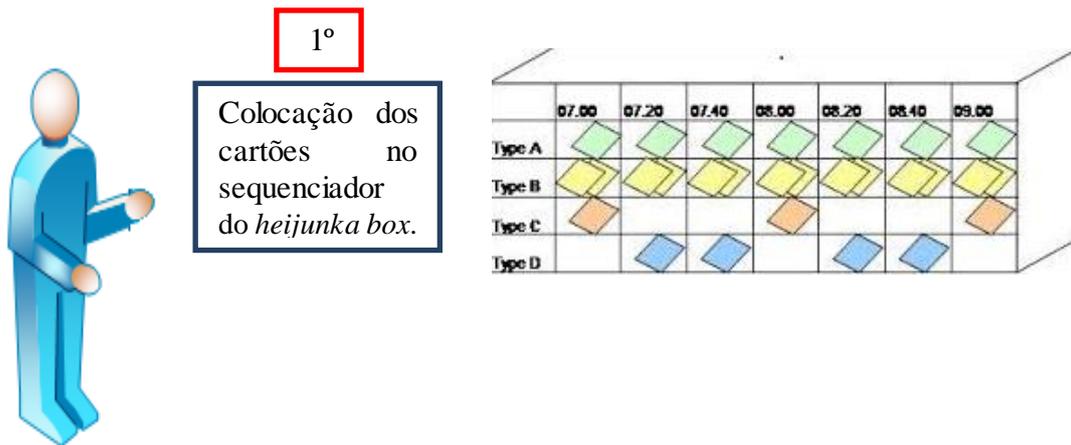


Figura 63- Colocação dos cartões no Heijunka box

A quantidade relativa a cada cartão é a mesma quantidade das caixas que entram na *FIFO Lane*, ou seja, vinte unidades. Caso a quantidade relativa ao lote não seja múltiplo de vinte, o chefe de linha deve colocar o último cartão com a quantidade necessária para completar o lote.

Por outro lado, no início do turno e, por consulta do sequenciador de produção, o chefe de linha terá de colocar no programa informático a sequência de produção e respectivas quantidades para o seu turno.

Início da produção

Com a devida antecedência, o *milk run* da inserção automática, por consulta do *heijunka box*, tem conhecimento das placas necessárias à produção na linha de montagem manual, abastecendo o supermercado desta linha com as placas que vão entrar na produção. No início do turno, o *Poup*, dirige-se ao *heijunka box* e recolhe o primeiro cartão a ser produzido. Com o conhecimento da referência de placas que vão entrar na linha vai buscar todo o material necessário à produção. Posteriormente coloca o cartão no sequenciador de produção que se encontra junto ao primeiro posto, dando indicação à operadora o que vai ter de produzir, figura 64.

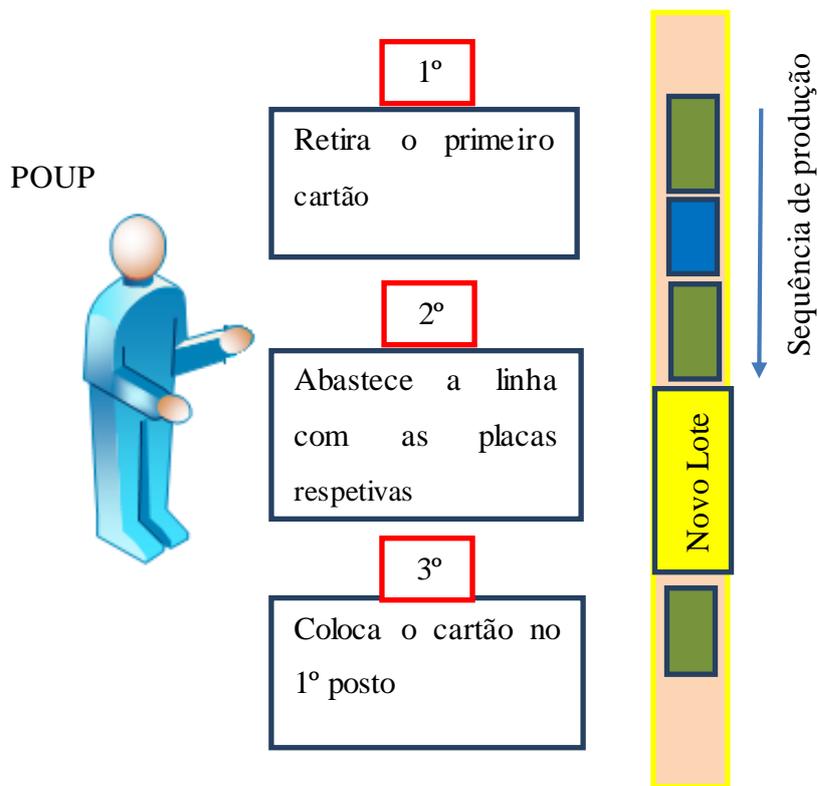


Figura 64- Procedimento para a retirada dos cartões do Heijunka box

Deste modo, apenas por observação do sequenciador (figura 65), a operadora tem, atempadamente conhecimento do que vai produzir e se irá ser necessário requerer uma mudança de produto.

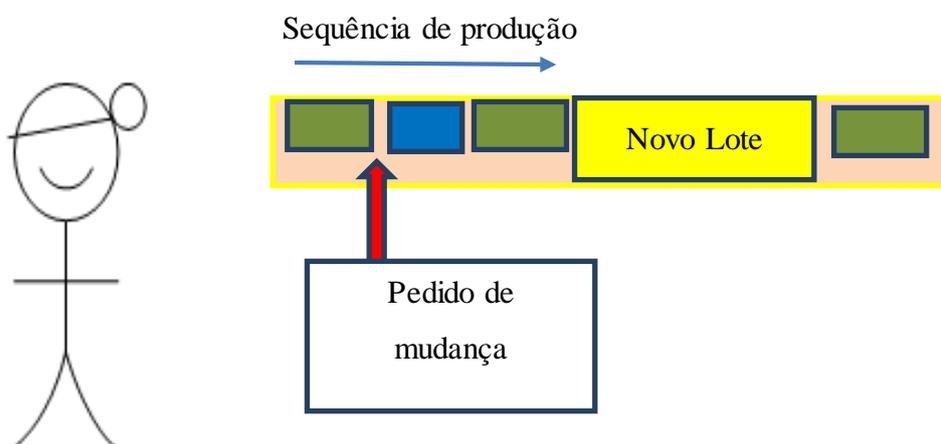


Figura 65- Procedimento para pedido de mudança de produção

Quando há mudança do lote de produção entre produtos da mesma família, no sequenciador existe um cartão amarelo com a indicação de mudança de lote. Quando o próximo cartão a ser retirado do sequenciador é o de mudança de lote, o *Poup* deve retirar este cartão e o seguinte, colocando ambos no primeiro posto da linha, figura 66.

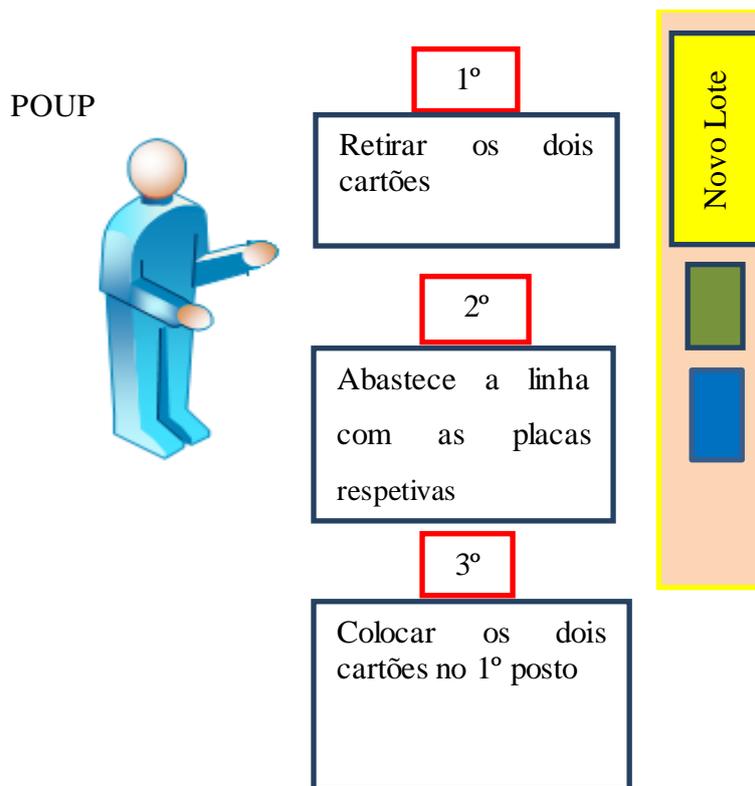


Figura 66- Procedimento para mudança de lote

Fluxo de caixas entre os processos

Sempre que uma caixa fica completa, a operadora coloca na caixa o cartão que estava a ser produzido e coloca-a na respetiva *FIFO Lane*. Quando há mudança de lote, a primeira caixa do novo lote tem de ser identificada pela operadora com o cartão de produção e com o cartão “Novo Lote”, para posteriormente, o *milk run* e a operadora da linha final serem informados dessa mudança, como é visível na figura 67.

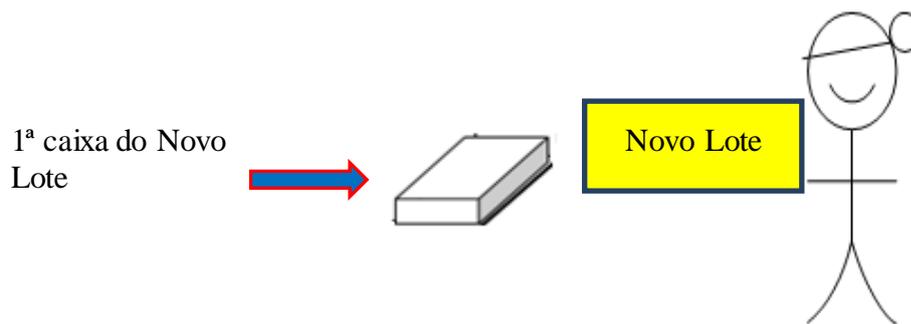


Figura 67- Identificação das caixas para novo lote

Deste modo, quando o *milk run* abastecer a carruagem com as caixas e levar uma caixa com a indicação “Novo Lote”, sabe que ao colocar as caixas na *FIFO* da linha final, a caixa de mudança de lote deve respeitar o *FIFO*, ou seja, deve ser colocada de modo a ser consumida depois das caixas que entraram primeiro na carruagem. Tal como é visível nas figuras 68 e 69.

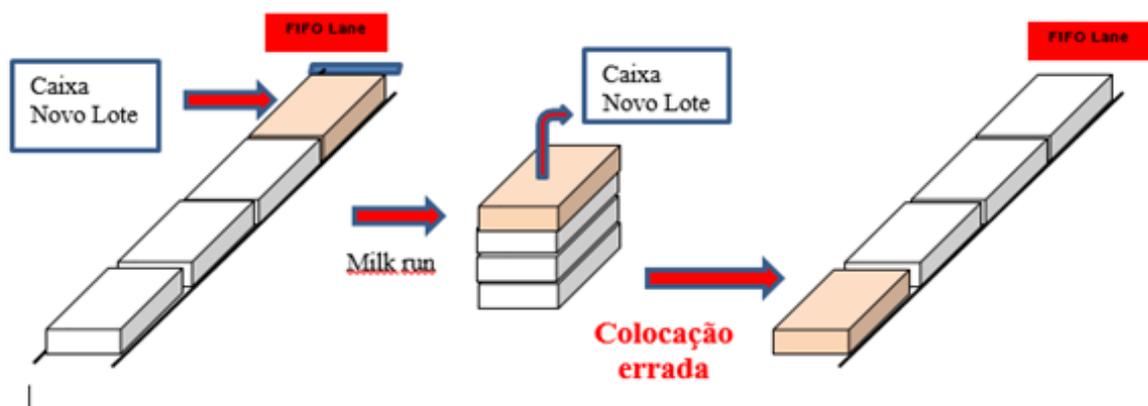


Figura 68- Errada colocação das caixas na FIFO Lane

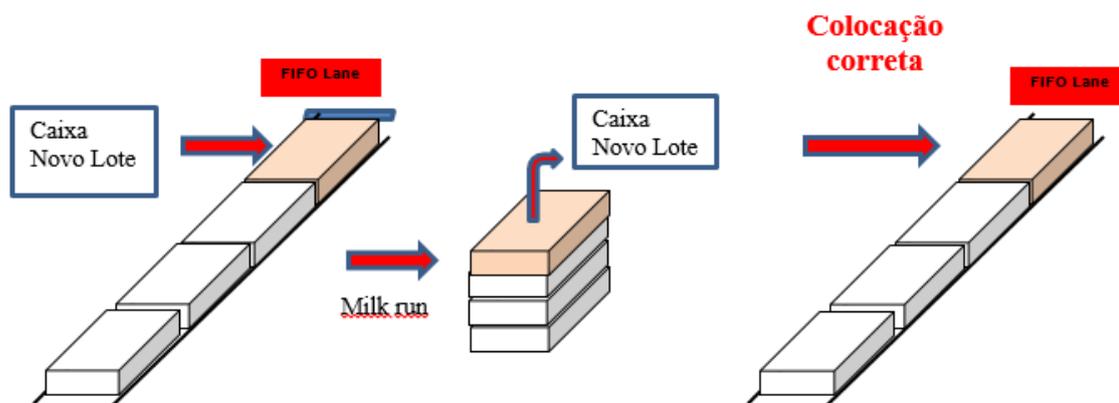


Figura 69- Correta colocação das caixas na FIFO Lane

Para esta situação ser garantida, sugere-se que as carruagens de transporte das caixas sejam alteradas e sejam colocadas prateleiras com a indicação da ordem da sequência (FIFO 1,..., FIFO 4), de modo a serem facilmente colocadas as caixas respeitando a colocação da caixa de mudança de lote.

Abastecimento das Linhas Finais

Antes de colocar as caixas na *FIFO Lane*, o *milk run* deve retirar os cartões de produção e colocá-los por ordem num *heijunka box* existente perto da *FIFO Lane*. Deste modo o chefe de linha consegue visualizar o que tem para produzir e se está em atraso. Por outro lado, o *Poup* sabe atempadamente com que material deve abastecer a linha.

Tal como na linha manual, o *Poup* retira o primeiro cartão do *heijunka box* e coloca-o num sequenciador de produção que está no primeiro posto da linha para que a operadora saiba o que vai produzir e em que quantidades e tenha conhecimento atempado das mudanças de lote.

Dado que o número de cartões existente no *heijunka box* corresponde ao número de caixas existente na *FIFO lane* que se encontra junto da linha final, o *heijunka box* terá de assinalar quando o número de caixas existentes atinge o mínimo, de modo que o *milk run* saiba que tem de transportar caixas da linha manual para a linha final, figura 70.

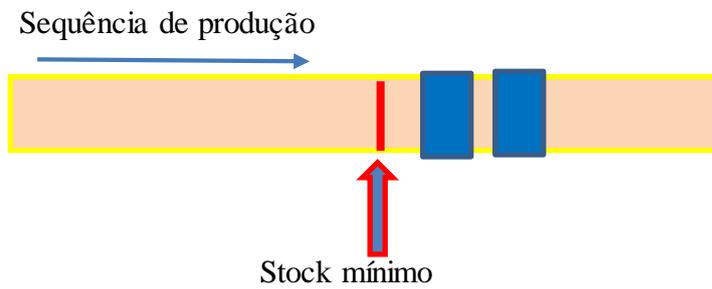


Figura 70- Procedimento para stock mínimo

Este *stock* mínimo corresponde ao número de placas que cada linha final produz em dois ciclos de reabastecimento do *milk run*. Deste modo há um *stock* de segurança caso o *milk run* falhe a entrega no primeiro ciclo.

A aplicação de sistemáticas visuais facilita o trabalho de todos os intervenientes no processo produtivo e, por outro lado, têm conhecimento de todas as atividades que têm de realizar e sabem atempadamente o que vai ser produzidos sem terem de questionar ninguém.

7. ANÁLISE DA PROPOSTA

A implementação da *FIFO Lane* é fundamental para atingir os principais objetivos definidos inicialmente para o projeto, nomeadamente reduzir o trabalho de planeamento aos chefes das linhas manuais, diminuir o *stress* diário, baixar e controlar o *stock* entre os processos e, por consequência, reduzir o espaço ocupado assim como o número de caixas utilizadas.

Por outro lado, com a implementação da *FIFO Lane* pretende-se que a informação flua eficazmente de forma visual, perceptível e acessível a todas as pessoas envolvidas nos processos, desde o *Poup* que abastece a linha manual até às operadoras passando pelas chefias. Através da sistemática idealizada, todos os intervenientes têm conhecimento das atividades a realizar e quando as realizar, diminuindo o *stress* resultante das mudanças não programadas de produção resultantes de vários fatores como escassez de material.

Na situação atual, os chefes das linhas de montagem manual fazem, diariamente, o planeamento de produção tendo de verificar com alguma frequência o *stock* de placas que têm de produzir. Estes têm igualmente de se informar junto dos chefes das linhas de montagem final acerca de quaisquer alterações ao plano de produção. Caso a inserção automática não tenha as placas necessárias à produção, a montagem manual muda o plano de produção para outro *part number* que esteja disponível, o que implica que a linha final tenha de produzir outro *part number* diferente do que estava planeado, não cumprindo o *fulfillment*. A situação da não existência das placas necessárias, obriga à realização de *changeovers* não planeados, o que afeta a produtividade.

Com a implementação da *FIFO Lane*, o plano de produção passa a ser gerido pela linha manual e a linha final produz o que estiver na *FIFO*, reduzindo o problema de não cumprimento do *fulfillment*.

O plano de produção ainda em curso é gerido diariamente, de forma manual e baseia-se na experiência dos chefes de linha da montagem manual. A implementação deste trabalho, atualizará o plano de produção para uma base informática. A autora vai desenvolver, num ficheiro Excel, um algoritmo que agrega os planos de produção das linhas finais, de modo a cumprir o *fulfillment*, disponibilizando esta informação aos chefes de linha. Para o cumprimento do *fulfillment*, controlou-se a sequência e o tempo para produção de cada *part number*, utilizando os tempos de ciclo.

Com a utilização deste algoritmo pretende-se garantir um planeamento adequado para a linha de montagem manual. Prevê-se uma redução de, aproximadamente, 4 horas semanais, tal como constatado no capítulo 5 para o planeamento por parte dos chefes de linha. Reduz-se de igual modo o desperdício de tempo em deslocações destes colaboradores no controlo do plano.

No estado atual, os *milk runs*, trazem para o armazém da linha manual, as placas que estiverem disponíveis na inserção automática. Isto é feito indiscriminadamente, sendo ou não estas necessárias naquele momento para a montagem manual. No entanto, com a implementação da *FIFO Lane*, os *milk runs* podem facilmente consultar o plano de produção no *heijunka box* e abastecer atempadamente o supermercado apenas com as placas necessárias à produção, havendo uma redução do espaço ocupado com *containers*.

Uma outra situação que poderia revelar melhorias com a implementação da *FIFO Lane* diz respeito ao pedido de materiais à logística quando há um *changeover*. Neste caso, o chefe de linha tem de pedir atempadamente o abastecimento dos materiais necessários à mudança. Na situação atual verificam-se *changeovers* não planeados o que pode atrasar o abastecimento de materiais e conseqüentemente impor uma paragem de linha. Com a implementação do modelo proposto, os *changeovers* seriam planeados permitindo o pedido dos materiais com antecedência, evitando paragens de linha.

Por outro lado, com o sistema proposto deixaria de ser necessário o controlo do stock existente entre os processos, situação que se verifica atualmente. Esta ineficiência obriga os chefes de linha da montagem manual a uma contagem do *stock* existente, tendo por vezes, de se deslocar ao edifício da montagem final para contar placas.

No processo de dimensionamento da *FIFO Lane*, foram definidos os *stocks* máximos e mínimos para os produtos tipo A (tabela 10), de modo a garantir a procura por parte do cliente, linha final. Na tabela 12 estão indicados os valores de *stock* máximo e mínimo para os produtos tipo A recolhidos durante dez dias entre os postos de montagem manual e final, verificando-se que o valor máximo pode exceder 500 peças e o mínimo pode ser zero, situação que pode justificar o não cumprimento da produção planeada.

Tabela 12- Stocks máximos e mínimos

Produto	Máximo	Mínimo
751340054755L	559	0
76200003006LC	180	0
76200003105D3	74	0

Como é possível constatar, para o produto com a referência 751340054755L o *stock* máximo verificado nos dez dias foi de 559 produtos e o *stock* máximo calculado para este produto com a implementação da *FIFO Lane* seria de 200 produtos. Isto significa que, caso se implementasse o sistema proposto, obter-se-ia uma redução do *stock* máximo de 64.2%.

Por um lado, para todos os produtos tipo A produzidos nesses dez dias, o valor mínimo registado foi de zero. Caso o sistema *FIFO Lane* fosse implementado haveria sempre um *stock* mínimo garantido para estes produtos, reduzindo a probabilidade de falha de entrega de produção e, conseqüentemente, falha no cumprimento do *fulfillment*.

Por outro lado, devido à existência de um *stock* descoordenado, surge o problema do espaço ocupado com estes produtos e do uso desnecessário de caixas, que poderão vir a ser necessárias, como é visível na tabela 13.

Tabela 13- Número de caixas necessárias

Produto	Antes da <i>FIFO Lane</i>		Depois da <i>FIFO Lane</i>	
	Caixas	Rampas	Caixas	Rampas
751340036855L			10	3
751340054755L	28	7	10	3
76200003005D3	9	2	5	2
76200003006LC			5	2
76200003105D3	4	1	5	2

Considerando-se a tabela constata-se a diferença entre o número de caixas e rampas utilizadas com e sem a implementação da *FIFO Lane*. A título de exemplo, o produto com a referência 751340054755L, nos dias de amostragem houve ocupação de 28 caixas e 7 rampas, no entanto, com a aplicação da *FIFO Lane* haveria apenas a ocupação de 10 caixas e 3 rampas, correspondendo a uma redução de 64.3% em caixas e em rampas. Assim, o problema de procura de caixas vazias seria minimizado com a implementação da *FIFO Lane*.

8. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões do projeto realizado, bem como uma sugestão para trabalho futuro.

8.1 Conclusão

Os principais objetivos deste projeto são:

- Aumentar a eficiência e eficácia do planeamento e controlo da produção na montagem manual;
- Controlar e reduzir a quantidade de WIP (*work in process*) entre os processos;
- Promover o sincronismo da produção entre os processos da montagem manual e a montagem final;
- Aumentar a transparência e a gestão visual;
- Reduzir o stress.

Para alcançar estes objetivos, começou-se por entender o estado inicial da situação, reunir toda a informação necessária de forma a descrever como fluem os materiais e a informação entre estes processos e quais os principais problemas encontrados.

O VSM foi uma das ferramentas *Lean* usadas para perceber o fluxo entre todos os processos e detetar com mais facilidade as atividades que não estão a acrescentar valor. A análise do VSM permitiu identificar excesso de Wip entre os processos de montagem manual e final, desperdício de tempo por parte dos chefes de linha da montagem manual em planeamento, uma vez que o planeamento efetuado pela logística é apenas para as linhas de montagem final e inexistência de um sistema puxado entre processos.

Para resolver este tipo de problemas e respeitar os conceitos BPS, surgem duas possibilidades: implementar um supermercado entre os processos ou uma *FIFO Lane*.

A hipótese de supermercado foi colocada de parte na medida em que, semanalmente, a logística envia um plano de produção, em que existe variabilidade dos produtos e das quantidades pedidas, ou seja, não há nivelamento dos pedidos o que, no caso de se implementar o supermercado obrigaria ao cálculo semanal das suas capacidades, o que se torna inviável.

Relativamente à *FIFO Lane*, constatou-se que a sua aplicação seria viável, considerando-se que a linha manual produz de acordo com o plano da logística. Adicionalmente as linhas finais consomem o que existe na linha *FIFO*, tornando todo o processo mais simples e dinâmico onde todos os processos sabem claramente o que têm de produzir. Evita-se assim a sobreprodução, uma vez que, as linhas finais deixam de produzir se a linha *FIFO* estiver vazia, caso contrário é o primeiro processo, ou seja, a linha manual que para. Os benefícios expectáveis com a implementação deste sistema consistem em libertar os chefes de linha das manuais destas tarefas repetitivas e morosas de planeamento, diminuir o *stress* diário, reduzir e controlar o *stock* entre os processos e, por consequência, decrescer o espaço ocupado e o número de caixas utilizadas.

Por outro lado, a informação flui eficazmente entre todas as pessoas envolvidas nos processos, uma vez que, todos os intervenientes têm conhecimento das atividades a realizar e quando as realizar, diminuindo o *stress* resultante das mudanças não programadas de produção.

8.2 Trabalho Futuro

Dado que a empresa está a implementar um sistema informático para planeamento e, com vista à melhoria contínua, a autora propõe que este trabalho seja adaptado a esse sistema, nomeadamente através da implementação de *kanbans* eletrónicos.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aziz, M., Bohez, E., Pisuchpen, R., & Parnichkun, M. (2013). Petri Net Model of Repetitive Push Manufacturing with Polca to Minimize Value-added Wip. *International Journal of Production Research*, 4464-4483.
- Boney, M., Zhang, Z., Head, M., & Barson, R. (1999). Are Push and Pull Systems really so Different? *International Journal of Production Economics*, 1-3.
- Bortolotti, T., Danese, P., & Romano, P. (2013). Assessing the Impact of Just-in-Time on Operational Performance at Varying Degrees of Repetitiveness. *International Journal of Production Research*, 1117-1130.
- Bosch. (2006). *Formação em Controlo do Consumo*. Publicação Interna.
- Bosch. (2008). *Practical Guide: FIFO Lanes*. Publicação Interna.
- Bosch. (2010). *Apresentação da Bosch Car Multimédia*. Publicação Interna.
- Bosch. (2011). *Manual Production Systems*. Publicação Interna.
- Bosch. (2016). *BRP Presentation*. Publicação Interna.
- Bosch. (2017). *Organização*.
- Chan, H., Yin, S., & Chan, F. (2010). Implementing Just-in-Time Philosophy to Reserve Logistics Systems: a Review. *International Journal of Production Research*, 6293-6313.
- Choi, T., Chiu, C., & Chan, H. (2016). Risk Management of Logistics Systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 1-6.
- Christopher, M. (2010). *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value*. Prentice Hall.
- Cochran, J., & Kaylani, H. (2008). Optimal Design of a Hybrid Push/Pull Serial Manufacturing System with Multiple Part Types. *International Journal of Production Research*, 949-965.
- Coelho, L., Follmann, N., & Rodrigues, C. (2009). O Impacto do Compartilhamento de Informações na Redução do Efeito Chicote na Cadeia de Abastecimento. *Gestão & Produção*, 571-583.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chain*. McGraw-Hill Education.
- Constantino, N., Dotoli, M., Falagario, M. F., & Mangini, A. (2012). A Model for Supply Management of Agile Manufacturing Supply Chains. *International Journal of Production Economics*, 451-457.
- Desmet, B. (2016). The Impact of Strategy on Supply Chain and Forecasting. *International Journal of Applied Forecasting*, 4-11.

- Dotoli, M., Fanti, M., Iacobelis, G., & Rotunno, G. (2013). An Integrated technique for the internal logistics analysis and management in discrete manufacturing systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 165-180.
- Dotoli, M., Fanti, M., Iacobelli, G., & Rotunno, G. (2014). An Integrated Technique for the Internal Logistics Analysis and Management in Discrete Manufacturing Systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 165-180.
- Farahani, R., Bajgan, H., Fahimnia, B., & Kaviani, M. (2015). Location- Inventory Problem in Supply Chains: a Modelling Review. *International Journal of Production Research*, 3769-3788.
- Henning, G., & Craighead, C. (2000). Knowledge- based Predictive and Reactive Scheduling in Industrial Environments . *Computers and Chemical Engineering*, 2315-2338.
- Holweg, M. (2007). The Genealogy of Lean Production. *Journal of Operations Management*, 420-437.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw-Hill.
- Jauhar, S., & Pant, M. (2016). Genetic Algorithms in Supply Chain Management: A Critical Analysis of the literature. *Indian Academy of Sciences*, 993-1017.
- Koulouriotis, D., Xanthopoulos, A., & Tourassis, V. (2010). Simulation Optimisation of Pull Control Policies for Serial Manufacturing Lines and Assembly Manufacturing Systems Using Genetic Algorithms. *International Journal of Production Research*, 2887-2912.
- LaForge, R., & Craighead, C. (2000). Computer- based Scheduling in Manufacturing Firms: Some Indicators of Successful Practice. *Production and Inventory Management Journal of Production*, 29-34.
- Lee, H., Padmanabhan, V., & Whang, S. (2004). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip effect. *Management Science*, 1875-1886.
- Lu, D. (1989). *Kanban, Just-in-time at Toyota*. Japan Management Association.
- Marin-Garcia, J., & Bonavia, T. (2015). Relationship Between Employee Involvement and Lean Manufacturing and its Effects on Performance in a Rigid Continuous Process Industry. *International Journal of Production Research*, 3260-3275.
- Pavnaskar, S., Gershenson, J., & Jambekar, A. (2003). Classification Scheme for Lean Manufacturing Tools. *International Journal of Production Research*, 3075-3090.
- Perzynska, A., & Witkowski, K. (2016). The Use of Instruments of Logistics and Marketing in Transport Enterprises in Lubuskie Voivodeship. *Scientific Journal of Logistics*, 307-316.

- Rohani, J., & Zahraee, S. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: a Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 6-10.
- Rother, M. (2003). *Learning to see: value-stream mapping to creat*. The Lean Enterprise Institute.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See- Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Institute.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Studentes*. Prentice Hall.
- Shah, R., & Ward, P. (2007). Defining and Develoting Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management*, 785-805.
- Silva, A., Medeiros, C., & Vieira, R. (2017). Cleaner Production and PDCA Cycle: Practical Applications for Reducing the Cans Loss Index in a Beverage Company. *Journal of Cleaner Production*, 324-338.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2003). *Cadeias de Suprimentos Projeto e Gestão*. Bookman Editora.
- Soares, M., & Vieira, G. (2009). A New Multi-Objective Optimization Method for Master Production Scheduling Problems Based on Genetic Algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 549-567.
- Stank, T., Keller, S., & Daugherty, P. (2001). Supply Chain Collaboration and Logistical Service Performance. *Journal of Business Logistics*, 29-48.
- Vincent, T. (2011). Multicriteria Modelsfor Just-in-Time Scheduling. *International Journal of Production Research*, 3191-3209.
- Womak, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking- Banish waste and Create Wealth in your Corporation*. Simon & Schuster.
- Zambrano, G., Bekrar, A., Prabhu, V., & Trenesaux, D. (2014). Coupling a Genetic Algorithm with the Distributed Arrival-time Control for the JIT Dynamic Scheduling of Flexible Job-Shops. *International Journal of Production Research*, 3688-3709.

ANEXO I- ORGANIGRAMA

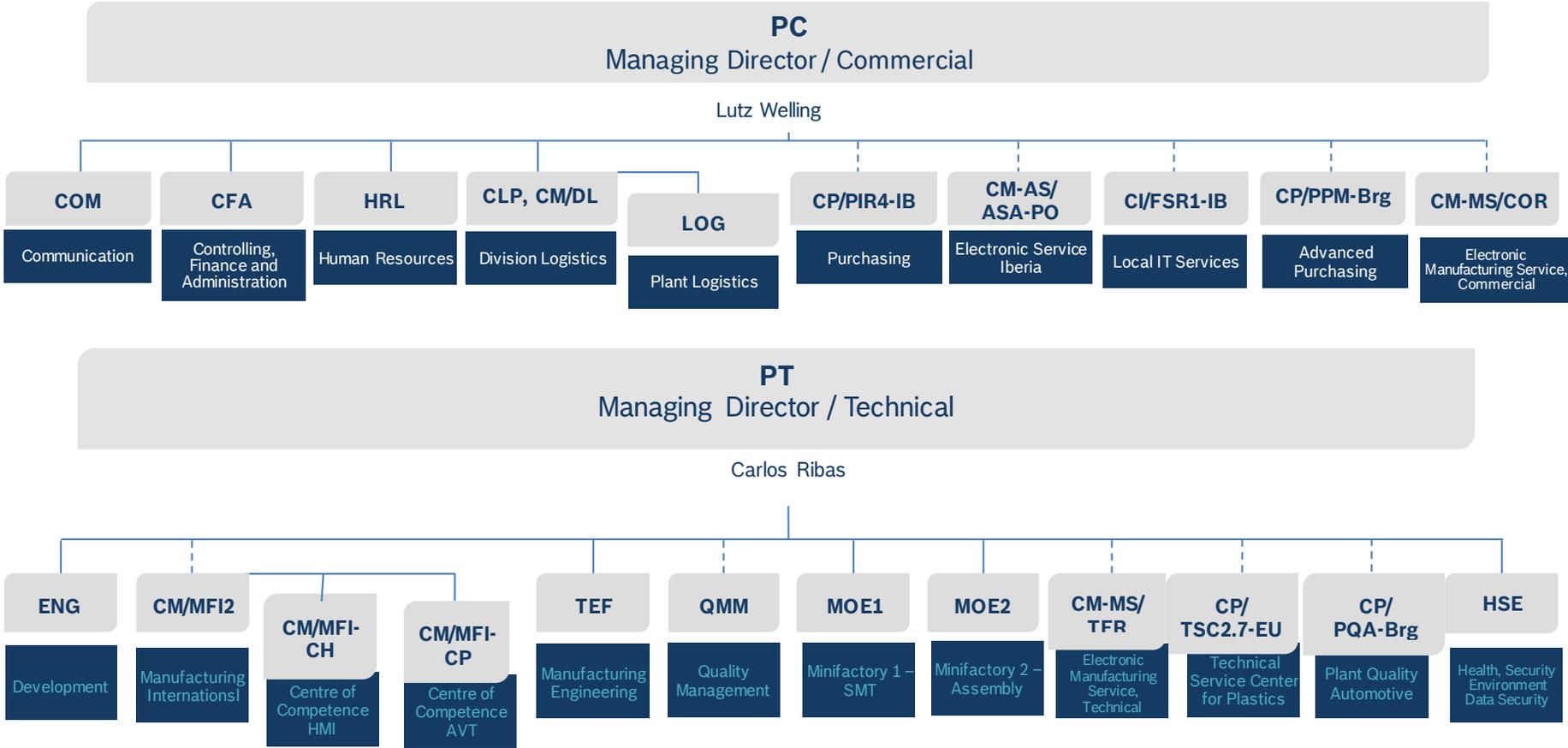


Figura 71- Organigrama da Bosch Car Multimédia

ANEXO II- LAYOUTS

Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.
 Layout – Floor 2

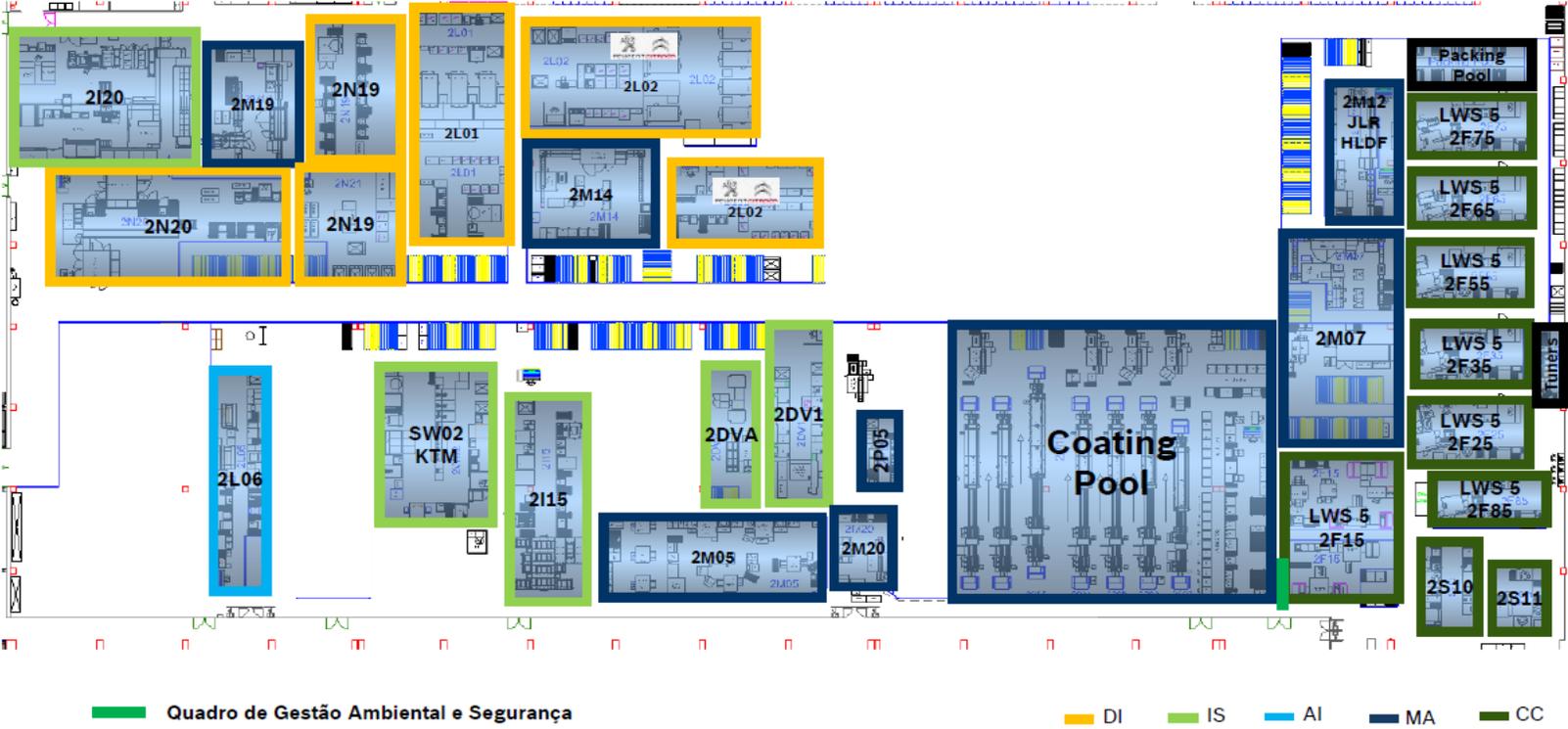


Figura 72- Layout piso 2 do edifício 102 ((Bosch, 2017)

Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. Layout – Floor 104



Figura 73- Layout edifício 104((Bosch, 2017)

ANEXO III– TABELA DE CONTROLO DO NIVELAMENTO

Controlo do Nivelamento										 BOSCH																
Linha:			Semana:																							
			07-11-2016			08-11-2016			09-11-2016			10-11-2016			11-11-2016			12-11-2016			13-11-2016					
Referência	Tipo	Seq.	Plano			Plano			Plano			Plano			Plano			Plano			Medição FF					
			Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq	Prod.	Seq	FF
A	C		128	4	5																					
B	C				6	120	1	1	120	1	3															
C	C		10	1	3																					
D	C		10	1	4																					
E	B		120	1		120	1	2	120	1	2	120	1	2	120	1	2									
F	A		750	6	2	840	7	3	840	7	1	960	8	1	1160	10	1	360	3	1						
G	C		50	1	1																					

Figura 74- Tabela de controlo do nivelamento dos produtos da Bosch

ANEXO IV- CÁLCULO DOS CHANGEOVERS

Os tempos que constam da tabela 14 foram obtidos pela análise dos tempos de *changeover* entre as várias referências dos produtos A anteriormente referidos ao longo de vários meses. Estes tempos foram retirados de um programa informático que existe em todas as linhas, onde são registados todos os tempos sempre que há uma mudança de produto. Quando a mudança ocorre entre produtos da mesma família, o *changeover* é praticamente nulo, uma vez que só implica a troca de *pcb's*, sendo então necessário verificar os tempos de *changeover* entre produtos da família GM e IPPC. Houve situações em que não foi possível obter valores para os tempos de *changeover*, uma vez que para isso era necessário que todas as combinações ocorressem, o que não se verificou.

Tabela14- Cálculo dos changeovers

Produto	Placa	Medições [segundos]										Média	
751340036855L para 76200003005D3/ 76200003006LC	8638547712 para 8638547296	58	12										35
751340036855L para 76200003105D3	8638547712 para 8638547297	25	42										33,5
751340054755L para 76200003005D3/ 76200003006LC	8638549760 para 8638547296	37	34	32	38	28	193	22					54,9
751340054755L para 76200003105D3	8638549760 para 8638547297	10 6	760	2	106								243,5
76200003005D3/ 76200003006LC para 751340036855L	8638547296 para 8638547712	33	17	749	141	967							381,4
76200003005D3/ 76200003006LC para 751340054755L	8638547296 para 8638549760	28	36	101	28	67	107	94	356	6	119		94,2
76200003105D3 para 751340054755L	8638547297 para 8638549760		36	25	5	73	718	53	671				225,9
76200003105D3 para 751340036855L	8638547297 para 8638547712												

ANEXO V- RELAÇÃO ENTRE CHANGEOVERS E STOCKS

Tabela 15- Changeovers Vs Stocks

	Changeover	Lotes	Stock Mínimo	Stock Máximo
1ª Situação	35	2	11	15
2ª Situação	30	2	11	15
3ª Situação	25	3	11	16
4ª Situação	20	3	12	18
5ª Situação	15	4	13	21
6ª Situação	10	6	15	28
7ª Situação	5	18	21	47