



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Ana Rita Castro Freitas

***Just in Sequence e Pull Leveling* numa  
empresa do setor *Car Multimedia***

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Prof. Rui M. Lima

Outubro de 2018



## DECLARAÇÃO

Nome: Ana Rita Castro Freitas

Endereço eletrónico: ritacastro1310@gmail.com Telefone: 913596902

Número do Bilhete de Identidade: 14824111

Título da dissertação: *Just in Sequence e Pull Leveling* numa empresa do setor *Car Multimedia*

Orientador(es): Rui M. Lima

Ano de conclusão: 2018

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

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, 09 /11/2018

Assinatura: Ana Freitas



## **AGRADECIMENTOS**

Os meus mais sinceros agradecimentos a todos que se foram cruzando na minha vida.

Sem vocês, não seria a mesma!

Aos meus pais que desde sempre me apoiaram e me incentivaram a estudar.

Ao meu Zé que sempre me acolhe com carinho. Pelo apoio incondicional, pelo encorajamento dado e paciência tida no decorrer da realização deste projeto.

Aos meus avós e irmão, sempre presentes para mim.

À Engenheira Susana Cruz pela oportunidade e pela confiança que depositou em mim. À minha orientadora Engenheira Ana Morais e à Engenheira Joana Lopes pelo apoio, compreensão e dedicação essenciais para o sucesso do trabalho desenvolvido. Obrigada por tudo o que fizeram por mim!

Ao meu orientador, professor engenheiro Rui Lima, pela disponibilidade, competência e sábia orientação ao longo da elaboração da dissertação.

Às minhas queridas amigas e amigos por todos os momentos de risada e palavras de conforto.

Queria também agradecer às equipas dos projetos, pela partilha de ideias, pela compreensão e amabilidade. Sinto-me verdadeiramente privilegiada por ter podido trabalhar convosco.

Quero ainda demonstrar um agradecimento especial a toda a equipa de LOP, por todos os ensinamentos e ajuda em cada atividade realizada.





## RESUMO

O presente projeto de dissertação foi realizado no âmbito do curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI), e desenvolvido em ambiente industrial no departamento de logística, na área de gestão de encomendas e planeamento da produção, da empresa Bosch Car Multimedia Portugal de Braga. Este projeto tem como objetivo principal a criação de uma norma para a implementação de projetos com expedição *Just in Sequence* e a definição e implementação de uma metodologia regida pelo conceito *Pull Leveling*, de modo a otimizar os processos da organização.

Como consequência da tendência crescente para a implementação de sistemas *Just in Sequence* nas empresas fabricantes de automóveis, surge nos seus fornecedores a necessidade de fornecer os produtos na sequência pedida. Este projeto surge no sentido de tornar a Bosch um fornecedor capaz de fornecer este tipo de serviço com qualidade, através da normalização de processos relacionados com a expedição *Just in Sequence*. Ao longo desta dissertação é possível encontrar os principais problemas que surgiram no primeiro projeto com expedição *Just in Sequence*, assim como as medidas tomadas para os combater. Por fim, é apresentado um standard com os passos que devem ser tidos em consideração quando surgem projetos com este tipo de requisito.

Os resultados resumem-se a uma implementação sustentada em atividades programadas de forma a garantir que no momento certo os requisitos do cliente vão ser cumpridos com o menor custo.

No decorrer da presente dissertação são apresentados algumas das desvantagens do modelo atual de planeamento da produção e alguns problemas existentes no chão de fábrica. De modo a colmatar ambos os problemas, surge a implementação do projeto *Pull Leveling*, com o objetivo de melhorar os processos de planeamento da produção e o sistema de controlo da produção, que deixará desta forma de ser empurrado para passar a ser puxado. Como principais vantagens enumeram-se a maior estabilidade nos processos, a redução do impacto das flutuações do cliente criada através do nivelamento da produção e de uma eficiente gestão de stocks.

Com este projeto de dissertação é esperado que o indicador que mede o cumprimento do plano de produção melhore cerca de 50%, e que com isso seja possível aumentar o indicador de 40% para 70%. Relativamente ao indicador que mede o cumprimento das encomendas é esperado que seja possível garantir um aumento de 83% para 96%, assim como uma redução de 30% das despesas com transportes especiais.

Como perspetivas futuras, pretende-se acompanhar o standard de implementação do *Just in Sequence* e complementá-lo com os processos específicos de cada departamento e, no que diz respeito à implementação do *Pull Leveling*, pretende-se estender a implementação a outras linhas e realizar formações a todos os intervenientes envolvidos.

## Palavras-Chave

Just in Sequence, Pull Leveling, Planeamento da Produção, Gestão de Encomendas, Standards





## **ABSTRACT**

This dissertation project, developed as part of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management of Minho University, was developed in the Production Planning and Customer Orders Management section of Logistics Department of Bosch Car Multimedia Portugal SA.

The aim of this project is to create a standard process for the *Just in Sequence* implementation and to define and implement a methodology based on *Pull Leveling* concept, in order to optimize the processes in the organization.

Nowadays there is a growing trend to implement *Just in Sequence* systems in automobile manufacturers. As a consequence the suppliers are invited to send the products in the required sequence. This project aims to make Bosch a supplier able to provide this type of service with quality, through the standardization of processes related to the shipment *Just in Sequence*. Throughout this dissertation, it is possible to find the main problems that arose in the first project with expedition *Just in Sequence*, as well as the measures taken to combat them. Finally, a standard is presented with the steps that should be considered to meet this requirement.

In sum, the aim is to guarantee the accomplishment of programmed activities to ensure that at the right time the customer's requirements will be met at the lowest cost and highest quality.

In this dissertation, it is presented some of the weaknesses of the current production planning method and some identified problems on the shop floor. In order to overcome both, the implementation of the Pull Leveling project arises, aiming to improve production planning processes and the production control system. The main advantages are the greater stability in the processes, the decrease customer fluctuations impact and efficient inventory management.

With this project, it will be possible to increase the fulfillment production plan from 40% to 70%. With regard the fulfillment of the customer orders, it is expected an increase from 83% to 96% and it will be possible a reduction of 30% of the costs with special transports.

As a future perspective, it is intended to follow the *Just In Sequence* implementation standard and complement it with the specific processes of each department. Regarding with *Pull Leveling*, it is planned to implement it in other lines and give training to all stakeholders.

## **Keywords**

Just in Sequence, Pull Leveling, Production Planning, Orders Management, Standards





## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2 Revisão crítica da literatura.....	7
2.1 Introdução à Filosofia Lean.....	7
2.1.1 Contextualização histórica.....	7
2.1.2 Princípios Lean.....	8
2.1.3 Desperdícios.....	9
2.2 Just in Sequence.....	10
2.3 Pull Leveling.....	14
2.3.1 Leveling.....	15
2.3.2 Pull.....	16
2.3.3 Implementação do sistema pull leveling.....	16
3 Descrição do Contexto de Estudo.....	19
3.1 Bosch Car Multimedia S.A. (Braga).....	19
3.1.1 Produtos, clientes e fornecedores.....	20
3.1.2 Estrutura Organizacional.....	21
3.1.3 Descrição do Processo Produtivo.....	22
3.2 Descrição do Processo de Gestão e Planeamento da Produção.....	22
3.3 Descrição da Situação Atual do Projeto AUDI <i>Just In Sequence</i> .....	26
4 Análise Crítica da Situação Atual.....	29
4.1 Gestão de requisitos do cliente.....	29
4.2 Parametrização do SAP.....	30
4.3 Monitorização do Armazém externo.....	31
4.3.1 Desconhecimento do Estado das Sequências.....	31
4.3.2 Lacuna nos Standards do Armazém Externo.....	32



4.4	Planeamento e controlo da produção.....	32
4.4.1	Plano de Produção sem cálculo de stocks de produto final .....	32
4.4.2	Planeamento da Produção Semanal não nivelado .....	33
4.4.3	Definição da capacidade da linha.....	34
4.4.4	Desperdícios no planeamento da produção .....	34
4.5	Indicadores de Desempenho .....	35
4.5.1	Fulfillment - Cumprimento do plano de produção .....	35
4.5.2	LIWAKS – Cumprimento das encomendas do cliente.....	38
4.5.3	Custos de Transporte especiais.....	39
4.6	Value Stream Mapping (VSM) .....	40
4.7	Resumo dos principais problemas .....	42
5	Propostas de melhoria .....	45
5.1	<i>Just in Sequence</i> no fornecimento de componentes automóveis.....	45
5.1.1	Leitura da mensagem eletrónica LAFES-JIT no sistema SAP .....	45
5.1.2	Comunicação sobre o estado da sequência (Bosch-Armazém Externo) .....	47
5.1.3	Processo de revisão e validação dos standards do armazém .....	47
5.1.4	Definição do processo de <i>reflash</i> (processo de retrabalho).....	48
5.1.5	Criação de standard para implementação de projetos JIS.....	49
5.2	Implementação de um novo modelo de planeamento da produção .....	53
5.2.1	Seleção do pacemaker process.....	54
5.2.2	Definição do Período de Nivelamento .....	55
5.2.3	Classificação dos Produtos .....	55
5.2.4	Análise da Flutuação do cliente.....	56
5.2.5	Cálculo da Capacidade .....	57
5.2.6	Desenvolvimento dos EPEI.....	59
5.2.7	Determinação do número de peças por kanban .....	59
5.2.8	Desenvolvimento do plano de produção nivelado e definição da sequência produtiva ..	60
5.2.9	Cálculo do Número de kanbans .....	60
5.2.10	Otimização do processo de planeamento da produção .....	66
5.2.11	Definição do novo quadro de nivelamento .....	67
5.2.12	Sistema de Controlo da produção Pull.....	71
5.2.13	Formação dos intervenientes .....	71
6	Discussão de resultados .....	73
7	Conclusões e perspetivas futuras .....	77
	Referências Bibliográficas .....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004) .....	8
Figura 2 - Montagem Final com o Just in Sequence (Hüttmeir, Treville, Ackere & Prenninger, 2009) ..	11
Figura 3 - Vantagens do processo <i>Just in Sequence</i> (adaptado de Wernera et al., 2003) .....	12
Figura 4 - Fluxo de informação Siemens (supplier) - cliente (Siemens, 2015) .....	13
Figura 5 - Processo de Pull Leveling .....	14
Figura 6 - Bullwhip-effect ao longo da cadeia de valor (Bosch, 2006) .....	15
Figura 7 - Bosch no mundo .....	20
Figura 8 - Principais produtos .....	21
Figura 9 - Principais departamentos da empresa .....	21
Figura 10 - Principais atividades do processo produtivo .....	22
Figura 11 - Fluxo de Informação e Materiais .....	23
Figura 12 - Fluxo de encomendas via EDI .....	23
Figura 13 - Mensagem Eletrónicas em Erro .....	24
Figura 14 - Monitor do SAP (PA5) com informação referência .....	24
Figura 15 - Plano de Produção a longo prazo .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Figura 16 - Planeamento da Produção Semanal .....	25
Figura 17 - Cartão de Produção .....	26
Figura 18 - Fluxo de materiais e cobertura de stocks .....	26
Figura 19 - Matriz de responsabilidades nas diferentes fases do projeto .....	30
Figura 20 - Situação atual e conteúdo da mensagem LAFES-JIT .....	31
Figura 21 - Stock de acordo com o plano de produção e encomendas .....	32
Figura 22 - Plano de Produção semana 4 da linha 2I14 .....	33
Figura 23 - Fluxo de Informação atualização da Base de Dados .....	34
Figura 24 - Processo de planeamento da produção .....	35
Figura 25 - Algoritmo de Medição do FF para cada linha de produção .....	36
Figura 26 - Média do Fulfillment 2018 por linha (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio) .....	37
Figura 27 - Causas das paragens de Produção na linha de montagem final .....	37
Figura 28 - Indicador cumprimento das encomendas do cliente .....	39
Figura 29 - Principais causas do incumprimento das encomendas .....	39
Figura 30 - Principais motivos para a realização de transportes especiais .....	40
Figura 31 - VSM da família da GM - Resumo dos principais problemas .....	41
Figura 32 - Fluxo de informação proposto .....	45
Figura 33 - Análise da mensagem LAFES-JIT .....	46
Figura 34 - JIS Monitor no SAP com informação retirada da mensagem LAFES-JIT .....	47
Figura 35 - Diagrama de Gantt para análise dos processos do armazém externo .....	48
Figura 36 - Processo de escalonamento dos problemas no armazém externo .....	48
Figura 37 - Conceito <i>Pull Leveling</i> .....	53
Figura 38 - Classificação dos produtos considerando o <i>pick up</i> e o volume da procura .....	55
Figura 39 - Gráfico cálculo de capacidade .....	57



Figura 40 - Análise da capacidade nos próximos períodos de nivelamento .....	58
Figura 41 - Ilustração dos componentes do RTloop.....	64
Figura 42 - Quadro de Nivelamento.....	67
Figura 43 - Sequenciador da produção.....	67
Figura 44 - Algoritmo limites de reação no sequenciador .....	68
Figura 45 - Algoritmo para o retorno dos kanbans do supermercado para o quadro de nivelamento ...	69
Figura 46 - Algoritmo para limites de reação ao backlog.....	71



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos problemas e das ações.....	42
Tabela 2 - Matriz de Responsabilidades (RASIC).....	49
Tabela 3 - Principais <i>milestones</i> em projetos JIS.....	49
Tabela 4 - Requisitos do cliente.....	50
Tabela 5 - Legenda do Check-Point.....	50
Tabela 6 - Lista de membros da equipa.....	51
Tabela 7 - Agenda da reunião de equipa do projeto.....	51
Tabela 8 - Ações para implementação do projeto JIS.....	52
Tabela 9 - Análise ABC e XYX e classificação dos produtos.....	56
Tabela 10 - Análise da flutuação do cliente.....	56
Tabela 11 - Cálculo do tempo de produção diário necessário.....	58
Tabela 12 - Cálculo da capacidade e nº de mudanças de linha disponíveis.....	59
Tabela 13 - Definição do EPEI.....	59
Tabela 14 - Definição do número de peças por kanbans.....	59
Tabela 15 - Definição do tamanho do lote.....	60
Tabela 16 - Plano de Produção Nivelado.....	60
Tabela 17 - Dados padrão de nivelamento e pick up planeado.....	61
Tabela 18 - Kanbans Spot Analysis.....	62
Tabela 19 - Total número de kanbans (kanbans Spot Analysis).....	62
Tabela 20 - Definição dos valores do RTloop.....	64
Tabela 21 - Análise do histórico do OEE para cálculo do SA1.....	65
Tabela 22 - Valores das variáveis da fórmula RELOWISA.....	66
Tabela 23 - Cálculo do número de kanbans no loop através da fórmula RELOWISA.....	66
Tabela 24 - Análise do impacto dos projetos no indicador LIWAKS.....	75
Tabela 25 - Impacto esperado das medidas propostas nos custos de transportes especiais.....	76





## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

ASN - Advanced Shipment Notification

BPS – Bosch Production System

EDI – Electronic Data Interchange

EDL – Externer Dienstleister Logistik (Logistic Service Provider)

ERP – Enterprise Resource Planning

FF – Fulfillment

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

JIT – Just in Time

JIS – Just in Sequence

LIWAKS - Liefererfüllung Abrufverhalten Warn- und Kontrollsystem (Indicador de entrega de encomendas ao cliente)

LOG - Logistic

LOP – Last Official Planning

MOE1 – Manufacturing Operations Engineering (Inserção automática e montagem manual)

NivPLuS – Nivellierung, Planung, Logistik und Steuerung.

OTP – One Time Programmable

PCB – Printed Circuit Board (componente do produto final)

PN – Part Number

PPS – Production Plan Schedule

SAP – Systems, Applications and Products

SMC – Smart Manufacturing Control

TPS – Toyota Production System



## **1 INTRODUÇÃO**

No presente capítulo é realizado um enquadramento do tema da dissertação, são apresentados os objetivos esperados do trabalho desenvolvido, bem como a metodologia de investigação utilizada no decorrer do projeto. Por fim, é apresentada a estrutura da dissertação.

### **1.1 Enquadramento**

O nascimento desta empresa mundialmente conhecida como Bosch, data de 15 de novembro de 1886, quando Robert Bosch recebeu a aprovação oficial para abrir uma Oficina para Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica em Estugarda, Alemanha. Desde o início, caracterizou-se como uma empresa com uma enorme força inovadora e com um assumido compromisso social. Estes pilares, ao longo dos anos, permitiram que a empresa criasse um vasto império e se tornasse um marco na área da tecnologia, representando-se com produtos revolucionários que primam a interface entre homem-máquina.

A Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. de Braga, subsidiária do grupo Bosch, começa a sua jornada em 1990, no ramo de componentes eletrónicos. Atualmente, destaca-se na área da tecnologia automóvel, nomeadamente na produção de autorrádios e sistemas de navegação. A sua abordagem operacional segue os princípios Bosch Production System (BPS), uma filosofia que surgiu inspirada nos ideais do TPS – Toyota Production System.

O TPS surgiu na empresa automóvel da Toyota no fim da segunda guerra mundial, apoiado em dois pilares: a *produção just-in-time*, a qual visa produzir o produto certo, na quantidade certa, no momento certo e com a qualidade desejada; e o *jidoka*, palavra japonesa que remete para a automação de processos de controlo (Sugimori, Kusunoki, Cho & Uchikawa, 1977). Associados a estes pilares da casa TPS, integram-se os sistemas pull, a produção nivelada, processos normalizados, mecanismos à prova de erro, eliminação de desperdícios, trabalho em equipa e melhoria contínua (Liker, 2004).

No mundo ocidental esta filosofia é mais conhecida como Lean Production, lançada em 1990 por Womack, Jones e Roos. O Lean Production baseia-se na redução de custos através da redução de desperdícios e pressupõe uma procura constante pela excelência. Os seus princípios compreendem ainda a identificação da cadeia de valor e a implementação de sistemas produtivos puxados com fluxos contínuos (Womack & Jones, 1996).

Atualmente, de um modo geral, as empresas da indústria automóvel enfrentam um aumento de competitividade que leva a uma elevada pressão e que cria a necessidade de aprimorar a eficiência, quer da empresa quer de toda a cadeia de abastecimento (Wagner & Silveira-Camargos, 2012). Deste modo, os fabricantes de automóveis assim como os seus fornecedores, deparam-se com a necessidade de aumentar produtividade e de diminuir o inventário para evitar o investimento de capital e os custos de manuseamento (Lieberman & Demeester, 1999). Como consequência, os relacionamentos entre compradores e fornecedores tornam-se mais fortes, o que Holm et al. (1999) categorizam como o princípio da "criação de valor através do compromisso".

Deste modo, a pressão inerente aos baixos custos e preços decorrente do aumento da concorrência e da complexidade de operações leva à criação de valor na rede de abastecimento, havendo a necessidade



dos fornecedores assumirem a responsabilidade de produzir produtos específicos e entregá-los *Just in Sequence (JIS)* (Wagner & Silveira-Camargos, 2012). É neste âmbito que surgem as solicitações por parte dos clientes da Bosch para que os produtos sejam entregues numa determinada sequência e, no decorrer dessa exigência, surge a necessidade de implementar o sistema *Just in Sequence* no processo de expedição de produto final. O JIS aproxima-se do JIT adicionando o fornecimento da sequência certa de componentes (Werner, Kellnerb, Schenk & Weigert, 2003) à qualidade, tempo e quantidade certa (Ohno, 1988). A maior diferença entre JIT e JIS é que os produtos são entregues em quadros JIS e encontram-se sequenciados de acordo com o cronograma de produção do cliente (Wagner & Silveira-Camargos, 2011).

Por tudo isto, e por se deparar com uma concorrência extremamente competitiva, surge, na Bosch, a necessidade de adaptar a produção de modo a responder num curto espaço de tempo a uma elevada diversidade de produtos com características inovadoras. Assim, torna-se imprescindível a implementação de sistemas *lean* para garantir a sustentabilidade da empresa, sendo que uma das missões passa pela implementação do sistema *pull leveling* e paralelamente definir um processo para expedição *Just in Sequence*.

Os sistemas *pull* caracterizam-se pelo facto de os processos serem desencadeados apenas quando eles são realmente necessários para satisfazer a procura (Laan, Salomon & Dekker, 1998). Por sua vez, os sistemas nivelados caracterizam-se por uma produção que está agendada de tal forma que a linha de produção produz a mesma sequência de produtos ao longo de um determinado período de tempo, sendo que essa sequência contempla desde os produtos com mais procura até aos produtos com menor procura (Hüttmeir, Treville, Ackere & Prenninger, 2009). Assim a evolução para uma produção simultaneamente puxada e nivelada surge com o intuito de reduzir o impacto das flutuações das encomendas, alcançar uma produção balanceada ao longo da cadeia de valor, com o suporte de supermercados com as quantidades de stock apenas necessárias.

Paralelamente, torna-se igualmente necessário que o planeamento seja realizado através de um sistema de planeamento e controlo da produção flexível com capacidade de gerir encomendas provenientes de um mercado instável e de solucionar questões relacionadas com o planeamento da produção (Mula, Poler, García-Sabater & Lario, 2005). Assim, com o intuito de aprimorar o planeamento nivelado torna-se crucial a adoção da ferramenta *NivPLuS*, um programa desenvolvido pela empresa mãe da Bosch. Assim, um outro desafio relacionado com o projeto passa pela criação de instruções para a realização de planeamentos nivelados na ferramenta. Por outro lado, para controlar o sistema puxado ao longo da cadeia de valor, torna-se essencial o suporte do *Smart Manufacturing Control (SMC)*, um programa desenvolvido a partir de uma parceria entre a Universidade do Minho e a Bosch de Braga.

Em suma, quer a implementação do sistema *Pull Leveling* quer a implementação do *Just in Sequence* têm como principal foco assegurar que a Bosch Braga satisfaça todas as encomendas e os requisitos dos seus clientes, de modo a garantir a sustentabilidade da empresa e o seu lugar no pódio na área *car multimédia*.

Por último, e tendo conta que não foram encontradas publicações que abordassem de forma integrada o desenvolvimento destes conceitos, a presente dissertação visa apresentar de forma resumida uma solução para o presente *research gap*.



## 1.2 Objetivos

Este projeto tem como objetivo principal a implementação do *Pull Leveling* e do *Just in Sequence* e a definição de todas as atividades necessárias para implementação de projetos idênticos.

No que diz respeito à implementação do *Just in Sequence*, este surgiu com o intuito de responder a uma exigência de um cliente. Atualmente, prevê-se que mais clientes venham a requerer este serviço, pelo que surge a necessidade de padronizar todas as atividades e informação associada. Assim, em específico pretende-se atingir um valor do LIWAKS (Liefererfüllung Abruflverhalten Warn- und Kontrollsystem) – indicador que representa o cumprimento das entregas ao cliente – de 96%.

Por outro lado, a implementação do *Pull Leveling* terá como finalidade alimentar o supermercado de produto final, dimensionado de forma tal que o cliente tem disponível no momento certo e na quantidade certa o produto que pretende. A importância da implementação do *Pull Leveling*, prende-se com o facto de este sistema permitir reduzir o impacto das flutuações das encomendas dos clientes, através da transmissão de um sinal estável ao longo da cadeia de valor, que só é possível devido ao plano nivelado e ao supermercado de produto final. Assim, será possível definir uma produção balanceada ao longo da cadeia de valor, diminuir os custos de excesso de inventário e de transportes especiais. Com isto, pretende-se aumentar o indicador de desempenho designado por LIWAKS – que mede o cumprimento das encomendas dos clientes – de 83% para 96% e aumentar o indicador de desempenho denominado de *fulfillment* – que mede cumprimento do planeamento da produção – de 40% para 70% e diminuir as necessidades de transportes especiais em 30%.

Globalmente espera-se ainda que sejam elaboradas todas as melhorias possíveis nas áreas direta ou indiretamente relacionadas com a implementação do presente projeto, por forma a colocar em prática a máxima da melhoria contínua.

Com a realização deste projeto será possível cumprir a missão de satisfazer positivamente os requisitos dos clientes e continuar a pertencer ao atual mercado competitivo, garantindo assim a sustentabilidade da empresa.

## 1.3 Metodologia de Investigação

A presente dissertação será realizada num horizonte temporal de nove meses. A investigação será desenvolvida tendo por base uma filosofia positivista, pois o investigador estará em contacto com a realidade observável e apenas serão considerados fiáveis os dados observáveis. Por sua vez, a abordagem dedutiva será a mais indicada, uma vez que existe a necessidade de o investigador se apoiar na literatura existente para deter um conhecimento profundo do tema em causa.

Com o âmbito de atingir os objetivos desta dissertação é necessário escolher a metodologia de trabalho mais adequada de modo a planear as todas as etapas necessárias. Uma vez que o projeto será realizado no contexto empresarial, portanto prático, a metodologia que melhor se enquadra é a *action research* ou investigação-ação. Esta tem como objetivo a resolução de problemas presentes numa organização e a definição de conclusões acerca dos mesmos, através do conhecimento e da participação ativa do investigador e da experiência dos trabalhadores (Westbrook, 1995).

De acordo com (Susman & Evered, 1978) a investigação-ação pode ser dividida em cinco fases:

1. Fase de diagnóstico – Identificação e definição do problema.



2. Planeamento de ações – Estudo de ações a serem implementadas.
3. Implementação das ações – Implementação das ações estudadas na fase anterior.
4. Avaliação dos resultados – Avaliação dos resultados obtidos através da implementação das ações escolhida.
5. Discussão – Discussão das conclusões do trabalho e ações futuras a serem tomadas.

Assim, a primeira etapa passa por diagnosticar a corrente situação da empresa para obter uma visão global de todas as alterações que terão de ser efetuadas para que seja efetivamente possível avançar com o projeto. Paralelamente, será realizada uma análise dos conteúdos teóricos relacionados com o projeto de modo a alcançar um conhecimento robusto sobre a temática em questão. Esta pesquisa será realizada com base em fontes primárias (dissertações) e fontes secundárias (artigos e livros) e ainda tem em conta fontes terciárias – ferramentas de pesquisa online.

Posto isto, a próxima fase passa por detalhar todas as ações necessárias para a implementação. O procedimento de implementação do *pull leveling* inclui, a análise do comportamento das encomendas do cliente e da rotatividade dos produtos, a seleção do *pacemaker process*, o cálculo da capacidade, a definição do número de *kanban's* e de *buffers*, o desenvolvimento do plano de produção e do quadro *heijunka*.

No que diz respeito à implementação do *Just in Sequence*, o desafio passa por padronizar o processo de embalagem dos produtos no armazém, assegurando que as etiquetas e o local onde estes estejam acondicionados corresponda à ordem associada à sequência solicitada pelo cliente. Além disso, torna-se crucial definir como será estabelecida a comunicação entre o planeador, o armazém e o cliente, de modo a que todos os intervenientes consigam ter acesso em tempo real ao estado de preparação da encomenda. Para tal, será necessário efetuar adaptações no sistema de informação para que este consiga reconhecer e transmitir a nova informação.

A terceira fase diz respeito à execução de todas as ações previamente detalhadas. Por sua vez, a fase de avaliação dos resultados inclui o cálculo de todos os indicadores definidos, assim como uma apreciação global do projeto.

Numa fase final, tornar-se-á necessário analisar e discutir os resultados obtidos, por forma a validar a qualidade do projeto e a possibilidade de implementação do mesmo com outros clientes. No sentido de procurar alcançar a perfeição, considera-se essencial efetuar um levantamento de melhorias a ser tidas em conta no futuro.

## **1.4 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. Ao longo do capítulo 1 apresenta-se o enquadramento do projeto de investigação, os objetivos do mesmo, a metodologia de investigação, a descrição das diversas fases, assim como a presente descrição da estrutura. O segundo capítulo, apresenta uma revisão da literatura, apresentando as principais contribuições científicas sobre a temática do projeto. O capítulo 3, dedica-se à descrição do contexto de estudo no qual o projeto de dissertação foi desenvolvido, incluindo a descrição do modelo atual de gestão de encomendas e de planeamento da produção.



O capítulo 4 dedica-se à análise crítica do estado atual e identificação das necessidades de melhoria na empresa. De seguida, no capítulo 5, apresentam-se os projetos de melhoria que visam solucionar as necessidades previamente expostas. No capítulo 6 apresenta-se a discussão dos resultados das ações referidas no capítulo anterior. Por último, no capítulo 7, com base no projeto desenvolvido no âmbito desta dissertação, são apresentadas algumas conclusões e sugestões para trabalho futuro relevantes para dar continuidade ao projeto.





## 2 REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo enquadrar o leitor relativamente aos temas abordados ao longo do projeto, para tal fez-se uma revisão da literatura existente. Esta é uma etapa fundamental de um processo de investigação, uma vez que possibilita a identificação de contributos científicos importantes na área em estudo. Assim, são explorados temas como a filosofia Lean, o conceito de Just in Sequence e o conceito de Pull Leveling.

### 2.1 Introdução à Filosofia Lean

Ao longo desta secção é apresentada uma contextualização histórica da filosofia *Lean*, de modo a que o autor compreenda melhor as suas origens. De seguida, são explorados os princípios desta filosofia e os principais fatores considerados como desperdícios numa organização.

#### 2.1.1 Contextualização histórica

Em 1913, Ford abraçou fortemente o trabalho padronizado e o transporte móvel para criar o que ele chamou de produção de fluxo. Naquele tempo, as linhas de produção da Ford eram extremamente inovadoras e eficazes para a produção em massa, no entanto, não eram flexíveis. Mais tarde, quando o mercado começou a exigir variedade, as linhas de Ford pareciam não ser o melhor caminho a seguir.

Na década de 1940 e mais intensamente logo após a Segunda Guerra Mundial, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e outros na Toyota analisaram a situação da variabilidade e descobriram uma série de inovações que possibilitavam a continuidade no fluxo de processos e a produção de uma grande variedade de produtos num reduzido espaço de tempo. Uma dessas inovações, permitia a estabilidade do funcionamento de uma máquina sem a necessidade de uma constante intervenção humana sendo atribuída à máquina ou ao operador a capacidade de detetar um problema e encerrar o funcionamento da mesma. Esta inovação deu origem ao início do Jidoka - automação com toque humano (Ohno, 1988). Além disso, eles desenvolveram o conceito de *Just in Time* (JIT), que visa produzir o produto certo, na quantidade certa, no momento certo e com a qualidade desejada (Toyota, 2012). Para tal, é necessário ajustar o ritmo de produção ao ritmo que as necessidades dos clientes são criadas, *takt time* (Ohno, 1988). Deste modo, este sistema permite criar um fluxo contínuo e uma sincronização entre a produção e as necessidades do cliente, aumentando a agilidade e a capacidade para reagir a mudanças do mercado (Liker, 2004). Este conceito permite ainda reduzir os custos e o *lead time* dos produtos (Black & Hunter, 2003).

O conceito de *Just in Time*, juntamente com o *Jidoka*, representam os dois pilares de um sistema denominado de *Toyota Production System* (TPS), caracterizado pela alta produtividade e qualidade. Segundo Liker (2004), o TPS é um sistema de produção em que todas as partes envolvidas contribuem para um objetivo comum: melhor qualidade, redução de custos, diminuição de lead times, melhor segurança e um melhor estado de espírito.

Como é possível observar na Figura 1, associados aos pilares da casa TPS, integram-se, em suma, os sistemas pull, a produção nivelada, processos normalizados, mecanismos à prova de erro, eliminação



de desperdícios, gestão visual, trabalho em equipa, melhoria contínua, reduzidos prazos de entrega, baixos custos, assim como produtos com a qualidade desejada.

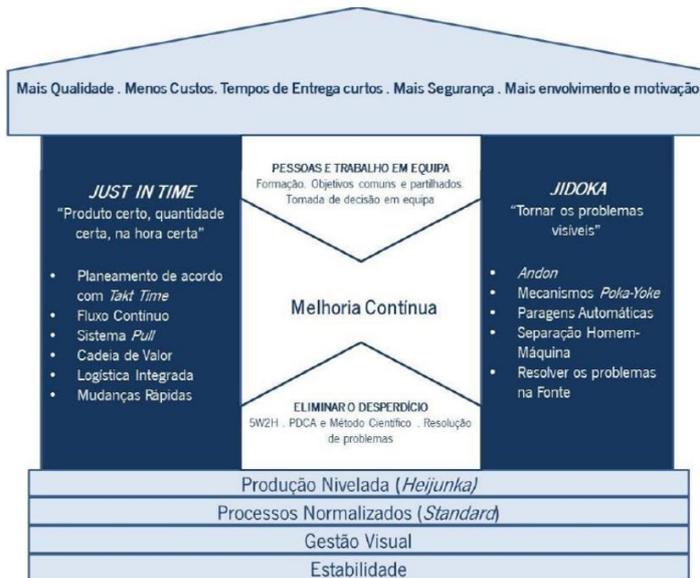


Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)

Durante os anos 60 e 70, o sistema da Toyota ganhou especial importância em todo o Japão e, no final da década de 1970, vários empresários e consultores de produtividade americanos começaram a apresentar esse sistema nos Estados Unidos (Shah & Ward, 2003).

Como o nome *Toyota Production System* era intimamente relacionado com um produtor, tentou-se encontrar um nome mais aceitável para o conceito. Uma grande variedade de nomes possíveis apareceu e, em 1990, surge o termo "Lean Manufacturing" representando a ideia de fazer mais com menos: menos espaço de produção, menos maquinaria, menos esforço humano e menos tempo de engenharia necessário ao desenvolvimento de um novo produto, comparativamente ao tempo tradicional (Womack, Jones & Roos, 1990). Este termo aparece pela primeira vez no livro *The Machine That Changed the World* de James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones e, desde então, este termo tornou-se amplamente reconhecido.

### 2.1.2 Princípios Lean

A filosofia Lean está intimamente conectada com os seus cinco princípios, desenvolvidos com um objetivo comum - a redução de desperdícios. Estes princípios serão resumidamente descritos abaixo, com inspiração nos livros de Womack & Jones: *Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together* (2005) e *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation* (1996).

- **Identificação do valor:** Este é definido pelo cliente final e só é significativo quando expressado em termos de um produto, um serviço, ou uma combinação destes que cumpra os requisitos do cliente a um preço e hora específicos.
- **Identificação da cadeia de valor:** A cadeia de valor é descrita como o conjunto de ações específicas e necessárias à criação de um determinado produto. Estas ações compreendem ações como design, engenharia e lançamento do produto, transformação das matérias-primas



nos produtos finais, as operações logísticas necessárias, entre outras que acrescentam valor ao produto.

- **Criação de fluxo:** O terceiro princípio concentra-se na eliminação de fatores que inibem o processo de produção e prolongam o tempo de espera do cliente. Esses fatores são definidos como sete desperdícios. O conceito de fluxo deriva para o *one-piece-flow*, em que cada produto em curso de fabrico é tratado individualmente.
- **Produção *pull*:** ou produção “puxada”, significa que o fluxo da cadeia de valor é puxado pelo cliente, ou seja, só haverá produção quando houver efetivamente encomendas. A adoção de um sistema *pull*, comparativamente com a produção *push* - produtos são empurrados ao longo da cadeia de valor, permite reduzir drasticamente os custos de armazenagem e de material em vias de fabrico, o tempo de resposta da cadeia e a sobreprodução de bens que os clientes não desejam.
- **Alcançar a perfeição:** Este princípio remete para a procura incessante da perfeição e para a implementação de processos de melhoria contínua, é sempre possível desenvolver formas de reduzir custos, tempos, espaço, esforço ou erros. Caso as empresas não se foquem em melhorar continuamente poderão correr o risco de ser ultrapassadas e de colocarem em causa a competitividade.

### 2.1.3 Desperdícios

*Muda* é a palavra japonesa que significa desperdício, a mesma foi referida por Taiichi Ono para descrever qualquer atividade que envolve recursos, mas que não cria valor para o cliente (Ohno, 1988). O mesmo autor apresenta sete fatores que influenciam negativamente os tempos de entrega e de atravessamento, os stocks, a qualidade e o custo dos produtos, e que, por isso, a produção *lean* deve tentar diminuir e até mesmo eliminar. Estes fatores são denominados como desperdícios da produção e apresentam-se em seguida:

- **Transporte:** este desperdício relaciona-se com o transporte de work-in-process (WIP), matéria prima ou produto acabado entre dois pontos situados a uma distância relativamente longa (Liker & Morgan, 2006). Este desperdício resulta essencialmente da desorganização do planeamento e programação da produção e à disposição dos postos de trabalho (Wahab, Mukhtar & Sulaiman, 2013);
- **Movimentação:** neste desperdício incluem-se todas as movimentações e deslocações realizadas pelos operários durante o seu trabalho, como por exemplo: alcançar algo, caminhar e empilhar peças (Liker & Morgan, 2006) ou quando existem movimentações dispensáveis das máquinas (Bell, 2006). Uma melhoria no fluxo de material e melhoria nos layouts são exemplos de soluções que podem levar à diminuição deste desperdício;
- **Esperas:** este desperdício está relacionado com a fração de tempo em que os colaboradores ou equipamentos estão parados à espera de algo para realizarem as suas tarefas, quer por falta de alguma informação quer por falta de equipamentos ou materiais. Entre as principais causas realça-se o planeamento da produção, entregas atrasadas de material e problemas de qualidade;



- **Inventário:** refere-se ao excesso de matérias-primas, WIP ou produto acabado que escondem problemas como o não balanceamento da produção, defeitos de qualidade, longos tempos de setup, falta de colaboradores qualificados e inatividade de equipamentos (El-Namrouty, 2013);
- **Sobreprodução:** Segundo Ohno (1988) este é o pior dos desperdícios uma vez que consequentemente cria outros desperdícios como stock excessivo, deslocações e movimentos desnecessários. Trata-se da produção de componentes além das necessidades, o que provoca um aumento nos custos de posse e de transporte. Este desperdício pode ser combatido através da uniformização de trabalho ao longo da cadeia de valor, postos de trabalho balanceados, produção nivelada e um fluxo contínuo (Pinto, 2014);
- **Sobre processamento:** realização de processos e tarefas desnecessárias que causam um processamento excessivo relativamente aos requisitos do cliente (El-Namrouty, 2013);
- **Defeitos:** produção ou correção de partes defeituosas. As inconformidades requerem um trabalho de reparação (retrabalho), de sucata e de produção de material para reposição que implicam desperdício de tempo, manuseamento e esforço (Liker & Morgan, 2006);

A literatura menciona ainda um oitavo desperdício, que corresponde ao desaproveitamento do potencial humano (Ohno, 1988). O autor afirmou que um dos objetivos do TPS era “criar pessoas pensantes”, isto é, gerar condições que promovam a intervenção e a criatividade dos colaboradores.

Além dos *muda* mencionados, identificam-se também os sintomas de desperdício *mura* e *muri*, sendo necessário identificá-los e eliminá-los. Os conceitos de *muda*, *mura* e *muri* são designados por 3M. Coimbra (2009) explica os dois sintomas de desperdício da seguinte forma:

- ***Mura*:** relaciona-se com a variabilidade inerente aos processos e está ligado às diferenças e à ausência de estabilidade e fiabilidade. Este desperdício reflete -se nas paragens imprevistas e na ausência de controlo do processo produtivo.
- ***Muri*:** relaciona-se com situações de sobrecarga de máquinas ou de pessoas, o que pode originar problemas de segurança para os operadores e de qualidade e custos devido, por exemplo, a gastos desmedidos de energia.

Em suma, para uma redução de custos e a continuidade da qualidade total, torna-se impreterível a eliminação dos 3M - *muda*, *mura* e *muri*.

## 2.2 Just in Sequence

O *Just in Sequence* é considerado como um modo de abastecimento com reduzido stock, baseado num dos pilares da produção *lean* - o *Just in Time*. O JIS relaciona-se com o JIT, adicionando o fornecimento da sequência certa de componentes (Werner, Kellnerb, Schenk & Weigerta, 2003) à qualidade, tempo e quantidade certa (Ohno, 1988). A maior diferença entre JIT e JIS é que os produtos são entregues pelos fornecedores em quadros JIS e encontram-se sequenciados de acordo com o cronograma de produção do cliente (Wagner & Silveira-Camargos, 2011). O conceito é representado na Figura 2.

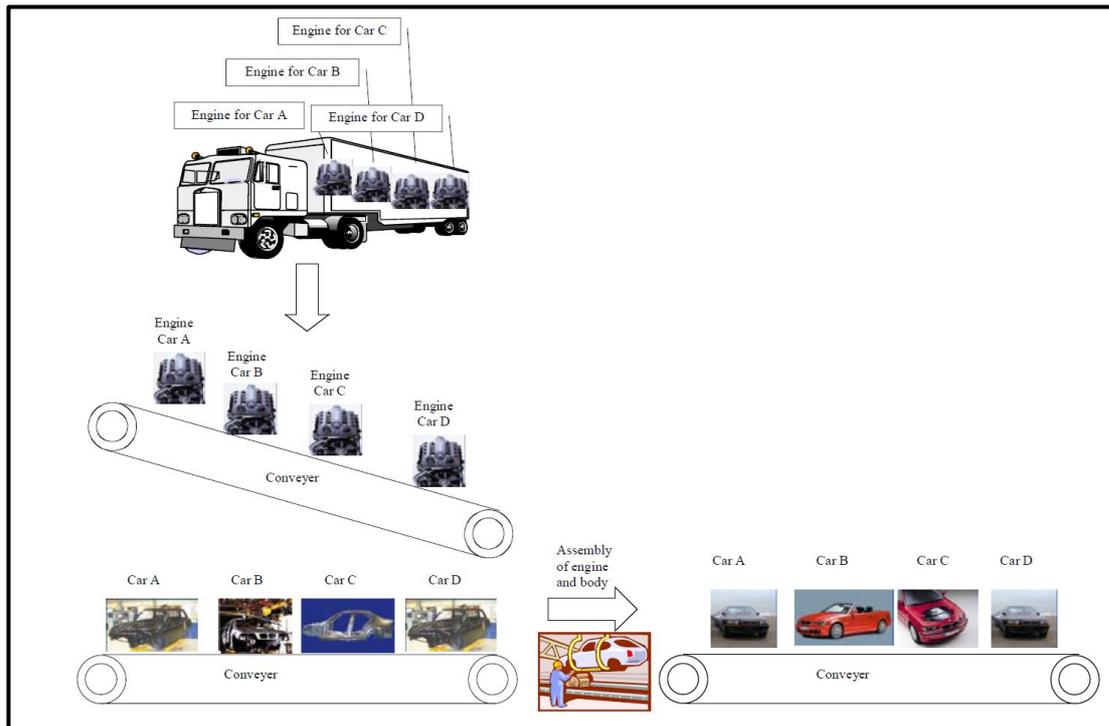


Figura 2 - Montagem Final com o Just in Sequence (Hüttmeir, Treville, Ackere & Prenninger, 2009)

O principal objetivo do conceito é eliminar o desperdício, realizando uma produção flexível e *lean* por meio da redução de movimentações, ocupação de espaço, *lead time* e complexidade. As peças necessárias serão enviadas pelos fornecedores e entregues diretamente na sequência da montagem final e no local de montagem final e são retiradas diretamente do transportador de carga pelo operário da montagem. Isso reduz o espaço necessário junto à linha de montagem final e evita o armazenamento adicional de diferentes variantes, diminuindo o inventário. Este conceito de *Just in Sequence* exige uma elevada disciplina quer na cadeia de abastecimento, quer na área da produção (Werner et al., 2003) e, como consequência, a relação entre compradores e fornecedores torna-se mais forte, o que Holm categoriza como o princípio da criação de valor através do compromisso (1999).

Estas relações de fornecimento exigem um planeamento cuidadoso e uma gestão de riscos proativa, de modo a evitar erros e as dispendiosas paragens de produção. Assim, um dos concelhos para a implementação do *Just in Sequence* remete para a preparação previa de situações de emergência, de modo a assegurar uma cadeia de abastecimento segura (Svensson, 2004). As principais vantagens do *Just in Sequence* são apresentadas na Figura 3.

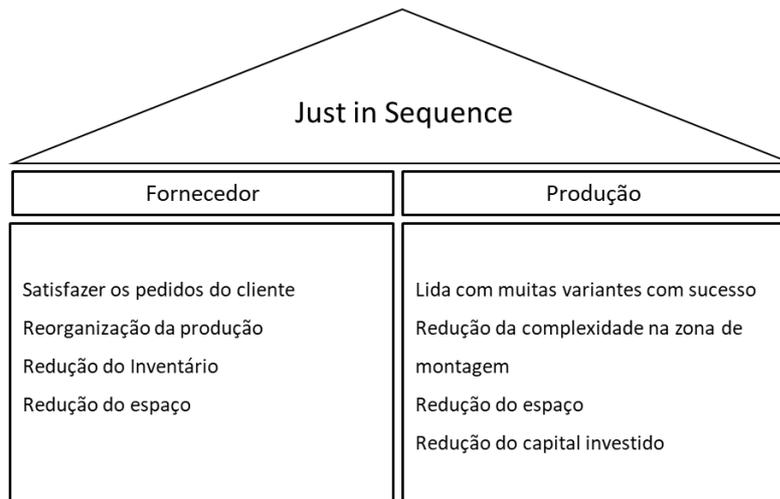


Figura 3 – Vantagens do processo *Just in Sequence* (adaptado de Wernera et al., 2003)

Atualmente, de modo geral, as empresas de automóveis enfrentam um aumento de competitividade que leva a uma elevada pressão e que cria a necessidade de aprimorar a eficiência, quer da empresa quer da inteira cadeia de abastecimento (Wagner & Silveira-Camargos, 2012). Por sua vez, os fabricantes de automóveis assim como os seus fornecedores, deparam-se com a necessidade de aumentar produtividade e de diminuir o inventário para evitar o investimento de capital e os custos de manuseamento (Lieberman & Demeester, 1999). Como solução as empresas de montagem final estão a implementar sistemas *Just in Sequence* e, como consequência, os fornecedores são convidados a entregar os seus produtos na sequência de produção dos seus clientes (Wagner & Silveira-Camargos, 2012).

A empresa Siemens é uma empresa de tecnologia fornecedora do ramo automóvel, que também reconhece que as empresas produtoras de veículos estão sob uma enorme pressão provocada quer pela elevada competitividade, quer pela complexidade de operações inerentes ao processo de manufatura. Consciente deste facto, afirma que um modo das produtoras de veículos lidarem com este desafio é terceirizar a criação de valor através dos fornecedores diretos. Por sua vez, os fornecedores são cada vez mais obrigados a assumir a responsabilidade de produzir um maior número de variantes e a transformarem-se de fornecedores de uma única peça em fornecedores de módulos e sistemas complexos e capazes de entregar os produtos just-in-time (JIT) ou em sequência (JIS) (Siemens, 2015).

A Siemens apresentou um conjunto de soluções cujo principal objetivo passa por ajudar a satisfazer os inúmeros requisitos da indústria automóvel. No que diz respeito à conectividade com o cliente, realça a importância para um suporte informático capaz de suportar os vários formatos das mensagens EDI (Electronic Data Interchange), a receção de informação acerca da sequência (mensagem JIS) por via de *broadcast pulse*, a necessidade de verificar e tratar excessões ou erros na mensagem JIS e ainda a importância do envio da *advanced shipment notification* (ASN) por via EDI, isto é, uma mensagem que informa o cliente que a encomenda foi expedida. Paralelamente, destaca a importância de providenciar ao cliente informação transparente sobre o estado da produção. Na Figura 4 é ilustrado o fluxo de informação entre o fornecedor e o cliente.

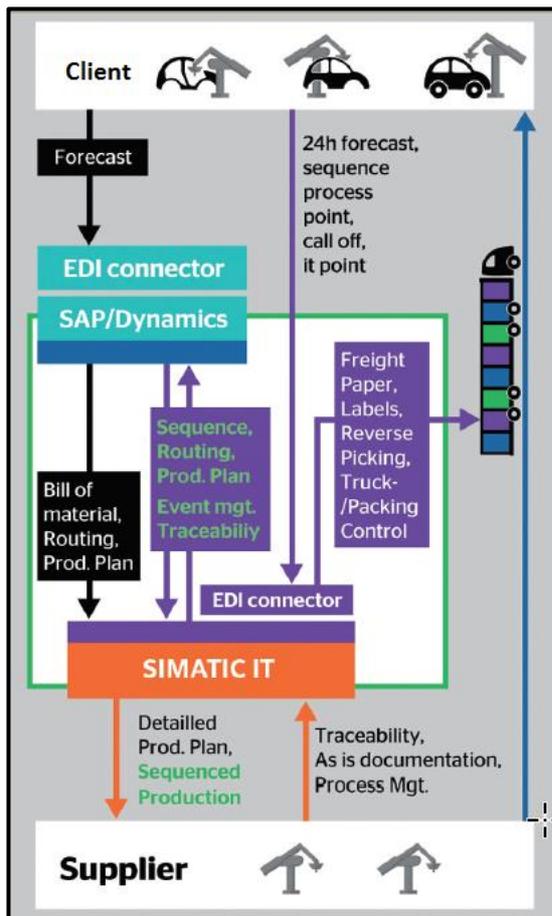


Figura 4 - Fluxo de informação Siemens (supplier) - cliente (Siemens, 2015)

Entre as soluções apontadas pela Siemens, encontra-se a produção “make to stock” nivelada, acompanhada de um nível de stock balanceado. Na área logística, alerta para a importância de entregar a encomenda dentro dos prazos estipulados e na sequência correta, de definir e aplicar regras para o embalagem e carregamento dos caminhões, assim como definição de funcionalidades que controlem a carga dos caminhões.

No que diz respeito à etiquetagem e entrega de documentos, a solução da Siemens passa pela utilização de etiquetas flexíveis com linhas de rotulagem pré-definidas para todos os clientes. Além disso, sugere que se imprima todos os documentos de entrega e envio de acordo com diretrizes pré-definidas para todos os clientes. Por outro lado, realça a relevância de uma impressora independente para ser utilizada para as funções mencionadas.

Simultaneamente, destaca a importância da rastreabilidade de todos os componentes e a pertinência de relatórios como, relatórios de previsões, relatórios com o estado do progresso da encomenda, entre outros.

Em suma, a empresa concorrente da Bosch enaltece os seguintes parâmetros como elementos essenciais para o sucesso de um fornecedor que realiza envios *Just in Sequence*:

- A empresa deve deter todas as funcionalidade para produzir e abastecer de acordo com os diferentes requisitos do cliente;
- Manutenção da evolução do formato EDI;



- Minimizar erros de comunicação com os clientes, por meio de uma sistemática de verificação de pedidos;
- Agilidade para se adaptar fácil e rapidamente a novos requisitos internos e externos;
- Sistema informático robusto que suporta alta disponibilidade e fácil manutenção;
- Reação estruturada, rápida e flexível face a algum desvio das regras de produção;

### 2.3 Pull Leveling

A maneira mais eficiente de produzir um dado produto é produzir a mesma quantidade dos mesmos componentes todos os dias. O nivelamento de produção pode ser descrito como um ciclo diário em que a produção mensal é dividida em quantidades diárias (Takeda, 2006). Frequentemente, no entanto, os componentes necessários são produzidos duma só vez, no fim do mês ou semana sim, semana não. O resultado é uma produção a meia capacidade, em algumas situações e, por vezes, uma carga exagerada que só consegue ser atingida a partir de tempo extraordinário ou equipamento adicional. Este processo traduz-se numa grande quantidade de desperdício para a organização. Produzir sempre a mesma quantidade diariamente é mais vantajoso para a eficiência duma unidade de produção.

Neste âmbito, nasce o conceito de sistema *pull leveling* – este caracteriza-se por um sistema “puxado”, em que apenas é produzido aquilo que o cliente pretende, no momento certo e na quantidade desejada, e ainda nivelado, em que cada dia e a mesma hora, é produzida sempre a mesma quantidade do mesmo produto (Alves, 2009).

Womack & Jones descrevem, no prefácio do livro *Creating Level Pull* de Smalley (2004), que “um sistema *pull leveling* se define como um sistema onde cada atividade de produção desencadeia um pedido dos materiais que necessita ao processo de produção que o antecede e onde a procura do cliente é nivelada no *pacemaker process*, de modo a suavizar as atividades de produção ao longo de toda a cadeia de valor”. Na Figura 5 é apresentado um sistema *Pull Leveling*.

Segundo Coimbra (2009), o sistema *pull* e o sistema *leveling* integram os pilares do fluxo logístico interno. Segundo o autor, o *leveling* consiste num planeamento de produção que converte as ordens de produção em lotes programáveis e lança as sequências otimizadas, respeitando a capacidade da produção e suaviza as quantidades a serem produzidas. O autor acrescenta ainda que o processo é iniciado a partir dos resultados do processo de planeamento de produção puxado e transforma as quantidades a produzir em ordens programadas. Por sua vez, estas ordens são levantadas pelo *mizusumashi* e levadas para o *Gemba* para que a produção se inicie.

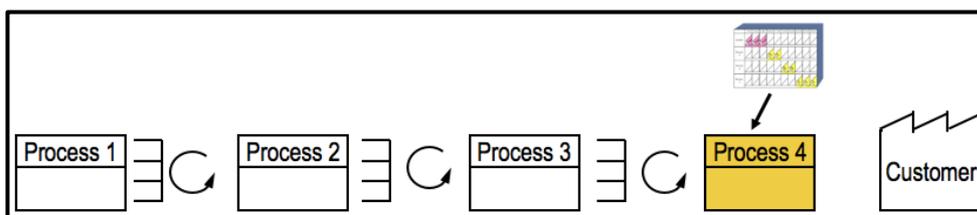


Figura 5 – Processo de Pull Leveling



### 2.3.1 Leveling

Por outro lado, Coimbra (2009) afirma que, de acordo com o sistema Toyota, *levelling* significa repetir um produto num ciclo constante de tempo (também chamado de EPEI, Every Part Every Interval - o número que indica o tempo de ciclo necessário para repetir todas as referencias de produtos).

O sistema produtivo da Toyota executa a revisão e a análise cuidada do plano mensal para alcançar a produção, a uma taxa constante, da quantidade média da procura registada para um determinado período de tempo. Desta forma, possui um sistema produtivo bastante flexível na medida em que, consegue agilizar o plano de produção mensal em função das encomendas diárias do cliente (Sugimori et al., 1977).

Segundo (Fujimoto, 2001), o nivelamento significa que a produção se baseia num plano de produção detalhado onde consta a sequência de produtos e onde os esforços são feitos de forma a reduzir a variabilidade nas taxas de produção e no mix de produtos. O mesmo afirma que o nivelamento da produção, *heijunka*, é um elemento essencial do Toyota Production System (TPS) e da produção Lean.

Por outro lado, Monden (1983) acrescenta que conceito de produção nivelada, também denominado leveling, pressupõe a suavização do impacto resultante das variações da procura, ao longo da cadeia de abastecimento, de dia para dia.

Segundo Bohnen, Maschek e Deuse (2011), o objetivo do nivelamento da produção incide tanto no balanceamento do volume de produção como no mix de produtos, através da desagregação de encomendas do cliente. Assim, ao desagregar a produção da procura do cliente, o nivelamento reduz desperdícios produtivos, a sobrecarga de trabalhos e a variabilidade da produção, aspetos que representam três dos principais fatores de perda de produtividade. Assim, com os níveis de inventário limitados a um valor standard, o *bullwhip effect* – que define que as pequenas flutuações na procura do cliente conduzem a grandes flutuações mais a jusante, representado na Figura 6 – é diminuído ou mesmo eliminado. Os autores destacam ainda que, a implementação do nivelamento da produção, implica controlo do nível de inventário, produção de lotes com pequenas quantidades, tempos de *setup* mínimos, utilização de máquinas e equipamentos multifuncionais e flexíveis, e uma equipa de trabalho polivalente e competente.

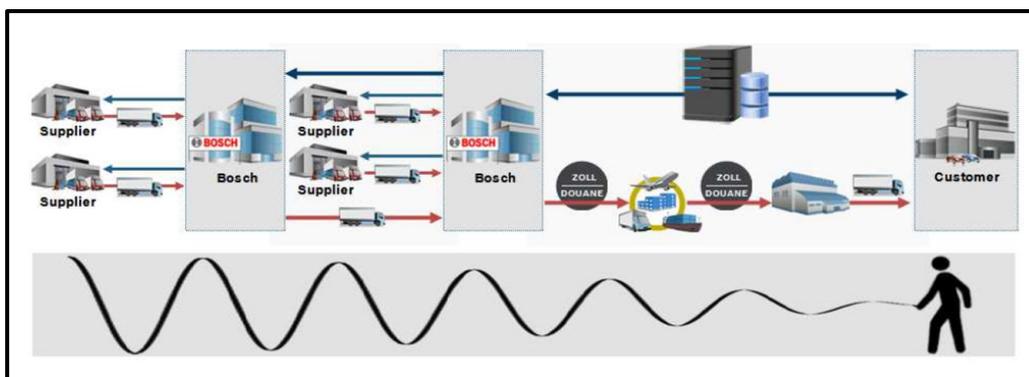


Figura 6 – Bullwhip-effect ao longo da cadeia de valor (Bosch, 2006)

Por sua vez, Liker (2004) realça que o objetivo de uma produção nivelada é balancear o volume de produção bem como o mix de produtos. Consciente das vantagens do nivelamento, o autor destaca quatro: a flexibilidade de produção e entrega atempada da quantidade encomendada pelo cliente, a diminuição do risco de produtos não vendidos, a utilização balanceada de recursos e a atenuação dos



efeitos de uma procura instável. O nivelamento permite que a produção vá de encontro com as encomendas do cliente com a vantagem de não criar elevados níveis de inventário ou má utilização da capacidade (Matzka, Mascolo & Furmans, 2012).

### 2.3.2 Pull

Para descrever a dinâmica industrial de produção podem ser consideradas duas abordagens: o planeamento *push* e o planeamento *pull*. No caso do primeiro método é elaborado um planeamento que define as quantidades de matéria-prima necessárias em cada um dos postos da linha produtiva. Sempre que a produção de um componente é finalizada, este é “empurrado” (*push*) para o passo seguinte, independentemente da sua necessidade (Imai, 1997). Todos os produtos finais são enviados para o armazém, originando níveis elevados de stock pois não há garantia que sejam consumidos pelo mercado imediatamente. Por outro lado, num sistema de operações de acordo com a filosofia *lean thinking*, cada sequência de trabalho apenas é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permite. A este respeito, diz-se que o sistema de fabrico é gerido por um sistema *pull* – em que cada estação “puxa os materiais” da estação anterior na presença de um pedido da estação seguinte. Ou seja, o *pull system* só desencadeia os processos na presença de um pedido, isto é, as operações são realizadas *Just in Time*.

O conceito *pull* consiste, essencialmente, na produção apenas dos itens pretendidos, na quantidade certa e no momento certo. No TPS, o ritmo da procura do cliente é repercutido ao longo de toda a cadeia de fornecimento, desde o armazém de produtos acabados até aos fornecedores de matérias primas. A informação de produção flui de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo de materiais. Assim, um sistema de produção que opere sob a lógica de produção puxada produz somente o que for vendido, evitando excessos de produção. Ainda sob esta lógica, a programação da produção é simplificada e autorregulável, eliminando as contínuas reavaliações das necessidades de produção e as instruções verbais, características da produção empurrada (*push*) (Pinto, 2014).

O sistema *pull* é umas principais plataformas de sucesso do modelo de gestão *lean*. Enquanto modelo de organização industrial, o planeamento em *pull* pressupõe a integração do fluxo de materiais e tem como principal objetivo otimizá-lo. De acordo com Coimbra (2009), enquanto processo tem as seguintes orientações:

- O cliente passa a despoletar a produção das suas necessidades;
- É um sistema que torna as encomendas dos clientes conhecidas e visíveis para a produção;
- Procura satisfazer o cliente, otimizando a qualidade, os custos e os prazos de entrega;
- Aproxima a produção e a logística criando um fluxo de informação entre ambos;
- Deve ser implementado na totalidade da cadeia de abastecimento.

### 2.3.3 Implementação do sistema *pull leveling*

De modo a implementar o *pull levelling*, tona-se essencial implementar os procedimentos relativos ao nivelamento da produção no processo que despoletará o ritmo da cadeia de valor e implementar um sistema *pull* para controlo da produção a montante.

Segundo Coimbra (2009) as principais decisões e ações a tomar para implementar o nivelamento são:



- Decidir qual linha ou máquina receberá as ordens kanban (*pacemaker process*);
- Sequenciamento das linhas/operações de produção;
- Nivelamento da variabilidade da procura no cliente externo – isto é, enviar para a produção uma quantidade fixa de produção diária;
- Nivelamento da mistura de tipos diferentes de produtos para:
  - Permitir que a produção use um número fixo de operadores;
  - Reduzir o *Bullwhip-effect* na procura de componentes;
- Definir o lote de produção (de acordo com o parâmetro EPEI);
- Definir a sequência que deve ser enviada para a linha de produção;
- Transformação de ordens de produção em kanbans de produção – lotes de dimensão inferior;
- Organização dos *kanbans* de acordo com os dias de começo da produção – nivelamento da carga de produção mensal;
- Escalonamento do ciclo de *picking* do *milkrun* e nivelamento da carga diária – respeitando a capacidade diária;

De seguida, segue a descrição da metodologia levada a cabo pela Toyota para implantação do sistema *pull* ao longo da cadeia de abastecimento (Liker, 2004). Para a Toyota, um modelo eficaz para controlar o fluxo de matérias, pessoas e informação no *shop floor* ou *gemba* é o sistema kanban. Este foi criado por Taiichi Ohno para conseguir a técnica *pull* da produção de acordo com as encomendas do cliente. Assim, o sistema kanban “puxa” o processo de produção, em que o processo subsequente retira as partes do processo precedente.

Neste sistema, o fluxo de operações é comandado pela linha de montagem final (ou cliente final). A linha de montagem final recebe o programa de produção e, à medida que esta vai consumindo peças necessárias, vai autorizando aos centros de trabalho precedentes o fabrico de um novo lote de peças. Esta autorização de produção de novo lote é realizado através do cartão kanban. Cada lote é armazenado em recipientes uniformizados (containers), contendo um número definido de peças. Para cada lote existe um cartão kanban correspondente. As peças dentro dos recipientes, acompanhadas pelo seu cartão, são movimentadas através dos centros de trabalho, sofrendo diversas operações do processo, até chegarem sob a forma de produto final ao fim da linha de montagem final (Pinto, 2014).

Paralelamente ao sistema de kanbans torna-se essencial uma elevada gestão visual. Williamson (2014) afirma que a gestão visual consiste na utilização de um método visual que permite tornar o fluxo de informação mais organizado, claro e rápido. Com a utilização desta técnica de gestão, o desenvolvimento do trabalho por parte dos colaboradores torna-se mais fácil e intuitivo, proporcionando uma resposta mais rápida aos problemas (Bicheno, 2008). Desta forma, são inúmeras as vantagens da gestão visual entre elas a fácil comunicação e exposição de dados e informações, a criação de comunicação mais transparente, a identificação mais rápida de desperdícios, o aumento da organização do local de trabalho, entre outras (Williamson, 2014).

A *heijunka box*, também conhecida quadro de nivelamento é uma excelente ferramenta de gestão visual. Esta apresenta uma forma semelhante a uma tabela, em que as linhas representam os produtos e as colunas o tempo e no seu interior são colocados os kanbans de transporte. Deste modo, a caixa *heijunka*



permite estabilizar o trabalho dos operários que abastecem as áreas de fabrico e, como consequência coordena o fluxo de trabalho das mesmas. A emissão de ordens de trabalho ou kanbans pode ser comunicada à estação *pacemaker* através da aplicação da caixa *heijunka*.

O funcionamento desta ocorre em duas etapas, primeiro, o responsável pela programação coloca os kanbans nos locais correspondentes. Depois, um operário responsável pela movimentação de materiais vai ao quadro, em intervalos regulares, e retira os kanbans de transporte, desencadeando a atividade que a precede e assim sucessivamente (Pinto, 2014).



### **3 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO DE ESTUDO**

O presente capítulo destina-se à apresentação do contexto de estudo onde foi realizado o projeto de investigação, incluindo uma breve descrição da empresa e de processos de Planeamento e Controlo de Produção. Primeiramente, é feita uma breve introdução ao grupo ao qual a empresa pertence, o Grupo Bosch, de seguida de uma descrição mais aprofundada à empresa localizada em Braga.

#### **3.1 Bosch Car Multimedia S.A. (Braga)**

O presente projeto teve lugar na empresa Bosch Car Multimedia Portugal S.A. de Braga, subsidiária do grupo Bosch.

O nascimento grupo Bosch data 15 de novembro de 1886, quando Robert Bosch recebeu a aprovação oficial para abrir uma Oficina para Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica em Estugarda, Alemanha. A Bosch começou por realizar trabalhos de engenharia mecânica e elétrica de precisão, como a instalação de sistemas telefónicos e sinos elétricos. Um certo dia, foi solicitado que construíssem um dispositivo de ignição magnética para um motor estacionário de acordo com um projeto existente, Robert Bosch fê-lo e melhorou-o, abrindo assim o caminho para a produção de ignição magnética.

A partir de 1897, a Bosch foi extremamente bem-sucedida nas instalações de dispositivos de ignição magnética de baixa voltagem em automóveis. Em 1902, apresentaram uma nova solução – um sistema de ignição magnética de alta voltagem com vela de ignição. Este produto abriu o caminho para a Bosch se tornar um fornecedor líder mundial do ramo automóvel.

A história de sucesso da empresa serviu como de inspiração para o seu logótipo, tendo este integrado o símbolo do primeiro magneto de baixa tensão, que foi aplicado ao sistema de ignição de automóveis.

Desde o início, a empresa caracterizou-se com uma enorme força inovadora e com um assumido compromisso social. Estes pilares ao longo dos anos permitiram que a empresa criasse um vasto império e se tornasse um marco na área da tecnologia, representando-se com produtos revolucionários que primam a interface entre homem-máquina.

Nas últimas estatísticas realizadas, como se pode observar na Figura 7, a empresa emprega mais de 390 000 colaboradores em todo o mundo. O Grupo Bosch é composto pela Robert Bosch GmbH e cerca de 440 subsidiárias e empresas regionais presentes em aproximadamente 60 países. Incluindo os representantes de vendas e serviços, a rede mundial de desenvolvimento, produção e distribuição da Bosch está presente em quase todos os países. A sua força inovadora é a base para a continuidade do crescimento da empresa. Isto espelha-se no aumento da faturação, que aumentou de 73.1 mil milhões de euros em 2016 para 78 mil milhões de euros em 2017.

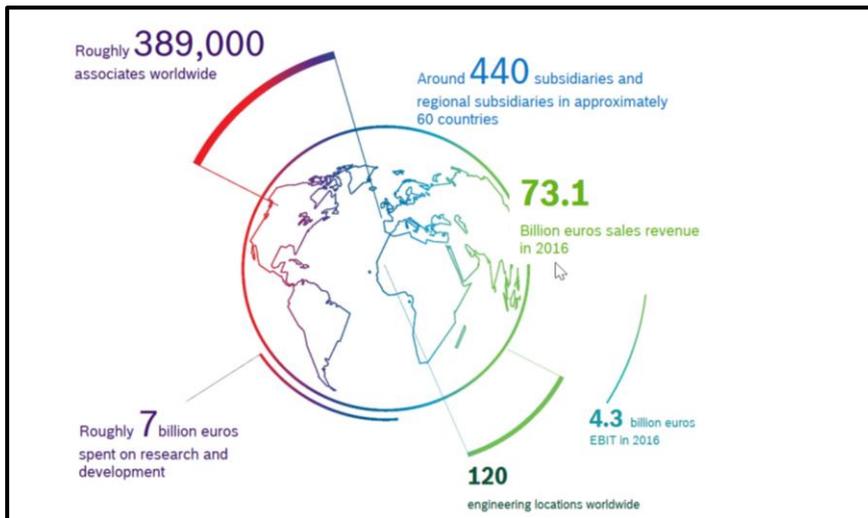


Figura 7 - Bosch no mundo

A Bosch Car Multimedia Portugal S.A. de Braga começa a sua jornada em 1990, no ramo de componentes eletrónicos. Atualmente, destaca-se na área da tecnologia automóvel, nomeadamente na produção e desenvolvimento de equipamentos multimédia para a indústria automóvel. A presente empresa foi considerada a maior exportadora e a maior empregadora em Portugal, empregando cerca de 3000 colaboradores, apresentando mil milhões de euros em vendas em 2017.

A empresa Bosch Braga tem como pilares estratégicos a satisfação das necessidades do cliente, a diferenciação funcional, a liderança em custos, a qualidade, a inovação e os negócios globais. De maneira alcançar estes objetivos, a organização cria um espírito de constante aprendizagem e melhoria contínua dos seus processos, apostando na formação de todos os seus colaboradores e introduzindo no mercado produtos com elevado grau de inovação e qualidade.

De seguida, apresentam-se os principais produtos, clientes e fornecedores que constituem a cadeia de abastecimento desta empresa, sendo posteriormente ilustrada a estrutura organizacional da mesma, bem como o onde se realizou o presente projeto de dissertação.

### 3.1.1 Produtos, clientes e fornecedores

Em Braga a atividade produtiva centra-se no fabrico de componentes eletrónicos, distintamente autorrádios e sistemas de navegação, antenas e sensores para a indústria automóvel – Figura 8. Por sua vez, a empresa acompanha todo o processo produtivo, desde a construção do protótipo até à produção em série e para after-market, garantindo a qualidade máxima destes produtos. Para tal, existem diversas fases, incutidas no desenvolvimento do produto, que avaliam a qualidade do mesmo com processos normalizados e departamentos especializados na área.

Os principais clientes da empresa estão associados às marcas imponentes da indústria automóvel, como Audi, BMW, Mercedes, Lamborghini, Porsche, Renault, Volvo, Volkswagen, Peugeot, Citroen, Fiat, Alfa Romeo, Lancia, Opel, Nissan, entre outros. A exportação da empresa contabiliza cerca de 800 produtos para cerca de 181 clientes de todo o Mundo. Sensivelmente 95% dos produtos exportados têm como destino países da Europa, porém, vários produtos são expedidos para os EUA, Argentina, Brasil, China, entre outros.



No que respeita ao fornecimento de matéria-prima, a Bosch em Braga, conta com mais de 350 fornecedores provenientes do Extremo Oriente e Europa. A sua estratégia de compras fundamenta-se numa estrutura organizada em três níveis: fornecedores europeus que abastecem as peças mecânicas de plástico e de metal; fornecedores nacionais; fornecedores asiáticos que fornecem os componentes elétricos. Dependendo do tipo, volume e urgência destes componentes a coordenação logística destas entidades é feita através de transporte terrestre, marítimo ou aéreo.



Figura 8 - Principais produtos

### 3.1.2 Estrutura Organizacional

Na Bosch em Braga existem dois administradores que gerem a fábrica, sendo responsáveis pela área comercial e pela área técnica. A primeira tem uma intervenção indireta no fabrico do produto e nos processos técnicos associados à produção. Por outro lado, a área técnica procura gerir os departamentos interferindo diretamente na qualidade, fiabilidade e eficiência produtiva da organização. O organograma dos departamentos é apresentado na Figura 9.

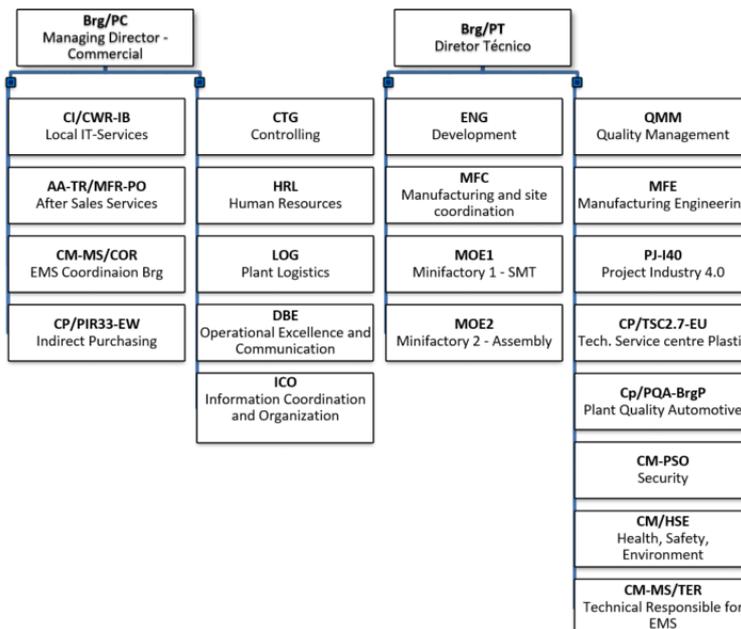


Figura 9 - Principais departamentos da empresa



A presente investigação foi desenvolvida no departamento de logística (LOG) da Bosch, na área de gestão de encomendas do cliente e planeamento da produção. O departamento e logística contém outras áreas responsáveis pela gestão de matéria-prima, gestão de fornecedores, gestão de transportes, gestão da embalagem de produto final retornável e ainda uma área responsável pela inovação de softwares e de processos na área logística.

### 3.1.3 Descrição do Processo Produtivo

De modo a compreender melhor o processo produtivo da empresa, é apresentada a Figura 10 com as principais atividades do processo produtivo.

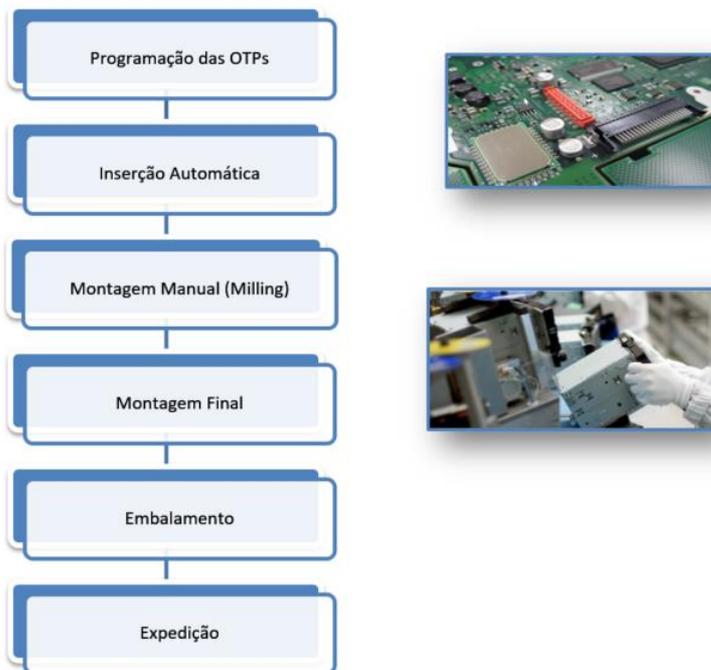


Figura 10 - Principais atividades do processo produtivo

## 3.2 Descrição do Processo de Gestão e Planeamento da Produção

No presente subcapítulo é apresentada uma descrição geral das atividades que constituem o processo logístico da secção de Gestão de Encomendas do Cliente e Planeamento da Produção – vulgarmente designada como LOP. A secção logística em estudo é responsável pela gestão diária das encomendas do cliente e pelo planeamento da produção das linhas de montagem final. Como observado na Figura 11, o departamento de LOP acumula a função de receber, confirmar e introduzir as previsões de encomendas no sistema e de criar o planeamento da produção de produto acabado. As atividades realizadas são suportadas pelo sistema informático *Enterprise Resource Planning* (ERP) da empresa - o SAP (*Systems, Applications & Products*) - e pelo software Microsoft Excel. O contacto com o cliente é estabelecido por meio do Outlook e Skype.

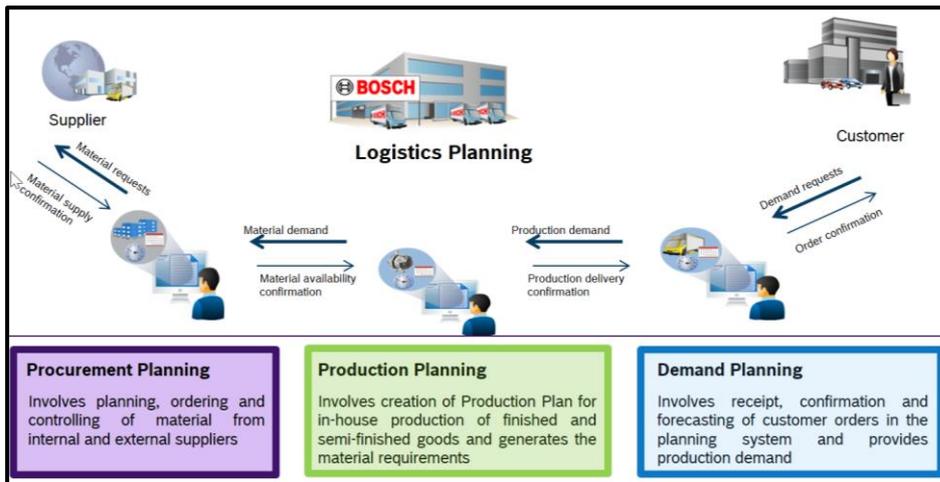


Figura 11 - Fluxo de Informação e Materiais

Os fluxos de informação e de material que ocorrem ao longo da cadeia de abastecimento da empresa são despoletados pela receção das encomendas, por via EDI. As encomendas do cliente podem ser direcionadas diretamente para a Bosch de Braga, no caso de os produtos serem diretamente enviados para o cliente, ou podem ser direcionadas para um EDL (Logistic Service Provider), no caso de os produtos serem enviados para um armazém intermédio e apenas posteriormente serem enviados para o cliente. Tendo em conta as encomendas do EDL, assim como as quantidades existente nesse armazém são automaticamente despoletadas encomendas no sistema SAP para a Bosch Braga. A Figura 12 ilustra os fluxos de encomendas existentes.



Figura 12 - Fluxo de encomendas via EDI

A atividade de processamento das encomendas é realizada diariamente, caso o cliente envie encomendas todos os dias, ou semanalmente caso esteja acordado que o cliente apenas envia mensagem EDI uma vez por semana, num dia específico. O processamento das encomendas diz respeito à verificação e correção das encomendas que estão em erro (Figura 13). Os erros na entrada de EDIs no sistema são comuns e as causas podem ser diversas, nomeadamente, erros associados aos dados mestre de uma referência, a quantidade acumulada de produtos enviados da Bosch de Braga ser diferente da quantidade que o cliente regista como quantidade acumulada recebida, entre outros casos.



**Error Handling - 28.10.2015 - 11.11.2015 ( 5000 )**

Technical Mode | Icon Help | Restrict | Alert inbox

Log Messages

Type	Functions	Hints	Texts	Index	Message Text	Date	Time
1,141					No SD SA for SP: 1000017841; customer material no: GX63 19C211JA; vendor no...	11.11.2015	12:30:05
1,142					No SD SA for SP: 1000017841; customer material no: GX63 19C211KA; vendor no...	11.11.2015	12:29:09
1,143					GIT: Cum Goods Received 3 differs from current Cum Goods Issued 6 ST	11.11.2015	12:30:04
1,143					GIT: Cum Goods Received does not match with CUM delivered in SD SA 23632939	11.11.2015	12:30:04
1,144					No SD SA for SP: 1000017841; customer material no: GX63 19C211AA; vendor no...	11.11.2015	12:30:01
1,145					No SD SA for SP: 1000017841; customer material no: GX63 19C211CA; vendor no...	11.11.2015	12:30:01
1,146					No SD SA for SP: 1000017841; customer material no: GX63 19C211HA; vendor no...	11.11.2015	12:30:01
1,147					GIT: Cum Goods Received 121 differs from current Cum Goods Issued 256 ST	11.11.2015	12:30:00
1,147					GIT: CUM received does not match with CUM delivered in SD SA 23611447	11.11.2015	12:30:00
1,148					GIT: Cum Goods Received 107 differs from current Cum Goods Issued 152 ST	11.11.2015	12:29:55
1,148					GIT: CUM received does not match with CUM delivered in SD SA 23611466	11.11.2015	12:29:55
1,149					GIT: Cum Goods Received 88 differs from current Cum Goods Issued 178 ST	11.11.2015	12:29:57
1,149					GIT: CUM received does not match with CUM delivered in SD SA 23611381	11.11.2015	12:29:57

Figura 13 - Mensagem Eletrónicas em Erro

Após o processamento das encomendas em erro, o planeador acede a uma transação no sistema SAP que permite visualizar toda a informação relativa a uma dada referência (Figura 14). Posto isto, e de acordo com a informação observada, o planeador confirma os envios das encomendas.

**Product Planning Table, Planning Version 000**

Strategy | Optimize... | Product Heuristic | Variable Heuristic | Per. | Per. | AV

Product: 0445.118.001-133 / 060W / Werk Ba

Product Number	ShPt	Src Loc.	DocumentNo	Dest. Location	Location description	Sold-to Pt	Prod.	Ctrl Prof.	Description	Conf.
0445.118.001-133	060W	060W	0023389142	1000904207	BAYERISCHE MOTOREN	1000904507	581	M004	Man. Conf. ...	RM01

Product view: Periodic	Un.	Due	TU 26.04.16	WE 27.04.16	TH 28.04.16	FR 29.04.16	SA 30.04.16	SU 01.05.16
0445.118.001-133 / 060W / INJECTOR;								
__Available Quantity	PC	3.360	2.880	2.880	3.360	3.360	3.360	3
__Days' Supply	DAY	17.542	16.542	15.542	28.542	27.542	26.542	25
__FC req. / 20 / PLANNING WITH FINAL ASSEMBLY / Orig.	PC							
__P1Ord. / W060W-DS1_060W_001 / Yield	PC	13.920	480		960	480		
__Total Requirements / Request	PC	12.000-	960-					
__Total Requirements / Conf.	PC	12.000-	960-		480-	480-		
1000904207 / BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG								
__Deliv. / 1000904207 / Request	PC		480-					
__Cumulated Difference	PC				480			
__Difference (Confirm. New Qty-Desired Qty)	PC				480		480-	
__Quantity Confirmed (Saved)	PC	12.000-	480-		480-	480-		
__SD SA Rel. / 0023389142 / 000010 / Request	PC	12.000-	480-			960-		
__SD SA Rel. / 0023389142 / 000010 / Conf.	PC	12.000-	480-		480-	480-		

Figura 14 - Monitor do SAP (PA5) com informação referência

Quinzenalmente é elaborado um ficheiro, que diz respeito ao planeamento de produção para um período de 21 meses. Este ficheiro, ilustrado na Figura 15 tem em consideração todas as referências de um determinado projeto, vulgarmente designadas por *Part Numbers* (PNs). Para os primeiros seis meses são considerados os pedidos do cliente por mês e para os restantes meses, são consideradas as previsões das encomendas por mês, o *forecast*, facultadas mensalmente pelo departamento das vendas.

Provenance	Product	Category	Plan 12/2017	Plan 01/2018	Plan 02/2018	Plan 03/2018	Plan 04/2018	Plan 05/2018	Plan 06/2018	Plan 07/2018	Plan 08/2018	Plan 09/2018	Plan 10/2018	Plan 11/2018	Plan 12/2018	Plan 01/2019	Plan 02/2019
BrgP	Global	Old PPS Prod.	1098	2046	2274	2530	2805	3548	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Difference	-48	157	7	4	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Severall pat no.	New PPS Prod.	1050	2203	2281	2534	2812	3553	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Sales SCS	8	24	9	6	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Sales NA<Client No>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Sales JP<Client No>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Sales EU<Client No>	1128	1921	2263	2368	2659	3547	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Sum Sales	1136	1945	2272	2374	2668	3553	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Demands	1136	1945	2180	2198	2217	2214	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Stock (pcs)	134	392	396	556	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	
		Coverage (days)	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	
		Stock target (days)		5													
		Previous Sum Sales	930	1927	2265	2370	2661	3548	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		PPS Variation (pcs)	-4%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		BP Official (pcs)															
		Δ BP Official vs. Sum Sales (pcs)	1136	1945	2272	2374	2668	3553	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Cumulative (pcs)	5979	7924	10196	12570	15238	18791	22388	26035	28118	31765	35412	39058	41142	44789	
		Working Days	12.0	21.0	19.0	20.0	19.0	22.0	18.0	21.5	10.5	19.0	23.0	21.0	15.0	22.0	
		Daily Capacity (pcs)	88	105	120	127	148	162	200	170	198	192	159	174	138	166	
		Monthly Capacity (pcs)	1050	2203	2281	2534	2812	3553	3597	3647	2083	3647	3647	3647	2083	3647	
		Daily PPS Requirement (pcs)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	02637384316EA	026373843255D	02637384326EA	026373843355D	02637384336EA	Global TOTAL			PPS	SalesRAP	Working Days						

Figura 15 - Plano de Produção a longo prazo



Deste documento resulta o valor total de produtos que necessitam ser produzidos em cada linha de montagem final, de modo a satisfazer a procura e a garantir uma cobertura de stock igual a três dias, *target* da empresa. O total de produtos planeados para produção em cada linha de montagem final é o *input* para um ficheiro, denominado de PPS (*Production Plan Schedule*), onde são inseridos os planeamentos de produção de todas as linhas de montagem final definidos para um horizonte temporal de 21 meses.

Quinzenalmente, é realizada uma reunião onde está presente um elemento de cada departamento da empresa, por forma a aprovar os planeamentos de produção propostos. Nesta reunião são tidos em conta elementos como a capacidade de produção de cada linha de montagem final, a necessidade e possibilidade de aumentar ou diminuir a capacidade de cada linha de montagem final, a capacidade de abastecimento das linhas de montagem final com componentes produzidos na empresa, assim como a disponibilidade da matéria-prima necessária ao cumprimento do plano.

Semanalmente, é realizado o planeamento de produção de cada linha de montagem final para a semana seguinte, tendo em consideração as encomendas do cliente, os envios confirmados para a expedição de produto acabado nessa semana, assim como o *stock* de produto acabado existente em armazém. Este plano inclui as quantidades de produção planeadas em cada dia para cada referência e a sequência de produção. Este planeamento de produção desencadeia o planeamento de produção de um departamento da empresa que produz os PCBs (*Printed Circuit Board*), componentes que abastecem todas as linhas de montagem final e o plano de abastecimento de matéria prima.

O objetivo é obter um planeamento da produção (Figura 16) nivelado através da implementação das seguintes regras de distribuição da produção ao longo da semana:

- Produtos A são produzidos todos os dias nas mesmas quantidades;
- Produtos B são produzidos duas vezes por semana em dias não consecutivos;
- Produtos C são produzidos uma vez por semana;
- Os lotes das mesmas referências na mesma semana devem ser, aproximadamente, da mesma quantidade;
- O número de referências a produzir por dia deve ser equilibrado ao longo da semana.

Controlo do Nivelamento																			
Linha:		2114			Semana:														
Status	Referência	Familia	Tipo	Seq.	05/03/2018			06/03/2018			07/03/2018			08/03/2018			09/03/2018		
					Fixo	N.º Kb	Seq.												
PILOTO	026373842655D	D5	A		144	6	1	96	4	1	144	6	1	144	6	1	144	6	1
PILOTO	0263738427838	D5	C		12	0.5	2												
PILOTO	02637384426EA	D5	C		5	0	3												
PILOTO	02637384436EA	D5	C		4	0													
PILOTO	02637384456EA	D5	C		4	0													

Figura 16 - Planeamento da Produção Semanal

Diariamente, são colocados cartões com ordens de produção na linha de montagem final num quadro de nivelamento, de acordo com a sequência descrita no planeamento de produção semanal. Os cartões contêm informação acerca da referência a ser produzida, dos seus principais componentes, PCBs, e da quantidade do kanban. Deste modo, as ordens de produção tornam-se mais visuais, facilitando o controlo e a gestão da produção ao longo do dia. A Figura 17 ilustra um cartão de produção.



Proprietário	Audi FPK A3/Q2 MY19 RDW PHEV: A3	
Referencia	0263.742.073-6EA	
Placa Principal	8613 36 3553	
Placa Serviço Esquerda	8613 36 3394	
Placa Serviço Centro	8613 36 3393	
Placa Serviço Direita	8613 36 3391	
Quantidade	56	

Figura 17 - Cartão de Produção

Após a montagem final, os produtos são transportados e armazenados no armazém de expedição. De acordo com os pedidos do cliente, os produtos são expedidos e transportados diretamente para o cliente ou são enviados para um armazém intermédio, EDL, que se localiza estrategicamente perto de um determinado cliente ou de um conjunto.

Quando os produtos são expedidos do armazém da Bosch, é enviada uma mensagem via eletrónica para o cliente designada de *Delivery Note of Good Issue* e quando os produtos são rececionados a Bosch recebe uma mensagem eletrónica designada por *Delivery Note Goods Receipt*.

### 3.3 Descrição da Situação Atual do Projeto AUDI Just In Sequence

Em Outubro de 2016, o cliente Audi solicitou à Bosch de Braga a entrega dos produtos de acordo com a sua sequência de produção de automóveis. Desde então, despontaram pedidos idênticos por parte de outros clientes, no entanto, não existe qualquer processo ou procedimento que oriente a implementação de projetos com expedição *Just in Sequence*. O presente desafio desencadeou um conjunto de nova informação e processos, e desde então, se tem vindo a notar alguma dificuldade em gerir as encomendas e a controlar os processos ao longo da cadeia de valor.

Este projeto da Audi tem por base as condições que correspondem ao envio dos produtos da Bosch de Braga para um armazém avançado, EDL, subcontratado pela Bosch. Este por sua vez, está localizado na Alemanha, numa cidade próxima da empresa de montagem final da Audi. Neste momento, a Bosch envia os produtos para o armazém em paletes que contém uma única referência. O armazém avançado representa um ponto de stock de produto final e paralelamente está responsabilizado por preparar as sequências solicitadas pela Audi. A Figura 18 ilustra o fluxo de materiais e os dias de stock entre a Bosch, o armazém externo e a Audi.

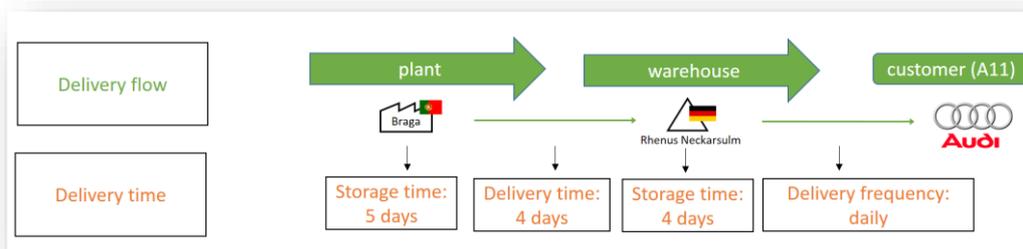


Figura 18 - Fluxo de materiais e cobertura de stocks

No caso em específico deste cliente, para além da mensagem EDI, que contém as encomendas previstas, é transmitida uma mensagem, denominada de LAFES-JIT, que contém informação acerca do plano de



produção da Audi para um período de 20 dias, onde consta informação sobre a data de produção de um carro e da referência destinada ao mesmo. Esta informação revela-se importante na medida em que permite ao planeador ter informação acerca da quantidade total de cada referência que será consumida num determinado dia. A vantagem desta mensagem relativamente ao EDI diz respeito à precisão do conteúdo, isto é, o EDI é uma previsão de consumo cujas quantidades podem ainda oscilar, enquanto que o conteúdo da mensagem LAFES-JIT apresenta necessidades fixas para um intervalo de 20 dias.

Por sua vez, a informação correspondente à sequência a ser preparada e a data de entrega está contida numa mensagem designada por A520. Esta mensagem é emitida pelo cliente Audi e enviada diretamente para o armazém avançado, que está encarregue de preparar as sequências e de as expedir para o cliente.





## **4 ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL**

Neste capítulo é exposto todo o trabalho de diagnóstico efetuado na secção onde se realizou o presente projeto de dissertação. Por fim, é apresentada uma tabela resumo com os principais problemas identificados.

O estudo do processo atual foi realizado com o auxílio de informações recolhidas em entrevistas informais aos elementos da equipa de planeamento, na participação das reuniões e com base na documentação relativa a cada projeto associado. A participação nas diversas atividades e nas reuniões permitiu detetar os principais problemas do departamento de gestão de encomendas do cliente e planeamento da produção, bem como discutir as medidas para resolução das lacunas encontradas.

### **4.1 Gestão de requisitos do cliente**

Na Bosch a definição de um novo produto está associada a um novo projeto, que envolve uma equipa multidisciplinar com elementos de várias unidades Bosch, no sentido de alcançar os objetivos acordados com o cliente. Existe uma série de etapas que caracterizam o processo de criação e desenvolvimento de novo projeto:

- Definição do produto – realizada num centro de desenvolvimento de acordo com as características e especificações do cliente. Esta fase é da responsabilidade do departamento de Investigação e Desenvolvimento de Novos Produtos da Bosch, na Alemanha;
- Fase de Cotação – consiste na definição de todos os custos associados ao desenvolvimento e produção do produto, para posterior apresentação de uma proposta para o preço do produto ao cliente. A presente fase é da responsabilidade do departamento de vendas do novo produto e contacto com o cliente, na Alemanha;
- Fase de Conceção – caracterizada pela realização do contrato com o cliente e são realizadas as primeiras atividades para a criação e desenvolvimento do novo produto. Responsabilidade do gestor do projeto, do departamento de Investigação e Desenvolvimento e do responsável pela venda do produto; Braga e Alemanha;
- Fase de Desenvolvimento do produto – são produzidas as várias amostras do novo produto e são realizados diversos testes para avaliação da sua qualidade e verificação da viabilidade. Responsabilidade do gestor do projeto e da equipa de projeto; Braga e Alemanha;
- Finalização do Projeto – realiza-se a última fase de avaliação da qualidade do produto, garantindo-se que o produto está apto para iniciar a produção em série na fábrica. Responsabilidade do gestor do projeto; Braga e Alemanha. Após esta fase o departamento de logística é o novo responsável pelas encomendas do cliente.

Na Figura 19, é possível ter uma visão resumida dos departamentos intervenientes nas diferentes fases do projeto, de acordo com a explicação apresentada.



Fases do Projeto	CM - Departamento de Desenvolvimento de Novos Produtos	CM - Departamento de Vendas	CM - Custos Logísticos	BrgPT - Departamento de Engenharia e Desenvolvimento	BrgPT - Departamento de MFE	BrgPT - Departamento Gestão da Qualidade	BrgPT - Departamento de Logística
Definição do Produto	R						
Fase de Cotação	S	R	S				
Fase de Conceção	R	I		R	S		
Fase de Desenvolvimento do produto	S			R	R	S	
Finalização do Projeto					R	S	R

Legenda	
I	Informado
R	Responsável
S	Suporte

Figura 19 - Matriz de responsabilidades nas diferentes fases do projeto

Durante a fase de cotação de um novo projeto é esperado que sejam tidos em consideração todos os requisitos do cliente, quer em termos de desenvolvimento e produção do produto, quer em termos de requisitos logísticos associados. Uma falha que existe atualmente neste processo, diz respeito aos projetos que implicam expedição *Just in Sequence*. Detetou-se que existe uma lacuna no fluxo de informação, uma vez que apesar do responsável pelo custo logístico receber a informação de que é necessária a expedição numa determinada sequência, a informação não é transmitida a todos os intervenientes necessários. Como consequência, a unidade de produção da Bosch de Braga, não tendo conhecimento deste requisito em concreto, não tem a possibilidade de realizar previamente toda a preparação necessária.

Devido a este facto o contacto com o cliente para alinhar os requisitos específicos do JIS foi realizado tardiamente, todas as ações necessárias para responder aos requisitos específicos do JIS tiveram de ser realizadas sob pressão por uma equipa criada para estar dedicada ao projeto. No entanto, as reuniões existentes com o âmbito de solucionar os problemas também não eram muito produtivas uma vez que havia bastante dificuldade em definir as tarefas e as responsabilidades de cada membro.

Por outro lado, a parametrização do SAP não foi concluída no tempo desejado, a análise de riscos do projeto não foi realizada antecipadamente, a definição de medidas corretivas apenas foi realizada após a produção já estar em série. Em suma, existe uma forte possibilidade de não satisfazer o requisito do cliente devido à falha na transmissão da informação, causada pelo facto de ser um procedimento novo e não estar incluído no atual standard.

## 4.2 Parametrização do SAP

Na empresa todo o processo de gestão de encomendas e de planeamento de produção é desencadeado pela informação transmitida pelo sistema informático SAP. Para que o mesmo transmita a informação desejada é necessário introduzir os dados relativos às referências, à unidade de produção, aos clientes, aos locais de envios e de destinos das referencias. Paralelamente, é necessário criar tabelas e condições, que permitam a leitura das mensagens vindas dos clientes ou dos armazéns externos.

Um dos problemas identificados relacionou-se com o facto de o sistema informático SAP não estar parametrizado para ler a mensagem LAFES-JIT, que apresenta as necessidades fixas de cada referência, o que impede o planeador de saber informação mais exata perto da data de entrega. A Figura 20 ilustra o presente problema de transmissão de dados e o conteúdo da mensagem.

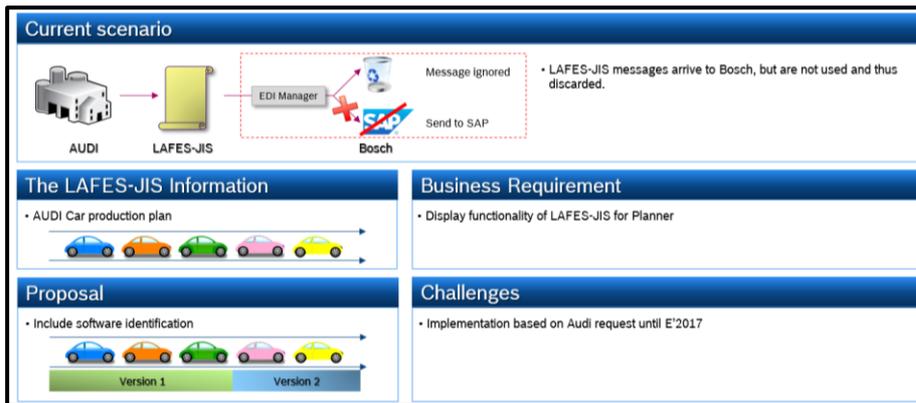


Figura 20 – Situação atual e conteúdo da mensagem LAFES-JIT

Deste modo, o responsável pelo planeamento da produção tem dificuldades em definir quais as quantidades necessárias a produzir de cada produto. Simultaneamente, o facto de o planeador não conhecer com clareza a procura exata, limita a capacidade da empresa em definir o stock de segurança para fazer face aos pedidos do cliente.

O objetivo é produzir apenas as quantidades exigidas pelo cliente, e com um reduzido stock de segurança, uma vez que se tratam de produtos de alto valor, implicando um peso muito elevado, em termos de custos. As consequências da invisibilidade dessa mensagem prendem-se com o facto de se realizar um planeamento não adequado, desencadeando níveis de stock tão reduzidos que impossibilitam responder com rapidez ao cliente quando surge um pedido urgente e inesperado. Por outro lado, um planeamento desajustado à realidade pode originar níveis de stock muito elevados, poderá conduzir, para além de custos de inventário, ao retrabalho ou ao descarte de peças em stock.

Uma das medidas que necessita, portanto, de ser tomada, diz respeito à adaptação do sistema informático SAP para que o mesmo consiga interpretar e transmitir a mensagem contida no LAFES-JIT.

### 4.3 Monitorização do Armazém externo

Como mencionado no capítulo anterior, a Bosch contratou um armazém externo na Alemanha para armazenar os produtos e realizar o sequenciamento dos mesmos, de acordo com a mensagem eletrónica enviada pela Audi. Neste subcapítulo serão apresentados alguns dos problemas identificados.

#### 4.3.1 Desconhecimento do Estado das Sequências

Um problema deste processo logístico relaciona-se com o facto de o planeador apenas ter acesso ao stock existente nas instalações no armazém externo e desconhecer completamente qual o estado das várias sequências. Assim, quando o cliente questiona o planeador da Bosch sobre o estado das sequências, o mesmo não tem conhecimento, nem acesso a qualquer tipo de informação que lhe permita responder de imediato ao solicitado. Posto isto, o planeador necessita de contactar com um colaborador do armazém e questioná-lo acerca do assunto em questão. De seguida, após receber a informação, cabe ao planeador contactar com o cliente e transmitir a informação pretendida. Todo este processo envolve desperdício de tempo, assim como uma falta de eficácia e eficiência.

Por outro lado, o facto de a Bosch não ter acesso às sequências solicitadas nem aos envios efetuados pelo armazém, impossibilita qualquer tipo de controlo sobre as ações do armazém. Deste modo, a Bosch



não consegue identificar erros nem tomar medidas que minimizem o seu impacto ou até mesmo que impeçam que o erro atinja o cliente. Desde modo, a Bosch corre o risco de apenas tomar conhecimento de algum erro por parte do armazém externo quando o mesmo atingiu efetivamente o cliente e este efetuou uma reclamação.

#### 4.3.2 Lacuna nos Standards do Armazém Externo

Uma outra vulnerabilidade identificada relaciona-se com os procedimentos do armazém externo para a receção e armazenamento dos produtos, preparação da sequência e expedição. Não existe um plano de análise e validação dos processos propostos pelo armazém externo de modo a garantir que os mesmos estão isentos de riscos e em conformidade com todas as normas de segurança e de qualidade.

Ainda foi identificado a falta de um procedimento que contenha o plano de ação quando se detetam problemas de qualidade em produtos que estejam no domínio do armazém. Por vezes, quando os produtos são inseridos nos automóveis é detetado um problema de incompatibilidade no software e é necessário efetuar um *update* de todos os produtos, incluindo os produtos que estão no cliente e os produtos que se encontram no armazém.

Denotou-se ainda, a inexistência de um processo de escalonamento caso ocorra um problema, nomeadamente a constatação de diferenças de inventário, faltas de material para realizar a preparação das sequências, atrasos da receção dos produtos enviados pela Bosch de Braga ou atrasos do transporte responsável por entregar os produtos ao cliente final.

### 4.4 Planeamento e controlo da produção

Através da análise do modelo atual de gestão de encomendas e de planeamento da produção, foi possível verificar as seguintes inconformidades abaixo apresentadas.

#### 4.4.1 Plano de Produção sem cálculo de stocks de produto final

No decorrer do levantamento da situação atual foi diagnosticado que apenas o cálculo do stock disponível esperado, considerando o plano de produção realizado e as encomendas previstas, é calculado. Na Figura 21, é possível observar o stock disponível ao final do dia na linha “Available Quantity” e na linha “Day’s supply” os dias de cobertura equivalentes a esse stock, sendo definido pela gerência um objetivo de 3 dias de stock de cobertura em média, que significa ter stock para cobrir as encomendas dos três dias seguintes. Este valor foi definido pela gerência, tendo em conta os custos totais de stock e a experiência.

Product view: Periodic	Un.	Due FR 12.10.18	SA 13.10.18	SU 14.10.18	MO 15.10.18	TU 16.10.18	WE 17.10.18	TH 18.10.18	
7513.400.589-55L / Navigation System;GM MY18 NAV EU/RUS / 81									
Available Quantity	PC	204	264	264	264	144	144	124	224
Days' Supply	DAY	6,00	9,542	8,542	7,542	6,542	5,542	4,542	3,542
FC req. / 20 / PLANNING WITH FINAL ASSEMBLY / Orig.	PC								
PIOrd. / W815W-CM1_815W_001 / Yield	PC		60					100	100
Total Requirements / Request	PC					120-		120-	

Figura 21 - Stock de acordo com o plano de produção e encomendas

Por outro lado, também foi diagnosticado que não é realizada uma análise sistemática do comportamento do cliente, sendo que não existe um histórico da flutuação das encomendas, nem a perceção se há uma tendência para o cliente aumentar ou diminuir as encomendas. Assim, o planeador realiza o planeamento



de produção de modo a ter, em média, em stock, quantidades que garantam uma cobertura de 3 dias para o corrente cenário de encomendas.

No atual procedimento de planeamento da produção, não é realizado um estudo do stock necessário de modo a garantir que o fornecedor, neste caso a Bosch, consegue suportar as flutuações do cliente sem criar alterações a curto prazo no plano de produção.

Por outro lado, também não é realizada de forma sistemática a análise das flutuações dos processos internos, pelo que não é calculado o stock necessário para suportar estas flutuações, o que, muitas vezes, implica alterações do plano de produção dentro do período fixo.

O facto de não existir uma análise do stock necessário, considerando o histórico de flutuações do cliente e dos processos internos, implica a existência de excesso de stock de algumas referências e, noutros casos, à rutura do mesmo. Entre os principais problemas associados ao excesso de stock destaca-se o capital imobilizado, a necessidade de espaço de armazenagem, a possibilidade de obsolescência e a consequente necessidade de retrabalhar ou de sucatar o produto. Por outro lado, a inexistência de stock de segurança leva, por vezes, à necessidade de realização de transportes especiais para cumprir os envios. É necessário que seja calculado o valor de stock necessário garanta estabilidade ao longo da cadeia de abastecimento e, simultaneamente garantir 100% das entregas ao cliente.

#### 4.4.2 Planeamento da Produção Semanal não nivelado

No decorrer da análise da situação inicial detetou-se que a instrução de trabalho relativa ao planeamento semanal não estavam a ser integralmente cumpridas, particularmente as regras de nivelamento da produção. Comparando as regras de nivelamento explicadas no capítulo 3.2 com a Figura 22, é possível verificar que a regra “Produtos A são produzidos todos os dias nas mesmas quantidades” não está a ser cumprida.

Controlo do Nivelamento																		
Linha: 2114				Semana: 4														
Referência	Familia	Tipo	Seq	22/01/2018			23/01/2018			24/01/2018			25/01/2018			26/01/2018		
				Plano	Plano	Plano												
				Fixo	N.º Kb	Seq	Fixo	N.º Kb	Seq									
026373842655D	D5	A								144	6	2	192	8	1	192	8	1
02637490146EA	C8	A		240	5	1	240	5	1	48	1	1						

Figura 22 - Plano de Produção semana 4 da linha 2114

Após a constatação deste facto, foi realizado um inquérito a todos os planeadores para obter uma visão das dificuldades para o processo de planeamento da produção nivelada. Através da análise do mesmo, conclui-se que 50% dos planeadores não cumpre a instrução de trabalho existente. Entre os principais motivos encontravam-se:

- Para não exceder a capacidade diária da linha, o planeador diminui a quantidade planeada do produto A nos dias em que planeia a produção de produtos B ou C, não cumprindo a regra que correspondente ao planeamento diário do produto A nas mesmas quantidades;
- Quantidade por *kanban* elevada, o que dificulta o nivelamento;
- Falta de stock ou atrasos leva a que o plano de produção seja realizado em função das próximas encomendas, sem ter em consideração as regras de nivelamento.
- Instrução de trabalho está pouco detalhada



- Desconhecimento da importância e vantagens de um plano de produção nivelado

#### 4.4.3 Definição da capacidade da linha

A informação sobre a capacidade da linha, transmitida ao departamento do planeamento da produção é em peças/dia. O problema prende-se com o facto de o planeador não ter uma visão sobre os diferentes tempos de ciclos dos produtos, nem da matriz de *change over*, que é caracterizada pelo tempo de mudança da linha entre os vários produtos.

Deste modo, o planeador elabora o planeamento da produção de forma a que a quantidade planeada seja igual ao valor da capacidade em peças/dia e decide a sequência de produção sem ter em consideração a matriz de *change over*. Deste modo, a sequência de produção nem sempre é a que otimiza os tempos de *change over* e muitas vezes o tempo necessário para produzir as quantidades planeadas, é superior ou inferior ao tempo de produção disponível.

#### 4.4.4 Desperdícios no planeamento da produção

Como referido anteriormente, o processo de planeamento semanal é realizado numa ferramenta em Microsoft Excel, que não tem interação com o software SAP. Através de uma análise ao processo de planeamento semanal atual detetou-se que o planeamento é muito demorado e suscetível a erros, devido as inúmeras tarefas manuais e às imensas atividades que não acrescentam valor, nomeadamente:

Processo de atualização dos dados no ficheiro de planeamento, apresentado na Figura 23:

- (1) O planeador solicita informação ao departamento de MOE1 sobre os componentes das placas (PCBs) de cada referência nova;
- (2) Responsável de MOE1 recolhe a informação e elabora um email com a informação solicitada;
- (3) Após rececionar a informação, o planeador elabora um ficheiro com a informação que contém os dados das referências para atualização da base de dados;
- (4) O planeador envia um email com o ficheiro anexado para o responsável pela atualização da Base de Dados;
- (5) O colaborador responsável atualiza a Base de Dados;
- (6) O planeador corre uma macro para introdução dos novos dados no ficheiro excel destinado ao planeamento.

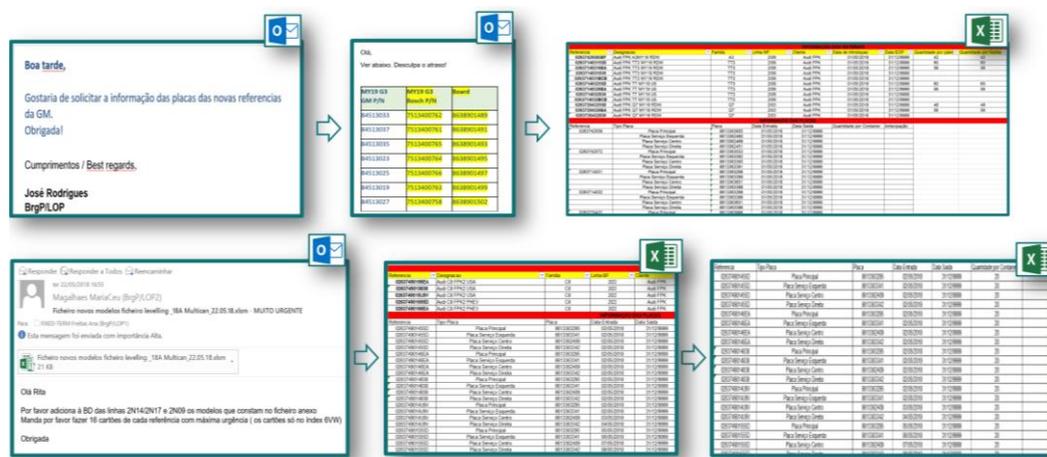


Figura 23 - Fluxo de Informação atualização da Base de Dados



Processo de atualização de dados de planeamento da produção, ilustrado na Figura 24:

- Exportação dos dados das encomendas do sistema SAP para o ficheiro Excel de planeamento de produção;
- Copiar os dados relativos ao stock de cada referência do sistema SAP para o ficheiro Excel de planeamento de produção;
- Elaboração do plano de produção em Excel;
- Atualização do SAP manualmente de acordo com o definido nos ficheiros em Excel que dão suporte na realização do planeamento semanal e a longo prazo.

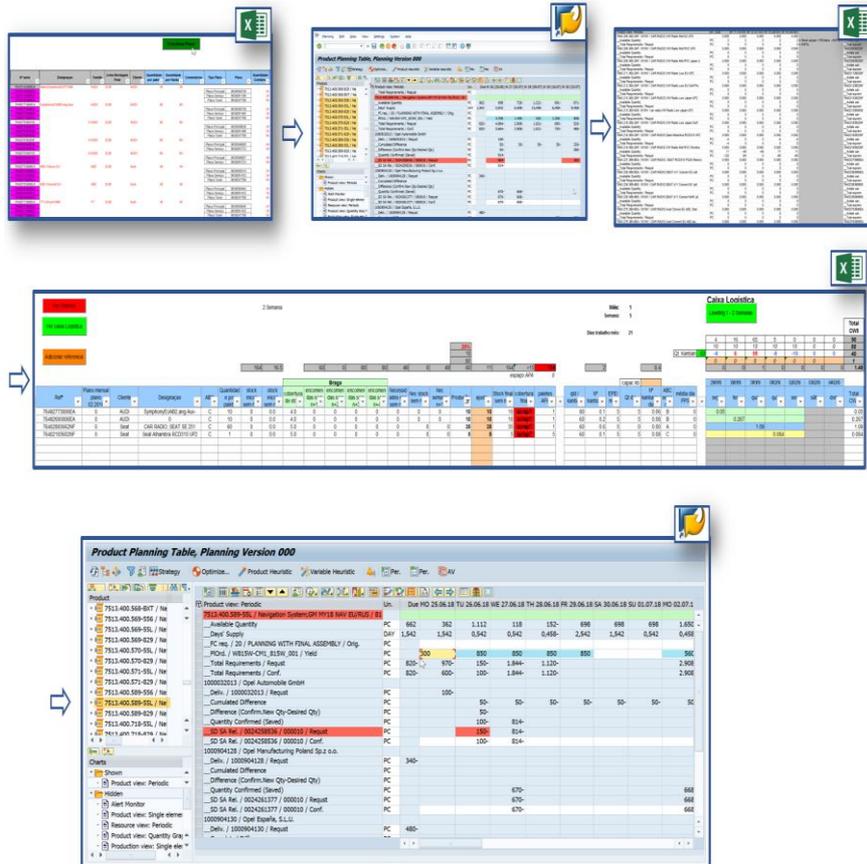


Figura 24 - Processo de planeamento da produção

## 4.5 Indicadores de Desempenho

Neste subcapítulo é apresentada uma breve análise aos indicadores de desempenho do departamento onde a presente dissertação foi desenvolvida, com o objetivo de compreender a performance dos indicadores e averiguar as possíveis causas.

### 4.5.1 Fulfillment - Cumprimento do plano de produção

O indicador de desempenho, designado por *Fulfillment* (FF) mede o cumprimento do plano de produção em relação à quantidade e à sequência definida para cada linha de produção. O objetivo de 2018 é que 50 % das linhas atinjam o target do FF que é 70%. A Figura 25, apresenta o algoritmo atualmente em vigor para o cálculo do FF.

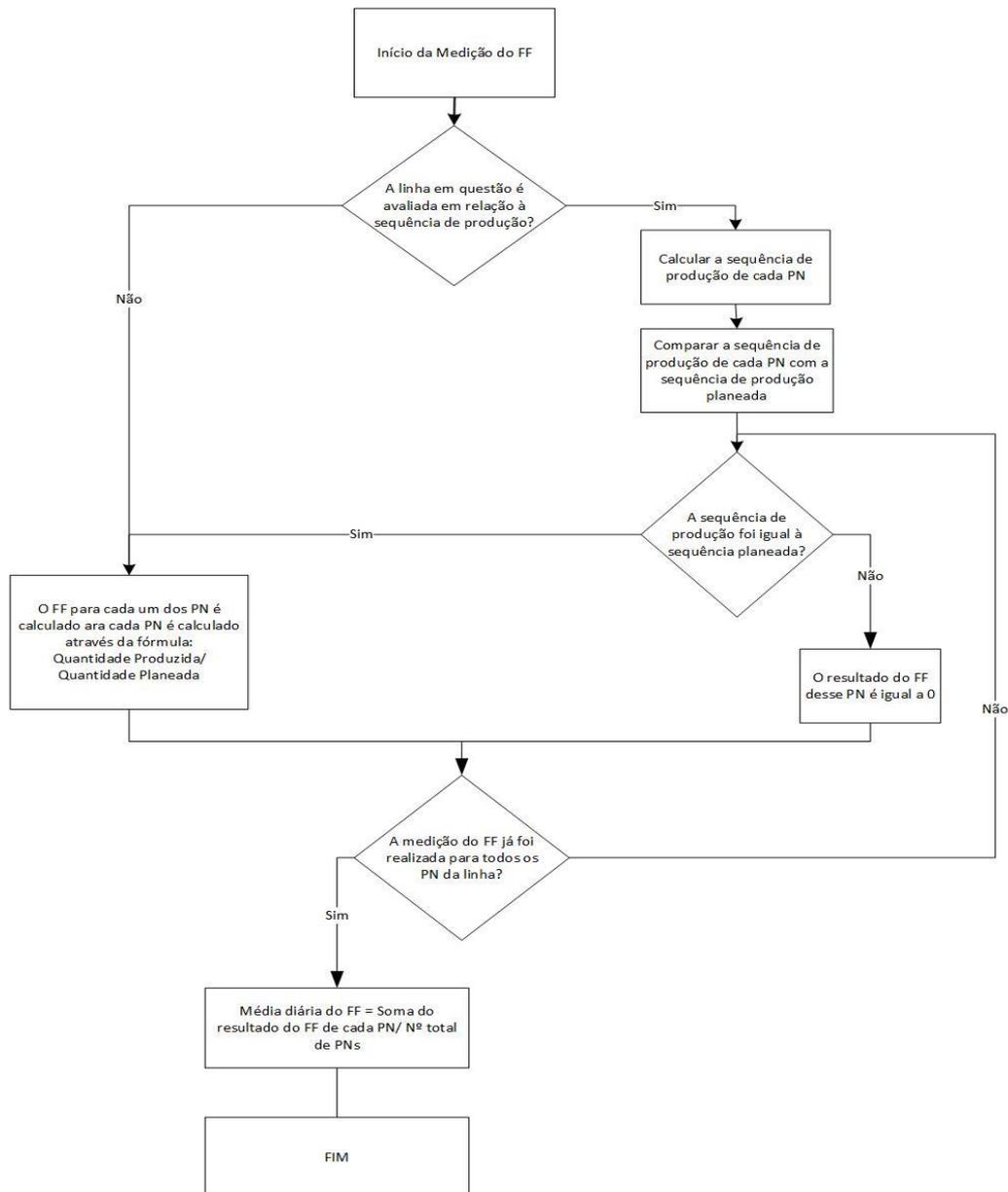


Figura 25 - Algoritmo de Medição do FF para cada linha de produção

Os resultados que espelham o cumprimento do plano de produção estipulado para uma dada semana são distribuídos diariamente via email para todos os planeadores, chefes de linha, chefes de secção, entre outros. Após receberem o relatório, os chefes de linha e os planeadores devem analisar os resultados, sendo que os chefes de linha têm a responsabilidade de justificar os desvios, sempre que o plano não é inteiramente cumprido.

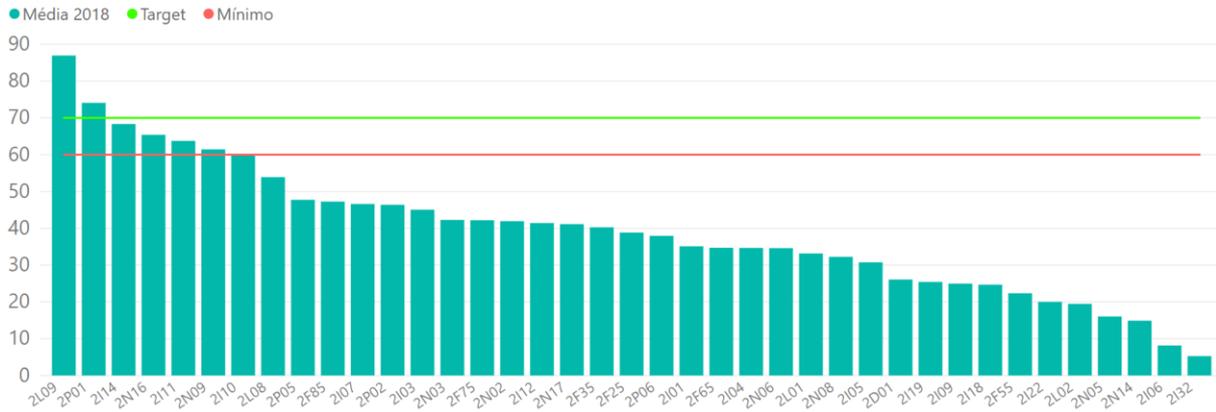


Figura 26 - Média do Fulfillment 2018 por linha (Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio)

Atualmente a média do indicador *fulfillment* é 40%, pelo que se denota uma elevada dificuldade no cumprimento do planeamento semanal proposto pelo planeador.

De modo a compreender melhor as causas dos baixos valores do indicador, iniciou-se uma análise aos dados relativos às justificações para as perdas de produtividade, que afetam diretamente as quantidades produzidas. As causas registadas no sistema informático e o respetivo número de ocorrências são apresentadas na Figura 27.

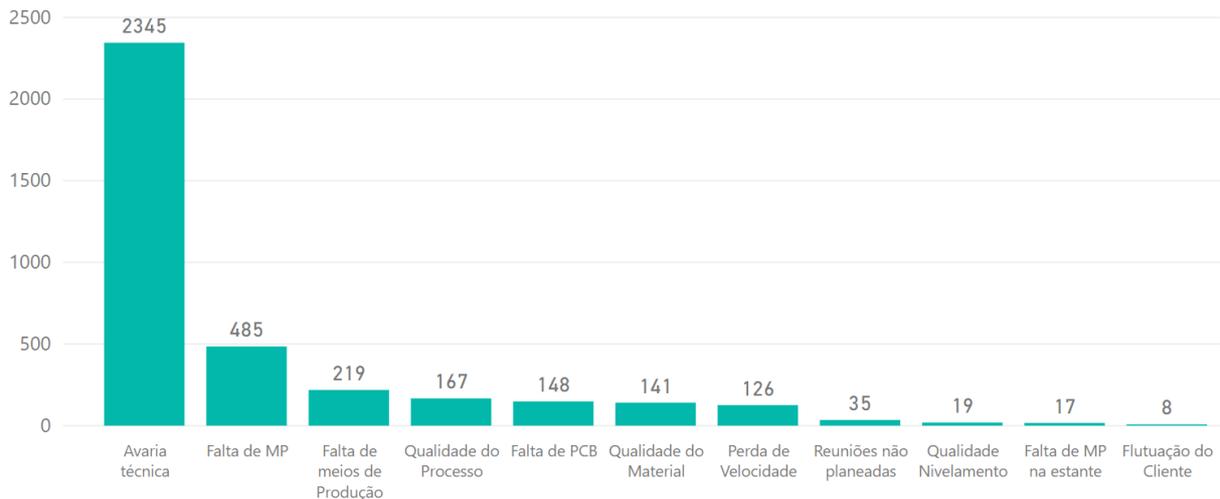


Figura 27 - Causas das paragens de Produção na linha de montagem final

Após a análise aos dados, iniciou-se uma sistemática que englobava reuniões semanais com o planeador da produção e o chefe de linha de algumas linhas de produção cuja performance do indicador era bastante baixa para que se fosse possível percecionar as causas do cumprimento do plano de produção.

Nas reuniões foram identificadas as causas que mais contribuíam para os baixos valores do indicador *fulfillment* (avalia o cumprimento do plano em relação à quantidade e sequência):

- Falta de placas (PCBs) do produto planeado e existência de placas de outro produto que está planeado para mais tarde, leva à troca da sequência de produção
  - Devido a planos não nivelados, provocando alterações no processo de produção de placas



- O processo de produção de placas tem um plano diferente do plano de produção da linha de montagem
- Erros na definição planeamento da produção de placas devido ao facto de os planos de produção da linha de montagem final serem realizados em *Excel* e não existir um fluxo de informação transparente, capaz de sincronizar a informação entre as duas áreas
- Implementado um sistema de controlo de produção empurrado (*push*)
- Falta transparência de informação e existe um reduzido controlo da produção ao longo da cadeia de valor, leva à baixa precisão do nível de stock: existindo algumas peças em falta para a produção e stock excessivo de outros componentes
- As placas estão contabilizadas como stock disponível no sistema SAP, mas a localização das mesmas é desconhecida
- As placas reprovam nos testes de qualidade na linha de montagem final, mas o stock não é descontado em sistema, devido ao facto de não existir um processo standard definido
- Falta de matérias primas para a produção
  - Elevadas diferenças de inventário, isto é, as quantidades reais existentes não coincidem com as quantidades existentes virtualmente no sistema SAP
  - O milk run atrasa-se na entrega de matéria prima ou componentes, devido ao facto dos pontos de stock intermédio não estarem devidamente organizados
  - Inexistência dos materiais necessários na empresa, devido a atrasos dos fornecedores ou a falhas na colocação das encomendas aos fornecedores
- Paragens de produção devido a avarias ou perdas de produtividade devido a problemas de qualidade
- Nenhum processo definido para análise dos desvios e definição de ações de melhoria

#### 4.5.2 LIWAKS – Cumprimento das encomendas do cliente

O indicador LIWAKS representa a percentagem do número de encomendas cumpridas face às encomendas solicitadas pelo cliente. O objetivo da empresa é que este indicador atinja os 96%, no entanto, pela análise da Figura 28, os resultados mensais obtidos para o ano de 2018, até ao mês de Maio, revelam algum défice ao nível do cumprimento do target anual definido.

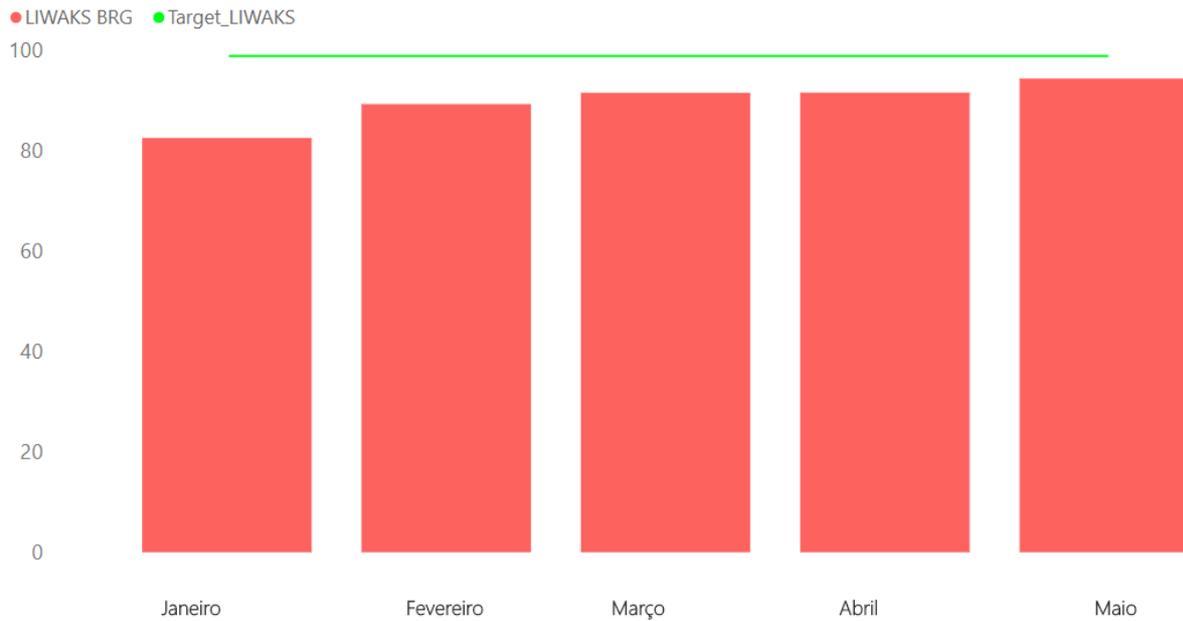


Figura 28 - Indicador cumprimento das encomendas do cliente

As principais causas do incumprimento dos envios são ilustradas na Figura 29. Através da análise do gráfico é possível concluir que uma das grandes causas está relacionada com o envio das encomendas através dos armazéns externos. Segue-se a problemática da parametrização do SAP, que impossibilita a visualização das encomendas e o envio dos produtos. Ainda na lista das maiores causas citam-se os atrasos das entregas devido à falta de matéria-prima e de placas (PCBs). De realçar ainda os problemas de qualidade e a dificuldade de responder dentro do prazo estipulado perante aumentos da procura.

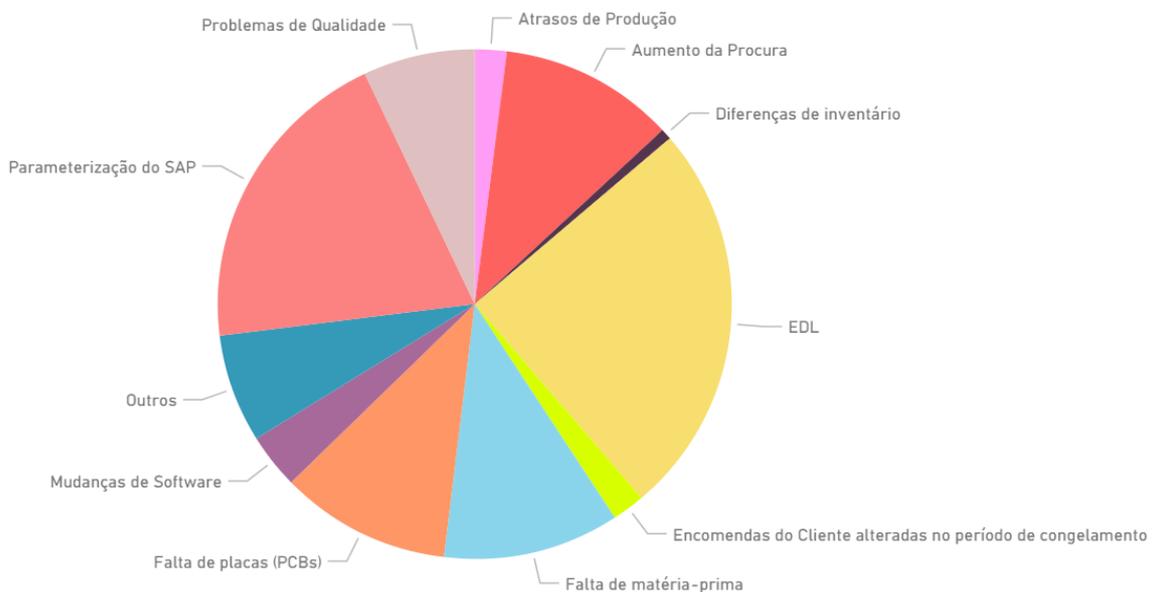


Figura 29 - Principais causas do incumprimento das encomendas

#### 4.5.3 Custos de Transporte especiais

Um outro indicador relaciona-se com os custos despendidos em transportes especiais. No decorrer da análise, foi possível verificar que o valor monetário despendido desde janeiro até maio de 2018 em



transportes especiais, ultrapassa 30% o objetivo definido para os meses em questão. Na Figura 30, é possível são apresentadas as causas que mais contribuíram para a realização de transportes especiais. É possível verificar mais uma vez que as mudanças das encomendas dos clientes são um assunto difícil de gerir na empresa, uma vez que representam a maior percentagem nos motivos para a realização de transportes especiais, seguindo-se a falta de capacidade.

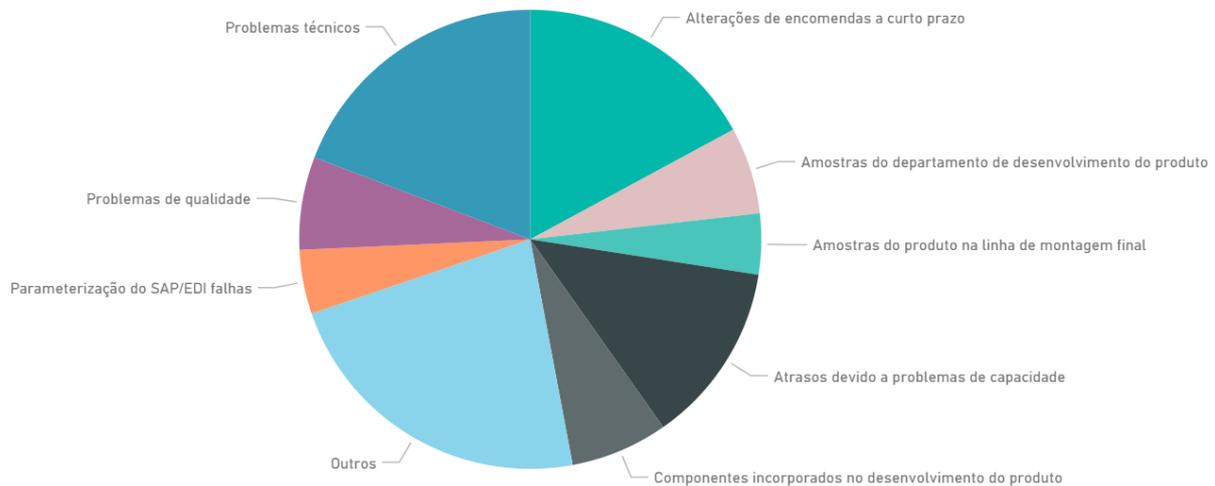


Figura 30 - Principais motivos para a realização de transportes especiais

#### 4.6 Value Stream Mapping (VSM)

Neste subcapítulo é apresentado um VSM com o objetivo de ilustrar uma visão global do processo produtivo da empresa. No VSM da Figura 31, foi considerado o fluxo principal de um produto da empresa, desde a receção da matéria prima até à entrega do produto final ao cliente. O principal objetivo será identificar os principais pontos de desperdício do sistema para que se possam desenvolver ações de melhoria.

Através do VSM apresentado é possível confirmar alguns dos desperdícios da empresa, apresentados anteriormente ao longo deste capítulo. Primeiramente, é de realçar os inúmeros pontos de stock existentes na empresa, ilustrando o reduzido fluxo de material e a falta de transparência das quantidades existentes. Verificaram-se alguns desperdícios, associados aos inúmeros pontos de inventário, como o transporte de materiais, a elevada área ocupada e deslocações do chefe de linha para confirmar a localização e existência do material necessário à produção. Por outro lado, os inúmeros pontos de inventário associados ao elevado número de peças em stock, implicam um elevado investimento e elevado custo de posse. De realçar ainda, o risco de problemas de qualidade e de geração de produtos obsoletos.

Paralelamente é possível verificar que devido ao paradigma de produção empurrado, existe uma série de fluxos associados ao planeamento da produção, ao invés de existir um único plano de produção a desencadear o ritmo de todos os processos. Através do VSM, é possível constatar que cada um dos processos a montante da linha de montagem final, cria o seu próprio plano de produção, a partir do plano do último processo. O problema é que com este tipo de controlo da produção os vários processos não estão sincronizados, levando em alguns momentos à paragem das linhas de montagem final por falta de componentes dos processos anteriores.

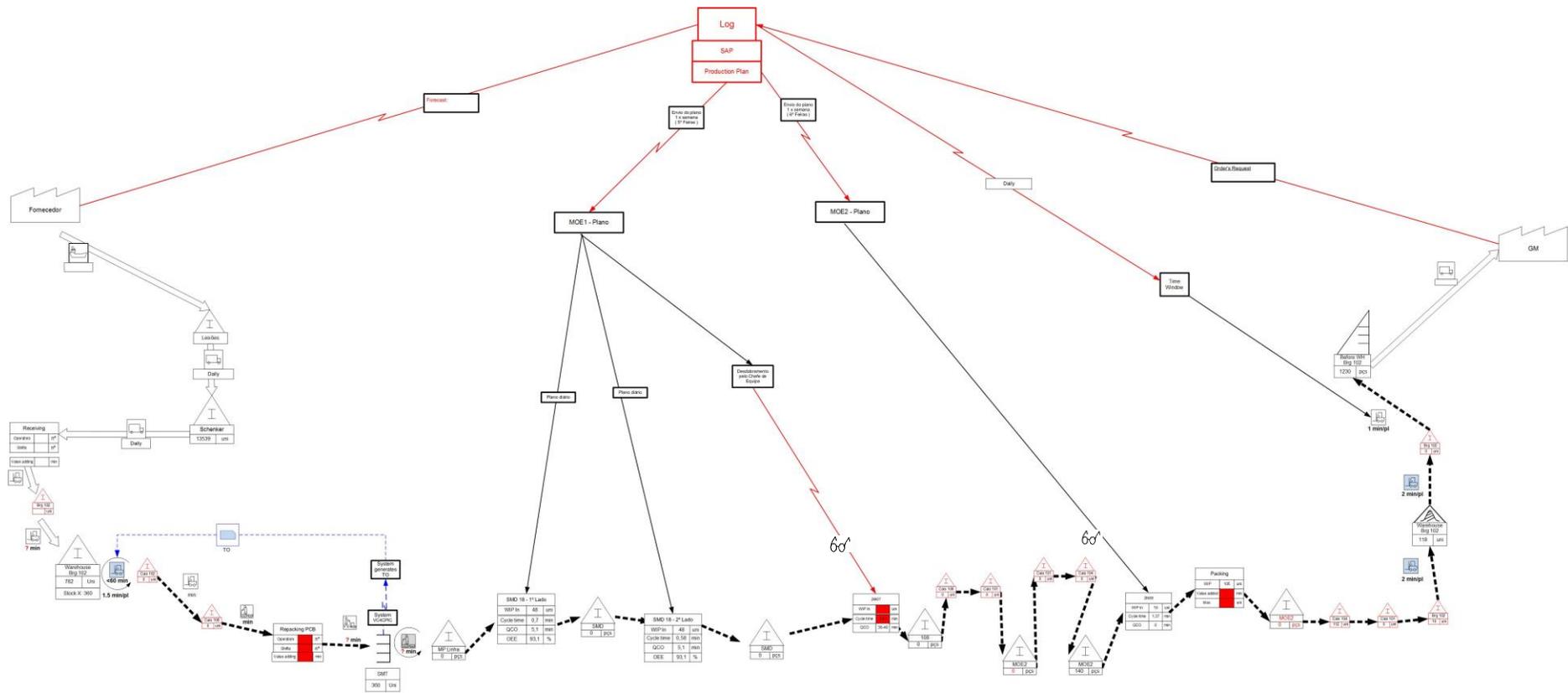


Figura 31 - VSM da familia da GM - Resumo dos principais problemas



## 4.7 Resumo dos principais problemas

Neste subcapítulo pretende-se apresentar, na Tabela 1, um resumo dos principais problemas da empresa, das suas causas e dos impactos mais relevantes, assim como de forma breve apresentar as soluções propostas.

Tabela 1 - Resumo dos problemas e das ações

	<b>Problema identificado</b>	<b>Causa</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ação</b>
JUST IN SEQUENCE	1.1 Informação sobre a necessidade de entrega JIS é comunicada ao departamento de logística tardiamente pela equipa de novos projetos	Fluxo de Informação para projetos JIS não incluída no standard	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contacto com o cliente para alinhar os requisitos específicos do JIS é realizado tardiamente</li><li>- Ações necessárias para responder aos requisitos específicos do JIS são realizadas tardiamente</li><li>- Parametração do SAP não está completa em tempo útil</li><li>- Análise de risco e definição de medidas corretivas não é realizada antecipadamente</li><li>- Custos associados a viagens urgentes e à necessidade de deter uma equipa de suporte ao projeto por este se revelar um risco</li><li>- Possibilidade de não satisfazer o requisito do cliente devido à falha na transmissão da informação</li></ul>	Criação de um processo standard para implementação do JIS
	1.2 Invisibilidade da mensagem com o plano de produção da Audi	O sistema SAP não está parametrizado para ler e transmitir a informação da nova mensagem	<ul style="list-style-type: none"><li>- O planeador da Bosch planeia de acordo com os dados do <i>forecast</i> que não são tão exatos como os dados do plano de produção da Audi</li><li>- Risco de se produzir abaixo ou acima das quantidades necessárias</li><li>- Risco de haver necessidade de sucatar produtos</li><li>- Risco de retrabalhar produtos (exemplo: atualizar o software)</li><li>- Risco de realizar transportes especiais para cumprir com as encomendas</li><li>- Risco de falhar as entregas ao cliente</li></ul>	Realizar um pedido estruturado ao departamento de informática para realizar as alterações necessárias: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Analisar qual a informação necessária para o planeador</li><li>2. Interpretar a mensagem com o plano de produção para identificar qual a informação útil a ser traduzida para o SAP</li><li>3. Elaborar um <i>Business Requirement</i> com toda a informação recolhida</li><li>4. Realizar uma reunião para esclarecimento de possíveis dúvidas</li><li>5. Departamento de informática desenvolve os requisitos solicitados</li><li>6. Fase de experimentação da nova tabela com a informação do plano de produção da Audi</li></ol>



	1.3	Desconhecimento do estado das sequências	Não existe um modo de transmitir essa informação do armazém para a Bosch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impossibilidade de informar o cliente do estado das sequências quando o mesmo solicita a informação</li> <li>- Não há monitorização nem controlo das atividades do armazém</li> <li>- Bosch não consegue identificar erros/atrasos no armazém, nem tomar medidas que minimizem o seu impacto</li> <li>- Risco de a Bosch apenas ser informada de um atraso ou de um desvio do armazém quando recebe uma reclamação do cliente</li> </ul>	Desenvolver uma ferramenta informática para transmitir a informação via eletrónica <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir a informação a ser transmitida na mensagem</li> <li>2. Adaptar o sistema informático do armazém para enviar a mensagem</li> <li>3. Adaptar o sistema informático da Bosch para rececionar a mensagem</li> <li>4. Elaborar um Business Requirement com toda a informação recolhida</li> <li>5. Realizar uma reunião para esclarecimento de possíveis dúvidas</li> <li>6. Departamento de informática desenvolve os requisitos solicitados</li> <li>7. Fase de experimentação da nova tabela com a informação do plano de produção da Audi</li> </ol>
	1.4	Não há um mecanismo definido para avaliar e sugerir melhorias aos standards para a receção e armazenamento dos produtos, preparação da sequência e expedição	Novo processo, pelo que não há um standard definido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosch não consegue identificar erros/atrasos no armazém, nem tomar medidas que minimizem o seu impacto</li> <li>- Bosch pode ser considerada pelo cliente um fornecedor menos fiável</li> </ul>	Incluir no standard do processo de implementação do JIS, um mecanismo para avaliar e propor melhorias aos processos do armazém externo
	1.5	Não existe um processo de escalonamento definido para os possíveis problemas	Novo processo, pelo que não há um standard definido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosch não consegue identificar erros/atrasos no armazém, nem tomar medidas que minimizem o seu impacto</li> <li>- Risco de a Bosch apenas ser informada de um atraso ou de um desvio do armazém quando recebe uma reclamação do cliente</li> </ul>	Incluir no standard do processo de implementação do JIS, uma matriz de escalonamento para reação a problemas que surjam no armazém externo
PULL & LEVELING	2.1	Planeamento de Produção sem cálculo de stock mínimo, máximo e ótimo, nem análise da flutuação das encomendas	A presente ação não está integrada na atual instrução de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stock de segurança não é calculado de acordo com as flutuações internas do processo</li> <li>- Stock de segurança não calculado de acordo com o comportamento do cliente</li> <li>- Overstock</li> <li>- Falta de stock</li> </ul>	Implementação de um sistema pull & leveling, que inclui análise das flutuações das encomendas, análise da flutuações internas de processo, cálculo de stock de segurança
	2.2	Planeamento de Produção não nivelado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminui a quantidade planeada do produto A nos dias em que planeia a produção de produtos B ou C, não cumprindo a regra que correspondente ao planeamento diário do produto A nas mesmas quantidades</li> <li>- Quantidade por kanban elevada, o que dificulta o nivelamento</li> <li>- Falta de stock ou atrasos leva a que o plano de produção seja realizado em função das próximas encomendas, sem ter em consideração as regras de nivelamento</li> <li>- Desconhecimento da importância e vantagens de um plano de produção nivelado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instabilidade nos processos a montante</li> <li>- Instabilidade nas encomendas aos fornecedores</li> <li>- Instabilidade na linha de montagem final</li> </ul>	Implementação de um sistema pull & leveling, que inclui cálculo da capacidade disponível e necessária, cálculo do número de change overs disponíveis, definição do EPEI e o nivelamento da produção



	2.3	Existência de tarefas sem valor acrescentado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planeamento realizado no Excel</li> <li>- Excel não está conectado diretamente com o SAP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmotivação dos Planeadores</li> <li>- Potencialidade de erro</li> <li>- Elevados gastos com mão de Obra</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criação de uma instrução de trabalho para o programa NivPLuS</li> <li>2. Formação dos planeadores</li> <li>3. Monitorização e confirmação do processo</li> </ol>
PULL & LEVELING JUST IN SEQUENCE	3.1	Baixos valores do indicador que mede o cumprimento do plano de produção (fulfillment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaria técnica</li> <li>- Falta de Placas</li> <li>- Falta de Matéria-Prima</li> <li>- Nenhum processo definido para análise dos desvios e definição de ações de melhoria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incumprimento das encomendas do cliente</li> <li>- Necessidade de transportes especiais</li> <li>- <i>Overstock</i></li> </ul>	<p>Implementação do Pull Leveling com definição de supermercados ao longo da cadeia de valor, estabilizando os processos a montante, incluindo as encomendas aos fornecedores</p> <p>Criação de um sistema de monitorização do indicador e definição de ações de melhoria</p>
	3.2	Cumprimento das encomendas do cliente não é 100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parametização do SAP</li> <li>- EDL - Envios a partir de armazéns externos</li> <li>- Aumento da Procura</li> <li>- Atrasos de Produção</li> <li>- Falta de matéria-prima</li> <li>- Falta de Placas</li> </ul>	Bosch pode ser considerada pelo cliente um fornecedor menos fiável	Implementação do Pull Leveling com definição de supermercados ao longo da cadeia de valor, estabilizando os processos a montante, incluindo as encomendas aos fornecedores
	3.3	Elevados gastos em transportes especiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alterações de encomendas do cliente</li> <li>- Parametização do SAP/EDI falhas</li> <li>- Atrasos devido a falta de capacidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Despesas inesperadas</li> <li>- Aumento dos custos</li> </ul>	<p>Implementação do Pull Leveling, com análise da procura do cliente; nivelamento da produção tendo em conta a capacidade da linha</p> <p>Implementação do NivPLuS permite que o planeador tenha mais disponibilidade para estar atento às mensagens EDI Standard para implementação do JIS permitirá solucionar problemas de mensagens de EDI pelo facto do sistema SAP ser parametrizado atempadamente</p>
	3.4	Elevados stocks	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não há um cálculo do stock de segurança</li> <li>- Paradigma de produção empurrado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento dos custos de posse</li> <li>- <i>Overstock</i></li> <li>- Produtos obsoletos</li> <li>- Área ocupada</li> </ul>	Implementação do Pull Leveling, com análise da procura do cliente, nivelamento da produção tendo em conta a capacidade da linha



## 5 PROPOSTAS DE MELHORIA

A identificação das dificuldades inerentes ao desafio de entregar os produtos *Just in Sequence* foi importante para detetar possíveis pontos de falha e definir ações de melhoria. O presente capítulo tem como objetivo apresentar um conjunto de propostas que visem solucionar as dificuldades mencionadas para o caso específico da Audi e ainda será apresentada uma metodologia para a implementação de projetos *Just in Sequence*, com o objetivo de se conseguir uma gestão logística eficiente.

No decorrer da análise do processo de planeamento de produção da linha de montagem final e das causas dos baixos valores dos indicadores de desempenho, foi definida uma abordagem que visa otimizar a produtividade das áreas diretas e indiretas da organização, permitindo a entrega do produto ao cliente na data estabelecida e segundo os seus requisitos. Assim, neste no presente capítulo é apresentada a implementação do conceito *pull leveling*.

### 5.1 *Just in Sequence* no fornecimento de componentes automóveis

A presente secção tem como âmbito apresentar as medidas realizadas com o propósito de solucionar as dificuldades encontradas no departamento de logística, relacionadas com o projeto de entregas *Just in Sequence* na Audi. Por último, esta secção apresenta uma proposta para gerir projetos *Just in Sequence* que possam surgir no futuro.

#### 5.1.1 Leitura da mensagem eletrónica LAFES-JIT no sistema SAP

Um elemento essencial para garantir a satisfação das entregas aos clientes é assegurar que as mensagens transmitidas ao longo de todo o fluxo de informação são efetivamente recebidas. Na Figura 32 são apresentadas as várias mensagens transmitidas entre as três entidades: Bosch de Braga, Audi e armazém externo.

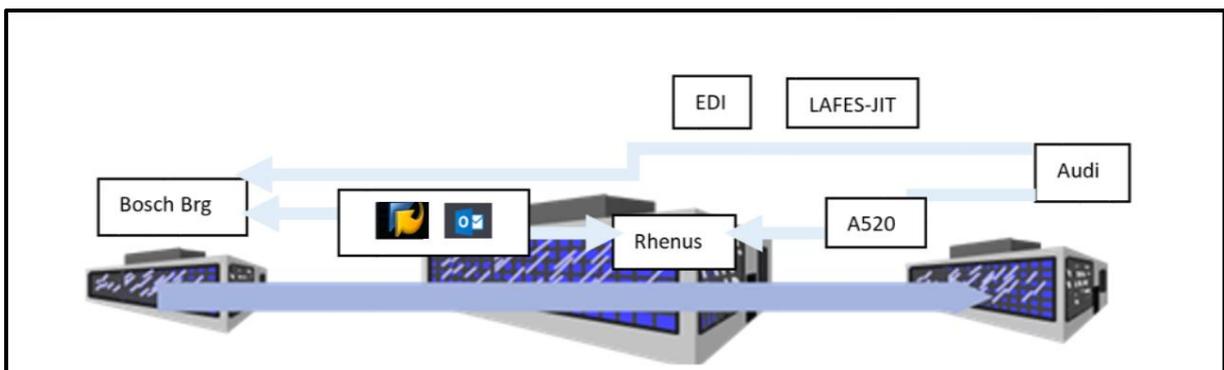


Figura 32 - Fluxo de informação proposto

O conteúdo da mensagem eletrónica LAFES-JIT é apresentado na *Figura 33*. O primeiro passo para resolução deste problema relacionou-se com a interpretação da mensagem e selecionar os dados relevantes para o desenvolvimento do planeamento da produção e gestão de encomendas.

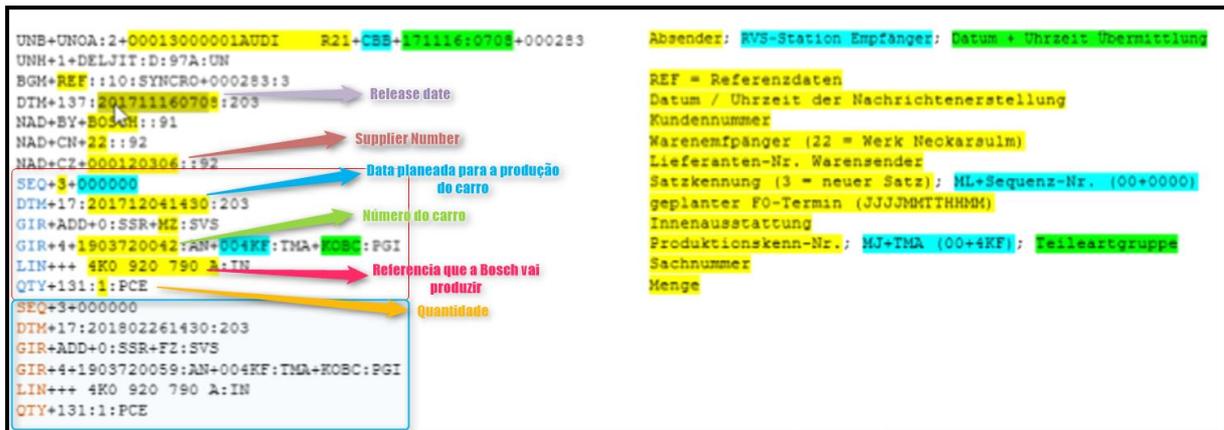


Figura 33 - Análise da mensagem LAFES-JIT

Posto isto, a etapa seguinte passou por definir todos os campos necessários para controlar as encomendas do cliente de modo a que a leitura da mensagem fosse possível. As alterações no sistema no SAP foram da responsabilidade do departamento de informática pelo que foi indispensável discriminar toda a informação necessária.

Como se pode observar através da Figura 33 a mensagem LAFES-JIT está associada a uma data denominada como “release date” que corresponde à data de transmissão da mensagem. O “supplier number” diz respeito ao número do fornecedor da Audi, neste caso, o número em questão é o número que a Audi atribuiu à Bosch de Braga. Simultaneamente, é possível verificar a existência de dois retângulos, um a vermelho e outro a azul, sendo que a mensagem contida no seu interior diz respeito a um dado carro, isto é, a um dado produto que a Bosch de Braga terá de entregar. Assim, cada produto que a Bosch tem de produzir está associado a um carro, cuja data de produção é apresentada na mensagem.

De modo a apresentar a informação contida na mensagem LAFES-JIT foram estabelecidos parâmetros no sistema informático SAP, que transmitissem a informação para tabelas, de forma a que o planeador pudesse ter acesso à informação e interpretá-la de forma clara e intuitiva. De forma a contemplar toda a informação relacionada com as encomendas *Just in Sequence* numa só tabela, criou-se um monitor denominado de JIS Monitor, apresentado na Figura 34.

A tabela apresentada no monitor mostra a informação da mensagem LAFES-JIT considerada relevante para o planeador. A primeira coluna diz respeito ao número do fornecedor, neste caso o número ilustrado diz respeito ao número que a Audi atribui à Bosch de Braga. A segunda coluna, contém o *release number* associado à mensagem LAFES-JIT, relevante na medida em que cada mensagem tem um número associado que é maior quanto mais recente é a mensagem. A *release date* diz respeito à data em que a mensagem foi emitida. O *vehicle number* é o número de cada veículo, sendo que cada carro produzido tem um número que é único e irrepitível. O *customer material* é a referência do produto para o cliente, e o *Bosch Material* é a referência interna correspondente a cada *customer material*.

Note-se que as colunas que ainda não estão preenchidas dizem respeito ao estado da sequência, informação que será eletronicamente enviada pelo armazém responsável por preparar a sequência.



Supplier Number	Release number	Release date	Vehicle Number	Customer M	Bosch Material	Material Index	Sequence n	P Date	F Date	S Date	C Date	D Date
000120306	000320	08.01.2018	1926720029	4K0 920 770 A				08.08.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1906720063	4K0 920 790 A				06.08.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1841728833	4K0 920 790 A								
000120306	000320	08.01.2018	1906720032	4K0 920 790 A								
000120306	000320	08.01.2018	1906720056	4K0 920 790 A								
000120306	000320	08.01.2018	1926720012	4K0 920 770 A								
000120306	000320	08.01.2018	1828729228	4K0 920 790 A				11.06.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1849728408	4K0 920 890 A				04.06.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1849728378	4K0 920 890 A								
000120306	000320	08.01.2018	1849728415	4K0 920 890 A								
000120306	000320	08.01.2018	1835728702	4K0 920 790 A				30.04.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1836728077	4K0 920 781 A				13.04.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1841728871	4K0 920 880 A								
000120306	000320	08.01.2018	1906720131	4K0 920 790 A				09.04.2018				
000120306	000320	08.01.2018	1828729587	4K0 920 790 A								
000120306	000320	08.01.2018	1828729532	4K0 920 790 A								
000120306	000320	08.01.2018	1828729556	4K0 920 790 A								

Figura 34 – JIS Monitor no SAP com informação retirada da mensagem LAFES-JIT

### 5.1.2 Comunicação sobre o estado da sequência (Bosch-Armazém Externo)

Uma das medidas sugeridas relaciona-se com a definição de processos de comunicação entre a Bosch e o armazém da Rhenus, de modo a garantir transparência de informação entre as duas entidades.

Deste modo, foi definido que o processo de transmissão da informação sobre o estado da sequência seria realizado por via eletrónica para minimizar o tempo despendido pelos colaboradores da Rhenus a atualizar os dados e minimizar a possibilidade de erros. Neste sentido, foi desenvolvida uma extensão no software da Rhenus para que este despoletasse uma mensagem eletrónica sempre que a preparação de uma sequência estivesse concluída. O sistema SAP da Bosch irá ler essa mensagem e colocar a data de conclusão da sequência na coluna S date, ilustrada na Figura 34.

O sinal acerca da finalização de uma sequência é transmitido a partir do instrumento de *picking* para o sistema informático do armazém, quando o colaborador aciona o botão de finalização de uma encomenda. Este, após receber a informação da finalização da encomenda, transmite de imediato uma mensagem via eletrónica para o sistema informático da Bosch.

O monitor JIS foi concebido de forma a ilustrar a data da receção da mensagem a informar a data de finalização da sequência. Sendo esta informação apresentada na coluna S date, ilustrada na Figura 34.

### 5.1.3 Processo de revisão e validação dos standards do armazém

De modo a colmatar o risco associado aos standards do armazém externo para a receção e armazenamento dos produtos, preparação da sequência e expedição, foi desenvolvido o procedimento apresentado na Figura 35.



		N-6	N-5	N-4	N-3	N-2	N-1	N (mês em que se inicia produção em serie)
1	Fornecimento dos requisitos logísticos do cliente ao armazém externo	█						
2	Armazém externo desenvolve os standards para a receção, armazenamento do material, preparação da sequência e expedição.	█	█					
3	Armazém realiza análise de risco (FMEA) aos seus standards.			█				
4	Armazém implementa as ações de melhoria fruto da análise de risco				█			
5	Bosch visita armazém externo e realiza a confirmação dos processos					█		
6	Bosch revê a FMEA realizada pelo armazém externo e aprova-a ou acrescenta novos pontos					█		
7	Se definir novas ações e implementam						█	
8	Auditoria para confirmação dos processos						█	
9	Estabilização e realização dos Processos							█

Figura 35 - Diagrama de Gantt para análise dos processos do armazém externo

Uma outra proposta, relaciona-se com a definição de um processo de escalonamento caso ocorra um problema, nomeadamente a constatação de diferenças de inventário, faltas de material para realizar a preparação das sequências, atrasos da receção dos produtos enviados pela Bosch de Braga ou atrasos do transporte responsável por entregar os produtos ao cliente final. O processo de escalonamento proposto é apresentado na Figura 36.

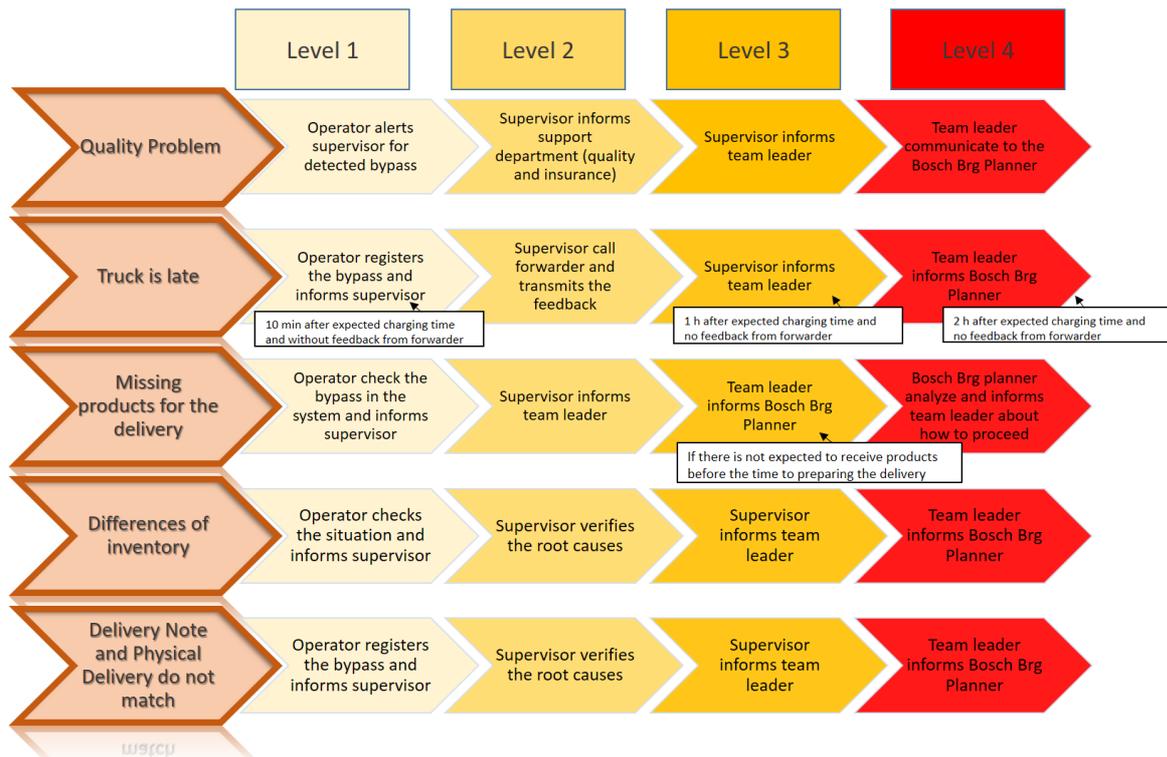


Figura 36 - Processo de escalonamento dos problemas no armazém externo

#### 5.1.4 Definição do processo de *reflash* (processo de retrabalho)

Uma outra medida, prendeu-se com a realização de um procedimento que contenha o plano de ação quando se detetam problemas de qualidade em produtos que estejam no domínio do armazém externo. Por vezes, quando os produtos são inseridos nos automóveis é detetado um problema de incompatibilidade no software e é necessário efetuar retrabalhar os produtos.



Assim, foi definido como se irá proceder caso um problema seja detetado quando o produto já se encontra no armazém avançado ou até mesmo no cliente, por forma a resolver a situação o mais rápida e eficazmente possível, colmatando situações de impasse tais como:

- O que efetuar aos produtos que se encontram no armazém? Vão ser enviados de volta para Bosch de Braga ou o retrabalho vai ser realizado no armazém externo?
- Que produtos usar para satisfazer as próximas encomendas?
- Quem serão os intervenientes envolvidos na resolução do problema?
- Que tipo de informação terá de ser transmitida?
- Quais os colaboradores que terão de ser informados sobre o problema?

Na Tabela 2 é apresentada uma proposta das atividades necessárias e dos respetivos responsáveis, em que “S” significa dar suporte, “I” ser informado e “R” ser o responsável.

Tabela 2- Matriz de Responsabilidades (RASIC)

Nº	Atividades	QM	LOP	EDL
1	Informar o armazém que as peças têm de ser bloqueadas	R		
2	Informar LOP que as peças vão ser bloqueadas	R	I	
3	Informar qual a localização exata das peças e as quantidades (Braga, em trânsito, EDL, cliente Audi)	I	R	S
4	Informar o engenheiro residente na Alemanha responsável pela qualidade que as peças bloqueadas terão de ser reparadas	R		
5	Informar quanto tempo a reparação irá demorar	R	I	
6	Informar quem irá reparar as peças	R	I	
7	Quantas peças irão voltar para o stock normal e quantas terão de ser sucatadas	R	I	I
8	Informar quantas peças estão reparadas e de volta ao stock disponível	S	I	R
9	Informar em que sequência as peças reparadas vão ser inseridas	I	I	R
10	Informar como proceder com os envios/ Qual o stock que deve ser utilizado	R	S	I

### 5.1.5 Criação de standard para implementação de projetos JIS

Com o objetivo de colmatar todos os problemas que advém da falta de informação transmitida ao longo da cadeia de valor foi desenvolvido um processo para implementação do *Just in Sequence*, com base na experiência adquirida na participação do projeto Audi JIS.

Tabela 3 - Principais *milestones* em projetos JIS

Nº	Quando	Ação	Departamento Responsável
1	Fase 2 - Cotação do Projeto	Receção dos requisitos logísticos do cliente na fase de cotação	CM/LOC-Hi
2	Fase 3 - Conceção do projeto	Analisar as principais <i>milestones</i> do projeto e iniciar a definição da equipa JIS	CM/LOC-Hi
3	Fase 3 - Conceção do projeto	Reunião com a equipa de projeto	CM/LOC-Hi
4	Fase 4 - Desenvolvimento do Produto	Realização das tarefas relacionadas com os requisitos do cliente	JIS Team
5	Fase 4 - Desenvolvimento do Produto	Preenchimento de um documento com todos os processos e requisitos definidos	JIS Team
6	Fase 4 - Desenvolvimento do Produto	Assinar documento e defini-lo como uma oficial diretiva para o projeto em questão	CM/LOC-Hi
7	Fase 4 - Desenvolvimento do Produto	Reuniões semanais para atualização do estado das tarefas	BrgP-LOP
8	Fase 5 - Finalização do Projeto	Debate sobre a aprendizagem e sugestão de melhorias para futuros projetos JIS	BrgP-LOP



Durante a fase de cotação do projeto é esperado que um colaborador do departamento de custos logísticos receba os requisitos do cliente. Foi desenvolvida uma lista de requisitos considerados relevantes para os projetos Just in Sequence, para que assim que seja estabelecido o contacto com o cliente, seja possível esclarecer alguns detalhes pertinentes sobre o projeto. A lista é apresentada em seguida, na Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos do cliente

		<b>Check Point</b>
<b>Requisitos IT</b>	- Que tipo de mensagens EDI serão enviadas?	
	- Qual o seu conteúdo?	
	- Com que frequência serão enviadas?	
	- Qual o horizonte temporal de cada mensagem?	
	- Necessitam de alguma informação? (estado da sequência, quantidades de stock)	
<b>Requisitos de Embalagem</b>	- Especificações da embalagem	
	- Unidades por embalagem	
	- Etiquetas no produto, na embalagem e na paleta (localização das mesmas na embalagem e conteúdo)	
	- Durante o sequenciamento existirão diferentes referências de produtos na mesma embalagem?	
<b>Requisitos Logísticos</b>	- Contratar armazém externo?	
	- Responsável pelo transporte do produto? Bosch ou cliente?	
	- Frequência de entregas	
	- Dias de Stock em Braga e/ou no armazém externo	
	- Ordem das embalagens nas paletes	
	- Ordem das paletes no camião	
<b>Requisitos de Qualidade</b>	- Após anunciar mudança de software quanto tempo existe para envio dos novos produtos?	
	- Requisitos de manuseamento de material, estado do produto e das embalagens	
	- Requisitos relacionados com o FIFO	
	- Requisitos relacionados com o processo de reflash	
	- Documentos a ser preenchidos	
<b>Modelo de Negócio</b>	- 3PP, 4PP, self-billing...	
<b>Outros requisitos</b>		

A coluna referente ao “check point”, deve ser preenchida de acordo com a legenda apresentada na .

Tabela 5 para que seja possível uma monitorização dos requisitos conhecidos.

Tabela 5 - Legenda do Check-Point

<b>Check Point</b>	<b>Legenda</b>
	Requisito conhecido
	Requisito abordado, à espera de mais detalhes
	Requisito desconhecido
	Não aplicável. Não existe especificações sobre o assunto em causa



De seguida, torna-se necessário definir uma equipa para trabalhar nos requisitos do cliente, de modo a que os mesmos possam ser satisfeitos. De acordo com o projeto da Audi JIS, tornou-se evidente que era necessário incorporar na equipa membros dos departamentos apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Lista de membros da equipa

<b>Team Members Department/ Function</b>	<b>Names</b>
<i>Project Manager</i>	
<i>Customer Planner</i>	
<i>KeyUser LOG</i>	
<i>Escalation Customer Planning</i>	
<i>Packaging Development</i>	
<i>Warehouse.Specialist LOG</i>	
<i>BrgP-LOQ</i>	
<i>CM-LOQ</i>	
<i>QMM</i>	
<i>Plant Project Manager</i>	
<i>Samples Shop Coordinator</i>	
<i>FMEA Expert</i>	
<i>Sales</i>	
<i>Development Project Manager</i>	
<i>Plant Production</i>	
<i>BrgP-LOC</i>	
<i>Accounts Receivables RB GmbH</i>	
<i>Plant Controlling (transfer price)</i>	
<i>Taxes</i>	
<i>Quality Audit</i>	
<i>Logistics IT</i>	

O gestor do projeto é responsável por definir uma data, em concordância com os membros da equipa, para a realização de uma reunião que deve ser regida pelo protocolo abaixo apresentado, na Tabela 7.

Tabela 7 - Agenda da reunião de equipa do projeto

	<b>Tópicos</b>	<b>Departamento Responsável</b>
1	Apresentação da equipa e das responsabilidades	CM/LOC-Hi
2	Apresentação geral do projeto (cliente, produto, requisitos gerais, previsões de encomendas)	CM/LOC-Hi
3	Definição geral do fluxo de informação e de material da cadeia de valor	JIS Team
4	Apresentação dos requisitos do cliente para o projeto	
	4.2 Requisitos IT	CM/LOI
	4.3 Requisitos da Embalagem	CM/LOD
	4.4 Requisitos Logísticos	CM/LOC-Hi
	4.5 Requisitos de Qualidade	CM/LOQ + BrgP-QMM
	4.6 Modelo de Negócio	CM/LOC-Hi
	4.7 Outros requisitos	CM/LOC-Hi
5	Definição das tarefas para implementação do projeto e dos responsáveis	JIS Team
6	Definição da data de conclusão das tarefas e cálculo do <i>critical path</i>	JIS Team
7	Encerramento da reunião	JIS Team

Como ilustrado na Tabela 7, durante a reunião devem ser discutidas as tarefas que cada elemento deve realizar no âmbito da implementação do projeto *Just in Sequence*. As ações estão divididas em três



secções, as que envolvem diretamente o cliente, as que estão relacionadas com o armazém externo e com as atividades realizadas no mesmo e, por último, ações que necessitam de ser realizadas internamente na Bosch.

Na Tabela 8, são apresentadas ações que foram identificadas como as mais relevantes para o projeto Audi JIS, para que possa ser um pilar para projetos futuros.

Tabela 8 - Ações para implementação do projeto JIS

	<b>Ação</b>	<b>Responsável</b>
<b>1</b>	Tarefas relacionadas com o cliente	
1.1	Agendar reunião para abordar o processo de planeamento e controlo da produção	BrgP-LOP
1.2	Planear a visita à empresa do cliente	CM/LOC-Hi
1.3	Mapear o processo de planeamento baseado nos requisitos do cliente	BrgP-LOP
<b>2</b>	Tarefas relacionada com o armazém externo	
2.1	Horário da janela de descarga no armazém externo	CM/LOC-Hi
2.2	Processo para dar informaticamente entrada do material no armazém	BrgP-LOG
2.3	Processo para dar informaticamente saída do material no armazém	BrgP-LOG
2.4	Definir como a Bosch de Braga terá informaticamente o controlo do stock e do estado do das sequências no armazém externo (envio de mensagens eletrónicas para o sistema SAP)	BrgP-LOP
2.5	Definir localização e conteúdo das etiquetas e códigos de barra	BrgP-QMM
2.6	Definir processo para garantir a rastreabilidade de cada produto	BrgP-LOG + BrgP-QMM
2.7	Preparar uma <i>checklist</i> para a visita ao armazém externo	JIS Team
2.8	Agendar visita ao armazém externo	CM/LOC-Hi
2.9	Definir processo para retorno da embalagem retornável do cliente para o armazém externo e do armazém externo para a Bosch de Braga	BrgP-LOP + CM/LOD
2.10	Atualizar a lista de contactos no armazém externo	BrgP-LOP + CM/LOD
2.11	Processo para bloquear produtos com problemas de qualidade no armazém externo ou em direção ao armazém	BrgP-LOP + BrgP-MFE
2.12	Definir processo de controlo das condições de humidade e temperatura	CM/LOQ + BrgP-QMM
2.13	Definir equipamento de proteção (batas, luvas, sapatos...)	BrgP-QMM
2.14	Definir instruções de trabalho para manuseamento dos produtos	CM/LOQ + BrgP/QMM + BrgP-LOG
2.15	Definir processo para preservar paletes abertas	CM/LOQ + BrgP/QMM + BrgP-LOG
2.16	Definir processo de sucate no armazém externo	BrgP-LOP+BrgP-LOP
2.17	Definir processo para o caso de diferenças de inventário no armazém externo	CM/LOC-Hi
2.18	Definir processo de reclamação do armazém externo - Braga	CM/LOD+BrgP-LOP
2.19	Definir processo de reclamação do cliente - armazém externo (embalagens, etc)	BrgP-LOP + BrgP-LOP + BrgP-QMM
2.20	Agendar auditoria ao armazém externo	CM/LOC-Hi
2.21	Calcular o menor custo para processo de <i>reflash</i> (retornar para braga ou realizar o <i>reflash</i> no armazém externo)	CM/MFE + CM/LOC-Hi
2.22	Definir processo de <i>reflash</i> (fluxo de informação e de material no armazém externo)	BrgP-QMM
2.23	Requerer análise de FMEA dos processos internos do armazém externo	CM-LOQ + CM/LOC-Hi
2.24	Definir entidade para avaliar a FMEA do armazém externo	BrgP-MFE
2.25	Definir processo de escalonamento de problemas que surjam no armazém externo	BrgP-LOP



É ainda esperado que seja definido para cada atividade a data limite de conclusão da ação em questão. Também deve ser definida a periodicidade das reuniões de projeto para a realização da atualização do estado das ações.

Durante as reuniões de *follow up* o moderador deve começar por verificar se as ações com data de término ultrapassadas já estão concluídas. Caso as tarefas estejam finalizadas, o responsável deve realizar uma breve apresentação das ações e das decisões tomadas, assim como do resultado proposto. Caso as tarefas não estejam terminadas, o responsável deve apresentar as razões que impediram a sua finalização e devem ser discutidas em equipa as possíveis soluções para os problemas encontrados.

## 5.2 Implementação de um novo modelo de planeamento da produção

Segundo a literatura um planeamento nivelado é aquele que permite melhores resultados de produtividade. Simultaneamente, o modo de controlo pull é considerado o modelo de controlo da produção mais vantajoso, uma vez que permite um inventário reduzido e um fluxo de informação de materiais simples e eficaz. Deste modo, uma proposta de melhoria passa pela implementação de um sistema *pull leveling*, em que o planeamento do *pacemaker* é nivelado e todas as operações que o precedem são apenas desencadeadas por kanbans, quando existe realmente necessidade. Assim, este subcapítulo visa explicar todas as ações necessárias para a implementação do *pull leveling*.

Na Figura 37 é apresentado um esboço da visão futura dos fluxos de informação e de materiais ao longo da cadeia de valor.

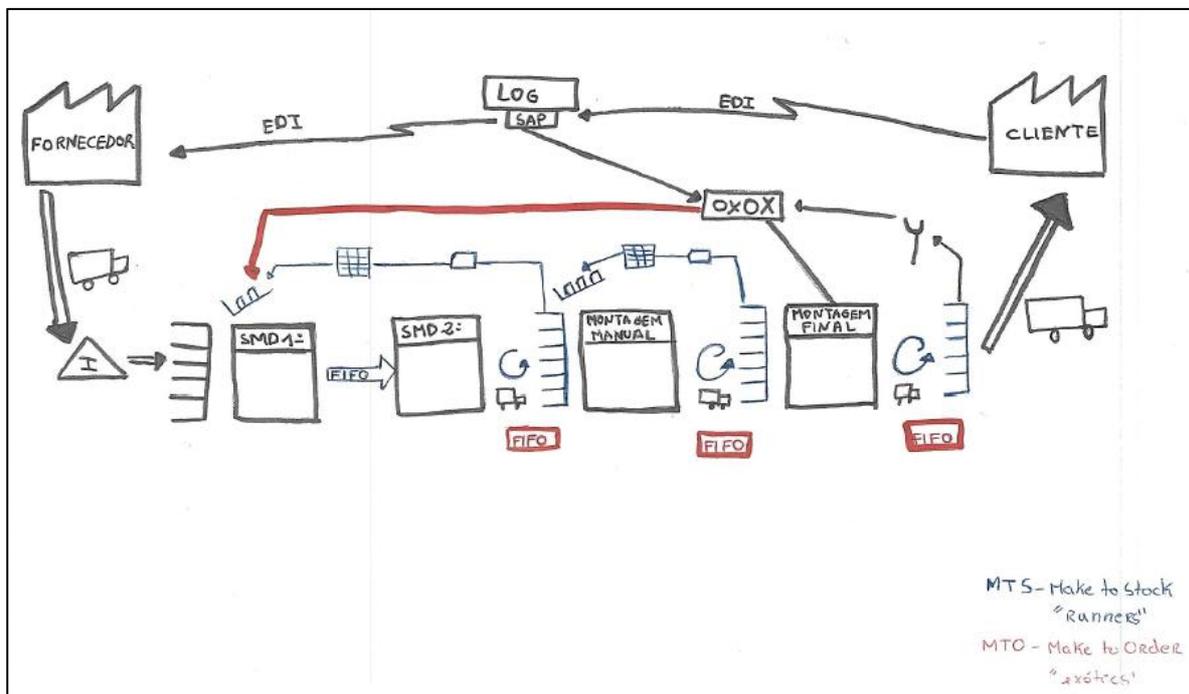


Figura 37 - Conceito *Pull Leveling*

O objetivo é que haja um único plano de produção no sistema, direcionado para a linha de montagem final. Por sua vez, o plano de produção distinguirá dois tipos de produtos, os produtos de elevada rotação, designados de *runners* e os produtos com reduzido volume de procura ou procura instável, designados de *exóticos*. Os produtos do tipo *runner* estarão em supermercados e o consumo de componentes, resultante da produção na linha de montagem final, desencadeará a movimentação de kanbans no



sentido inverso ao fluxo de materiais. Os kanbans correspondentes aos produtos consumidos serão enviados para a construção do lote e quando estes estiverem completos será formulada uma ordem de produção para o processo antecessor, que será exposta no sequenciador, e assim sucessivamente.

Por outro lado, as ordens de produção dos produtos exóticos (a vermelho na Figura 37), são diretamente enviadas para o sequenciador do primeiro processo da cadeia de valor e os materiais produzidos são colocados numa fila de FIFO. Definiu-se ainda que os produtos exóticos têm prioridade relativamente aos produtos *runner*, por isso, sempre que existirem produtos exóticos na linha de FIFO devem ser selecionados para produção, assim que o lote de produção em vigor termine. Isto permite uma redução do *lead time* dos produtos exóticos e assegura que não há reposição de produtos exóticos, evitando assim *overstocks*.

Segundo as normas da Bosch, o procedimento de implementação do *levelling* inclui a a seleção do *pacemaker process*, a definição do período de nivelamento, a análise da rotatividade dos produtos, a análise do comportamento das encomendas do cliente, o cálculo da capacidade, o desenvolvimento dos EPEI, o cálculo dos lotes de produção, o desenvolvimento do plano de produção nivelado, o cálculo do número de *Kankans* no circuito e, por fim, o desenvolvimento do quadro *heijunka*. Assim sendo, foi elaborada uma ferramenta através do programa Microsoft Office Excel onde é possível realizar todos os cálculos necessários para a realização do *leveling*.

Para a implementação do sistema *pull*, recorreu-se a um software de controlo da produção, o SMC, que permite a movimentação eletrónica de kanbans, a gestão de stocks de supermercados, a otimização de sequências de produção e apresentação das ordens de produção.

### 5.2.1 Seleção do pacemaker process

O primeiro passo para a implementação do *pull leveling* prendeu-se com a definição do *pacemaker process*. Este processo é o único processo que recebe o planeamento de produção nivelado gerado de acordo com os pedidos do cliente, sendo o ritmo de produção dos processos a montante desencadeado pelo comportamento deste processo.

De modo a escolher o processo mais vantajoso para a implementação foram considerados as seguintes condições:

- Escolher um processo o mais próximo possível do cliente
- Escolher o processo cujo tempo de ciclo é maior, representando o *bottleneck* do processo produtivo.
- Escolher um processo flexível e estável

Tendo estes fatores em consideração, foi definido que o *pacemaker process* seria a linha de montagem final, uma vez que é simultaneamente o *bottleneck* da cadeia de valor e o processo mais próximo do cliente.

No caso concreto deste projeto de implementação, foi escolhida como linha piloto a linha de montagem final 2N08, devido ao facto de ser uma das linhas mais estáveis da empresa, com uma pequena variedade de produtos, facilitando a implementação de um projeto piloto, nunca antes implementado.



### 5.2.2 Definição do Período de Nivelamento

O segundo passo da implementação do nivelamento relacionou-se com a definição do período de nivelamento. O período de nivelamento idealmente deve ser definido tendo em conta as flutuações planeadas do cliente, a qualidade das previsões de encomendas do cliente, o tempo de atravessamento do pacemaker e o tamanho do lote.

No presente caso de estudo, e uma vez que se trata de um projeto piloto, definiu-se para o início da implementação um período de nivelamento de duas semanas, sendo que a perspetiva é aumentar o horizonte de nivelamento gradualmente, assim que os processos estiverem estabilizados. Um período de nivelamento de duas semanas permite conceder alguma estabilidade na cadeia de valor e simultaneamente permite salvaguardar os riscos associados a eventuais oscilações do cliente.

No caso concreto deste exemplo, o período de nivelamento definido abrangeu a semana 23 e 24 do ano de 2018.

### 5.2.3 Classificação dos Produtos

A terceira etapa para a implementação do nivelamento passou pela classificação dos produtos em *high runners* ou exóticos. Primeiramente, foi elaborada uma listagem de todos os produtos produzidos na linha. De seguida, foi efetuado o cálculo das previsões da procura para um horizonte de 2 semanas. Posto isto, foi elaborada uma análise de Pareto, por forma efetuar uma classificação ABC aos produtos tendo em conta procura. Foram tidos em conta dos seguintes critérios:

- Produto A: 20% dos produtos correspondam a 80% da procura.
- Produto B: 30% dos produtos, representam 15% da procura.
- Produto C: 50% das referências, representam 5 % da procura.

Seguidamente, foi analisada a frequência de pick up do cliente para cada referência. A classificação foi

- Produto X: Procura regular, pick up em média maior ou igual e três vezes por semana
- Produto Y: Procura com flutuação, pick up em média menor ou igual a 1 vez por semana
- Produto Z: Procura irregular, pick up em média menor ou igual a 1 vez por mês

Por fim, e considerando os resultados da análise ABC e XYZ, os produtos foram classificados em exóticos e runners.

		Volume no período do Leveling		
		A	B	C
Pick up	X Regular	Runner	Runner	Runner/Exotics
	Y Alguma flutuação	Runner	Runner/Exotics	Exotics
	Z Irregular	Runner	Exotics	Exotics

Figura 38 - Classificação dos produtos considerando o *pick up* e o volume da procura

Os resultados da análise e a classificação dos produtos é apresentada na Tabela 9.



Tabela 9 - Análise ABC e XYX e classificação dos produtos

PN	Total encomendas	Freq.	Freq. Acum.	Quantidade	Quant. Acum.	Classificação ABC	Classificação XYZ	Classificação Runner/Exotic
751340058955L	7200	20%	20%	93.66%	93.66%	A	X	Runner
751340056755L	300	20%	40%	3.90%	97.57%	B	X	Runner
7513400547829	180	20%	60%	2.34%	99.91%	B	X	Runner
7513400566BXT	5	20%	80%	0.07%	99.97%	C	Z	Exotic
751340081255L	2	20%	100%	0.03%	100.00%	C	Z	Exotic
<b>Procura Total</b>	7687							
<b>Frequência total</b>	5							

#### 5.2.4 Análise da Flutuação do cliente

A análise da flutuação do cliente é um dos principais passos para a implementação do nivelamento. Esta análise é o principal *input* para o cálculo da quantidade de stock segurança necessária e para determinar o número de kanbans necessários no quadro *heijunka*, no início do período de nivelamento.

A análise foi realizada para cada referência através da comparação da procura planeada pelo cliente na data de criação do plano de produção e a procura real das últimas dez semanas. Na Tabela 10 é apresentado um exemplo que contempla apenas duas semanas de análise.

Tabela 10 - Análise da flutuação do cliente

	CW21					CW22					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
Procura planeada do cliente	620	1300	1360	0	380	120	330	330	1000	80	
Procura Acum. planeada do cliente	620	1920	3280	3280	3660	3780	4110	4440	5440	5520	
% Procura Acum. planeada do cliente	11%	35%	59%	59%	66%	68%	74%	80%	99%	100%	
Procura atual do cliente	550	1230	930	0	670	120	600	800	1000	80	
Procura Acum. atual do cliente	550	1780	2710	2710	3380	3500	4100	4900	5900	5980	
% Procura Acum. atual do cliente	9%	30%	45%	45%	57%	59%	69%	82%	99%	100%	
Cum. Delta	-2%	-5%	-14%	-14%	-10%	-10%	-6%	2%	0%	0%	
	A maior percentagem positiva corresponde ao desvio que é a base do SA2 Supermercado =					2%	A maior percentagem negativa corresponde ao desvio que é a base do SA2 do Nivelamento =				

A análise é realizada subtraindo ao valor da procura real acumulada, o valor da procura planeada acumulada, sendo o resultado do cálculo apresentado a vermelho na Tabela 10. Os valores podem ser interpretados da seguinte forma:

- O maior valor positivo de variação acumulado corresponde ao maior aumento de procura avaliado, pelo que o valor desse desvio será considerado para o cálculo do stock de segurança no supermercado.
- O maior valor negativo de variação acumulado corresponde à maior diminuição da procura do cliente, pelo que esse valor será considerado para o cálculo do número kanbans extra necessários no quadro de nivelamento.



### 5.2.5 Cálculo da Capacidade

Com o objetivo de calcular a capacidade disponível foi necessário recolher dados sobre o tempo total disponível para um dia de trabalho normal, assim como o tempo de pausas planeado. De seguida, foi necessário recolher informação sobre o histórico do OEE – *Overall Equipment Effectiveness*, de modo a determinar o tempo disponível considerando as perdas.

Na Figura 39 é possível verificar como o cálculo é realizado. Primeiramente, é retirado ao tempo total disponível o tempo referente às paragens planeadas. Note-se que, as paragens planeadas são aquelas que cuja duração, hora de início e de fim da pausa, são conhecidas na data de realização do plano de produção. De seguida, é calculada a capacidade oferecida, através da multiplicação do Tempo de Operação Planeado pelo OEE.

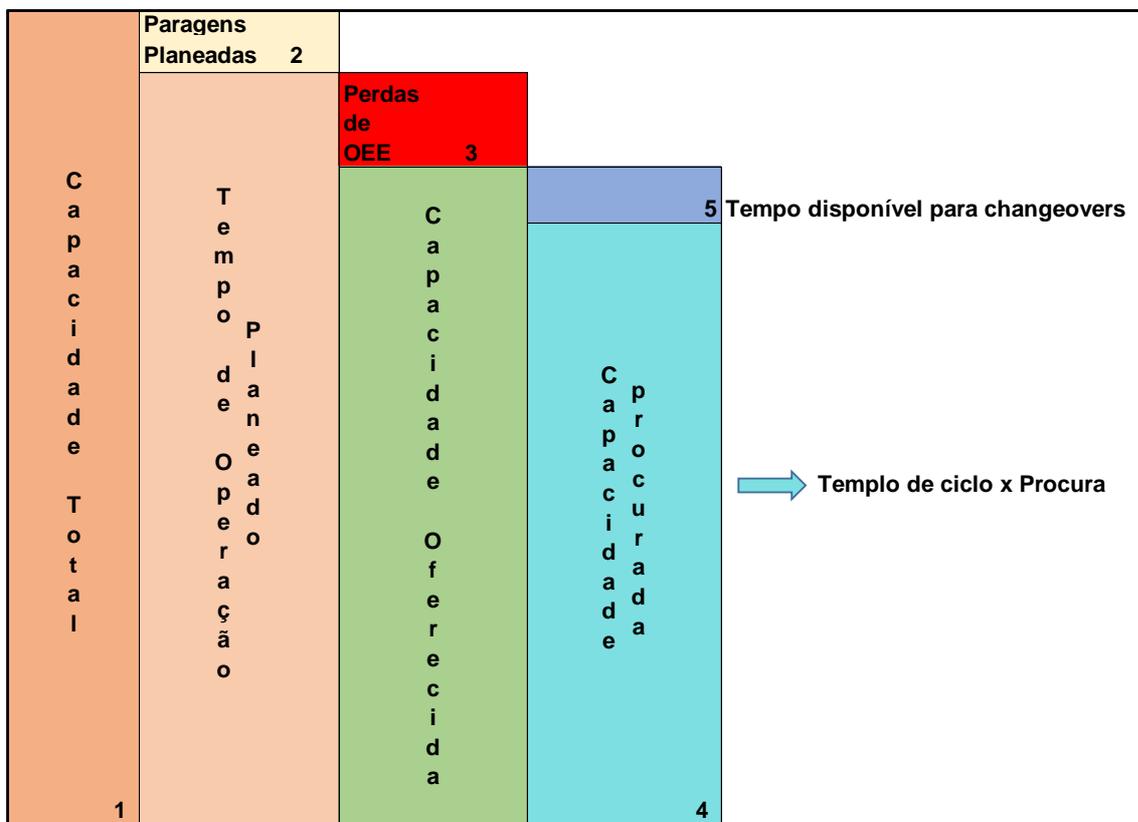


Figura 39 - Gráfico cálculo de capacidade

O próximo passo para o cálculo da capacidade, prende-se com o cálculo do tempo de produção necessário para satisfazer a procura, segundo a equação:

$$\text{Tempo Necessário} = \text{Quantidade a produzir} \times \text{Tempo de Ciclo}$$

Para definir a quantidade de produção do período de nivelamento, dever ser realizada uma breve análise à procura e à capacidade definida para pelo menos os dois próximos períodos. Para tal, pode ser útil analisar um gráfico de capacidades como o apresentado na Figura 40. De modo a suavizar o impacto das variações nas quantidades encomendadas, a quantidade de planeamento de produção dos produtos *runners* pode ser maior ou menor do que a procura dentro do período. Isto é, dependendo da análise realizada a longo prazo, pode-se estar perante um período de construção de stock, consumo de stock ou numa fase estável, em que apenas se produz de acordo com as encomendas.



Através da análise do gráfico apresentado na Figura 40, é possível concluir que na CW28 a procura é superior à capacidade produtiva, pelo que é esperado que anteriormente a este período de nivelamento se tenha construído stock capaz de suportar esta flutuação. Por outro lado, a partir da CW29, é previsto que a capacidade existente é suficiente para suportar a procura, pelo que é possível iniciar o período de nivelamento (CW29-CW30) sem stocks adicionais ao de segurança.

Pelo contrário, as quantidades do plano de produção dos produtos classificados como exóticos, devem ser sempre equivalentes às quantidades encomendadas pelo cliente dentro desse período (Make to Order), para que não que haja produção para stock.

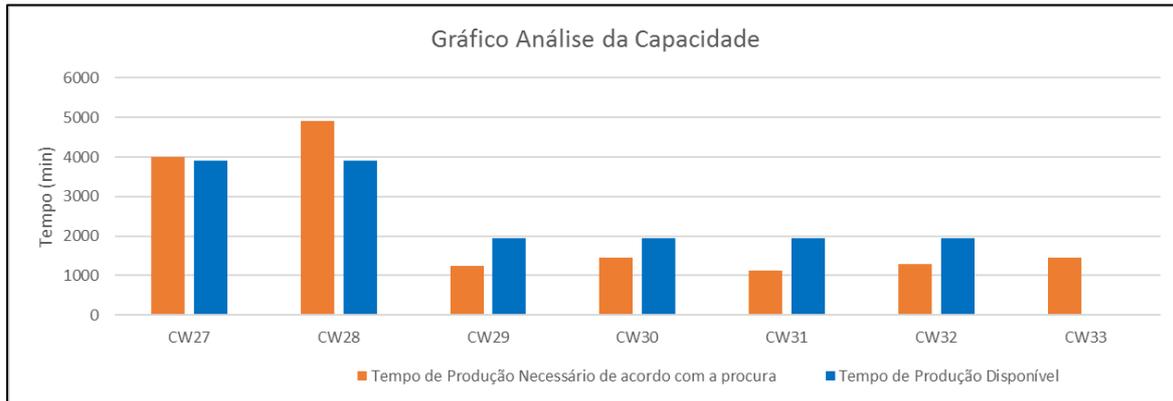


Figura 40 - Análise da capacidade nos próximos períodos de nivelamento

Assim, após a definição das quantidades a produzir, o próximo passo foi o cálculo do tempo necessário para satisfazer a procura, segundo a equação:

$$\text{Tempo Necessário} = \text{Quantidade a produzir} \times \text{Tempo de Ciclo}$$

O cálculo do tempo de produção necessário por dia é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo do tempo de produção diário necessário

PN	Quantidade/ período	Quantidade/ dia	Tempo de Ciclo (min)	Tempo de produção necessário/dia (min)
751340058955L	7200	720	1.13	813.6
751340056755L	300	30	1.13	33.9
7513400547829	180	18	1.13	20.34
7513400566BXT	5	0.5	1.13	0.565
751340081255L	2	0.2	1.13	0.226
<b>Total</b>	<b>7687</b>	<b>768.7</b>		<b>868.631</b>

Tendo em conta o tempo total de produção necessário, realizou-se o cálculo de capacidade para averiguar se existe capacidade para satisfazer a procura e para determinar o número de mudanças de linha possíveis. Os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 12.

O tempo total disponível foi determinado tendo em consideração uma base diária, neste caso, existem dois turnos, pelo que perfaz um tempo disponível de 960 minutos. Para o cálculo do tempo relativo às paragens planeadas, considerou-se igualmente as paragens dos dois turnos. Através da subtração das paragens ao tempo disponível foi obtido o tempo de produção planeado, que é igual a 914 minutos. De



seguida, este tempo foi multiplicado pelo OEE, de modo a deduzir as perdas ao tempo de produção planeado, obtendo-se o tempo real de produção de 877 minutos. Comparando este tempo com o total necessário, calculado na Tabela 11, foi possível deduzir que existem 8 minutos disponíveis para mudanças de linha. Posto isto, e tendo em consideração que o tempo de mudança de linha é igual a um minuto, é possível concluir que existe a possibilidade de realizar oito mudanças por dia.

Tabela 12 - Cálculo da capacidade e nº de mudanças de linha disponíveis

Tempo total disponível (min)	960
Paragens planeadas (min)	46
Tempo de produção planeado (min)	914
OEE	0.96
Tempo real de produção disponível (min)	877.44
Tempo de produção necessário (min)	868.631
Tempo disponível para mudanças de linha	8.809
Tempo médio de cada mudança de linha (min)	1
Nº de mudanças de linha disponíveis	8.809

#### 5.2.6 Desenvolvimento dos EPEI

A definição do EPEI para cada referência, representa o intervalo de dias para que uma referência volte a ser produzida. Por exemplo, se uma dada referência tem EPEI igual a 1, é produzida diariamente, EPEI igual a 2, é produzida dia sim dia não, EPEI igual a 3, significa que a referência é produzida de três em três dias e assim sucessivamente.

O EPEI de cada referência, apresentado na Tabela 13, foi definido tendo em conta o número de mudanças de linha disponíveis e a frequência de *pick up* do cliente.

Tabela 13 - Definição do EPEI

PN	EPEI
751340058955L	1
751340056755L	1
7513400547829	1
7513400566BXT	10
751340081255L	10

#### 5.2.7 Determinação do número de peças por kanban

A definição do número de peças por kanban foi definida considerando as restrições relativamente ao múltiplo de caixa e o mínimo múltiplo das encomendas do cliente. O número de peças por kanbans, vulgarmente designado por NPK é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Definição do número de peças por kanbans

PN	NPK (uni)
751340058955L	10
751340056755L	10
7513400547829	10
7513400566BXT	1
751340081255L	1



O tamanho do lote foi definido tendo em consideração o EPEI. O tamanho do lote de cada referência é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Definição do tamanho do lote

PN	Tamanho do Lote (uni)	Tamanho do Lote (nº de Kanbans)
751340058955L	720	72
751340056755L	30	3
7513400547829	20	2
7513400566BXT	5	5
751340081255L	2	2

### 5.2.8 Desenvolvimento do plano de produção nivelado e definição da sequência produtiva

O plano de produção deve ser realizado de acordo com o EPEI e com o múltiplo de kanbans. Na Tabela 16 é apresentado o plano de produção nivelado para o exemplo de acordo com os resultados dos passos anteriores.

Tabela 16 - Plano de Produção Nivelado

PN	Segunda	Seq.	Terça	Seq.	Quarta	Seq.	Quinta	Seq.	Sexta	Seq.	Segunda	Seq.	Terça	Seq.	Quarta	Seq.	Quinta	Seq.	Sexta	Seq.	Total
751340058955L	720	4	720	4	720	3	720	3	720	3	720	3	720	3	720	3	720	3	720	3	7229
751340056755L	30	3	30	3	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	30	2	320
7513400547829	20	2	20	2	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	20	1	211
7513400566BXT	5	1																			5
751340081255L			2	1																	2
Total																					7765

Denote-se que, foi tido em consideração que a sequência produtiva fosse similar para cada dia, assim como as quantidades a produzir ao longo do período de nivelamento, com o objetivo de minimizar as variações do consumo de componentes ao longo da cadeia de valor. Simultaneamente, pretende-se evitar os erros humanos através da repetição de uma sequência de produção.

### 5.2.9 Cálculo do Número de kanbans

A presente etapa para a implementação do nivelamento tem como objetivo calcular o número de kanbans de cada referência do tipo *runner* necessários no loop linha de montagem final e supermercado de produto final.

O número de kanbans necessários é calculado em dois passos. O primeiro tem em consideração os três locais onde os kanbans são necessários, nomeadamente no processo, no supermercado e no quadro de nivelamento. Por sua vez, o segundo passo prende-se com cálculo do número de kanbans necessários para cobrir o tempo de reposição dos produtos, o número de kanbans necessários para cobrir o tamanho do lote, o número de kanbans necessários para cobrir as flutuações planeadas do cliente e o número de kanbans de segurança necessários. O objetivo do primeiro passo é mostrar a situação inicial necessária, assim como a localização dos kanbans no início do período de nivelamento. Por outro lado, o segundo passo, através do cálculo dos vários fatores, permite-nos ganhar transparência das causas da quantidade de kanbans total necessária. A explicação dos cálculos é apresentada detalhadamente ao longo deste capítulo em relação a uma das referências do tipo *runner*, nomeadamente à referência 7513.400.589-55L.



a) Cálculo do número de kanbans no supermercado, no quadro de nivelamento e no processo

A presente etapa tem como objetivo calcular o número de kanbans da referência em análise que necessitam de estar no supermercado no início do período de nivelamento, assim como o número de kanbans que necessitam de estar no quadro de nivelamento no início do período.

O número de kanbans no supermercado foi calculado através de uma simulação do fluxo de kanbans ao longo do período de nivelamento. O consumo planeado do cliente representa a saída (*outflow*) de kanbans do supermercado, uma vez que após o levantamento da encomenda do cliente os kanbans retornam para o quadro de nivelamento da linha de produção. Por sua vez, as quantidades correspondentes ao plano de produção representam a entrada (*inflow*) de kanbans no supermercado, uma vez que após as ordens de produção serem cumpridas os kanbans acompanham os produtos até ao supermercado de produto final.

O número de kanbans necessários no quadro de nivelamento foi calculado através de uma simulação das movimentações de kanbans ao longo do período de nivelamento. Neste caso, o consumo planeado do cliente representa a entrada de kanbans do quadro de nivelamento e o plano de produção representa a saída de kanbans do quadro de nivelamento, uma vez que depois da ordem de produção ser realizada os mesmos acompanham o produto final até ao supermercado, abandonando assim o quadro.

Os dados apresentados na Tabela 17 são o plano de produção e o plano de consumo do cliente:

Tabela 17 - Dados padrão de nivelamento e pick up planeado

DADOS	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Padrao de Nivelamento em peças	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Padrão de Nivelamento em Kanbans	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Retirada do cliente planeada em peças	430	1030	1370	710	0	1000	1260	1400	0	0
Retirada do cliente planeada em kanbans	43	103	137	71	0	100	126	140	0	0

Através da análise *inflow* e *outflow* de kanbans no supermercado e no quadro de nivelamento, representada na Tabela 18, foi possível calcular o valor do número de kanbans no supermercado e no quadro de nivelamento, respetivamente. Este método permite simular as entradas e saídas de kanbans no supermercado de acordo com o plano de produção e de acordo com o plano de encomendas do cliente e verificar as quantidades mínimas necessárias no início do período de nivelamento para que não haja rutura de stock nem de kanbans.



Tabela 18 - Kanbans Spot Analysis

<b>Cálculo da quant kanban no supermercado - peças em stock</b>										
Kanban no supermercado antes da retirada do cliente	0	29	-2	-67	-66	6	-22	-76	-144	-144
Saída de kanban do supermercado causado pela retirada planeada do cliente	43	103	137	71	0	100	126	140	0	0
Kanban no supermercado após a retirada planeada do cliente	-43	-74	-139	-138	-66	-94	-148	-216	-144	-144
Entrega de kanban da produção no supermercado baseado no padrão de nivelamento	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Kanban no supermercado após a entrada na produção	29	-2	-67	-66	6	-22	-76	-144	-144	-72
	Quantidade de kanban mínima no supermercado no início do período do leveling (=valor mais negativo da linha sombreada a vermelho) ->							216		
<b>Cálculo da quant kanban no quadro de nivelamento</b>										
Kanban no quadro de nivelamento antes da preparação do quadro de nivelamento	0	-29	2	67	66	-6	22	76	216	144
Entrada de kanban pelo pick up do cliente	43	103	137	71	0	100	126	140	0	0
Kanban no quadro de nivelamento após o inflow	43	74	139	138	66	94	148	216	216	144
Saída de kanbans para preparação do plano do dia seguinte	-72	-72	-72	-72	-72	-72	-72	0	-72	0
Quantidade de kanbans no final do dia	-29	2	67	66	-6	22	76	216	144	144
	Quantidade de kanban mínima no quadro de nivelamento no início do período do leveling (=valor mais negativo da linha sombreada a vermelho) ->							29		

O número de kanbans no processo diz respeito à soma do número de kanbans que possam estar em curso na linha de produção e do número de kanbans planeados para o primeiro dia do nivelamento. Neste caso em concreto, considerou-se que o número de kanbans em curso seria igual a zero, uma vez que a linha de produção não produz durante o fim de semana, e que o número de kanbans necessários para colocação do plano de produção do primeiro dia de nivelamento seria igual a 72. Sendo, portanto, o número de kanbans no processo para a referência em questão igual a 72 kanbans. Posto isto, na Tabela 19, é possível calcular o número de kanbans necessários no loop final, sem a contabilização dos fatores de segurança.

Tabela 19 - Total número de kanbans (kanbans Spot Analysis)

<b>Quantidade total de kanbans no loop</b>	Quantidade de kanbans necessária no supermercado de produto final	216
	Quantidade de kanbans necessário no quadro de nivelamento de produto final	29
	Quantidade de kanbans no processo	72
	<b>Total</b>	<b>317</b>



b) Cálculo do número total de kanbans necessários

Como mencionado anteriormente, o número de kanbans também pode ser calculado através do somatório do número de kanbans necessário para cobrir o tempo de reposição dos produtos, o número de kanbans necessários para cobrir o tempo de construção do lote, o número de kanbans necessários para cobrir as flutuações planeadas do cliente e o número de kanbans de segurança necessários. Esta fórmula tem como principal objetivo identificar quais as causas que mais contribuem para o número total de kanbans no circuito e promover a melhoria contínua.

A fórmula que a Bosch utiliza para calcular o número de total de kanbans é seguinte:

$$\mathbf{K = RE + LO + WI + SA}$$

Em que:

- RE - Replenishment Time Coverage: Kanbans necessários para cobrir o tempo de reposição de um kanban no supermercado
- LO - Lot Size Coverage: Kanbans necessários para cobrir o tempo de espera para a formação de um lote de produção
- WI - Withdrawal Peak Coverage: kanbans que cobrem todas as flutuações de encomendas do cliente planeadas
- SA - Safety Time Coverage: kanbans que cobrem todas as flutuações internas (do processo de produção) e externas (do cliente) não planeadas

Primeiramente, foi realizado o cálculo do valor RE, segundo a seguinte equação:

$$\mathbf{RE = \frac{PR \times RTloop}{POT \times NPK}} \text{ ou } \mathbf{RE = \frac{RTloop}{TT \times NPK}}$$

Em que:

- PR – Period Requirements: quantidade diária de peças a produzir
- RTloop – Replenishment Lead Time for the loop: tempo de reposição de um kanban no supermercado
- POT – Planned Operating Time: tempo útil de trabalho
- NPK – Number of Parts per Kanban: valor normalizado de peças por kanbans
- TT – Tack Time: ritmo de produção necessário para satisfazer a procura, calculado dividindo o tempo de produção (POT) pela procura do cliente (PR)

Por sua vez, o RTloop é calculado através da seguinte equação:

$$\mathbf{RTloop = RT1 + RT2 + RT3 + RT4 + RT5 + RT6}$$

Em que:

- RT1 – Tempo para movimentar os kanbans da caixa de formação de lote para o sequenciador da produção (min)
- RT2 – Máximo tempo de espera no quadro de nivelamento

O valor do RT2 não pode ser calculado exatamente, uma primeira estimativa do valor pode ser calculada segunda a seguinte equação:



$$RT2 = LS * TC + \text{Intervalo de tempo desde a reunião diária até ao início do próximo dia}$$

- RT3 – Tempo de transporte do *milkrun*
- RT4 – Tempo de set up
- RT5 – Tempo de produção do kanban
- RT6 – Tempo para transportar o lote para o supermercado

Por sua vez, o RT5 é calculado através da seguinte equação:

$$RT5 = \text{Tempo de Produção de uma peça} + (LS - 1) * TC$$

Em que:

- LS – Lot size: tamanho do lote
- TC – Tempo de ciclo

Para uma melhor compreensão dos valores que constituem o RTloop é ilustrada a Figura 41.

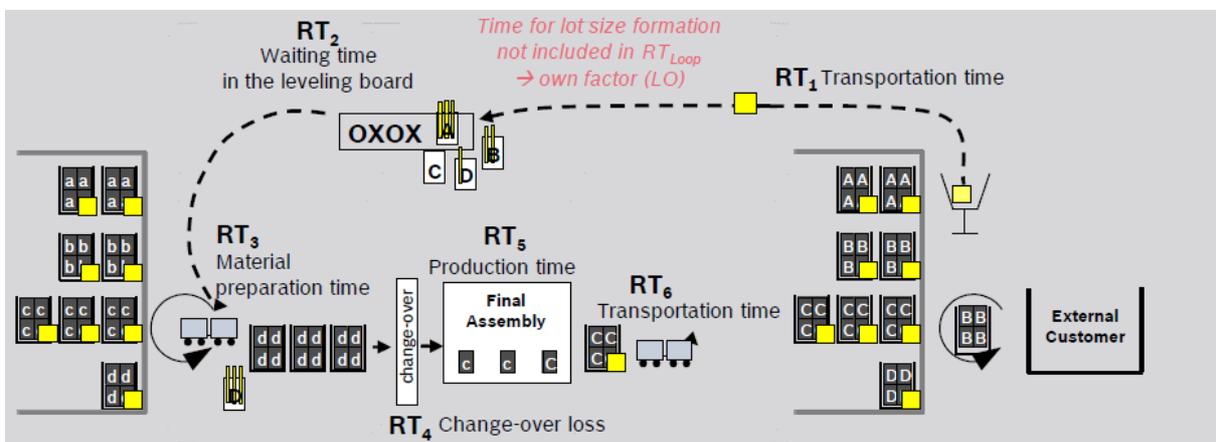


Figura 41 - Ilustração dos componentes do RTloop

Os valores calculados para cada um dos RT mencionados são apresentados Tabela 20.

Tabela 20 - Definição dos valores do RTloop

RTloop [min]					
RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	RT6
Tempo desde o levantamento da encomenda até à chegada do kanban ao quadro de nivelamento	Tempo de espera no quadro de nivelamento	Tempo de preparação do material	Change-over time	Tempo de produção de 1 kanban	Tempo de transporte para o supermercado
120	814	0	1	14.3	120

De seguida, foi calculada a variável que cobre o tempo de espera para a formação do lote. É necessário ter em consideração esta variável, uma vez que, por vezes, devido a questões de capacidade, não é possível que um kanban seja produzido isoladamente e, por isso, é necessário que sejam reunidos um conjunto de kanbans (equivalentes ao tamanho do lote) para que seja iniciada a produção desse produto. A variável LO diz respeito ao máximo número de kanbans que necessitam de estar à espera que o lote de seja construído.



Posteriormente, para o cálculo do número de kanbans necessários para suportar as flutuações esperadas do cliente (WI) recorreu-se à seguinte fórmula, que tem em consideração variáveis calculadas anteriormente:

$$WI = K \text{ processo} + K \text{ supermercado} + K \text{ quadro de nivelamento} - RE - LO$$

Por último, o número de kanbans relacionados com o stock de segurança (SA) é calculado, está relacionado com as flutuações internas não planeadas e o SA2 está relacionado com as flutuações externas não planeadas.

O SA1 sup diz respeito ao stock necessário no supermercado para assegurar as entregas ao cliente quando, por algum motivo o OEE real foi menor do que OEE planeado e consequentemente a produção foi menor do que a planeada e a entrada de kanbans (*inflow*) no supermercado também menor do que o esperado.

O SA1 lev diz respeito aos kanbans adicionais necessários no quadro de nivelamento, para ocupar a capacidade de produção disponível quando o OEE real é superior ao OEE planeado. Perante estes casos é possível reduzir *backlog*, caso este exista, ou então adiantar a produção de forma controlada.

O cálculo do SA1 sup e do SA1 lev é realizado através das seguintes equações:

$$SA1 \text{ sup} = \frac{PD \text{ sup (min)} \times POT}{PR \times NPK} \quad SA1 \text{ lev} = \frac{PD \text{ lev (min)} \times POT}{PR \times NPK}$$

Em que o PD – Performance Delta é a variação entre o OEE planeado e o real, sendo que o PD sup corresponde à maior variação acumulada com valor negativo e o PD lev corresponde à maior variação acumulada com valor positivo.

Tabela 21 - Análise do histórico do OEE para cálculo do SA1

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OEE real	98	97	98	96	50	97	87	80	86	80
OEE planeado	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Delta	8	7	8	6	-40	7	-3	-10	-4	-10
Delta Acum.	8	15	23	29	-11	-4	-7	-17	-21	-31
	PD Lev =	29 %	PD Lev (min) =	265		PD Sup =	31 %	PD Lev (min) =	283	
O maior valor positivo acumulado é o PD Lev e é a base do SA1 Lev			O maior valor negativo acumulado é o PD Sup e é a base do SA1 Sup							
SA1 Lev	21						SA1 Sup	22		

O SA2 designa os kanbans necessários para cobrir as variações desconhecidas do cliente, isto é, as variações de encomendas que ocorrem durante o período de nivelamento. O cálculo do SA2 é realizado através da seguinte equação:

$$SA2 = Desvio \times \frac{PR}{NPK}$$

Em que o desvio é a variação entre a procura planeada e a procura real dos últimos 10 períodos, calculado no 5.2.4 Análise da Flutuação do cliente. O SA2 sup considera o maior desvio acumulado positivo e o SA2 lev considera o maior desvio acumulado negativo.

Posto isto, na Tabela 22 são apresentados os valores das variáveis da fórmula RELOWISA.



Tabela 22 - Valores das variáveis da fórmula RELOWISA

PR	RTloop	POT	LS	SA1 Sup	SA1 Lev	SA2 Sup	SA2 Lev
Requirements per period [pcs/period]	Replenishment lead time for the loop [min]	Planned Operating Time [min/period]	Lot Size [pcs]	Safety Stock (internal causes)	Safety kanbans (internal causes)	Safety Stock (external causes)	Safety kanbans (external causes)
720	1066	914	720	22	21	1	10

Tendo em consideração todas as fórmulas apresentadas, assim como os resultados das mesmas, foi possível calcular o número de kanbans necessários no loop linha de montagem final apresentada na Tabela 23.

Tabela 23 – Cálculo do número de kanbans no loop através da fórmula RELOWISA

PN	Nº de kanbans	Re	LO	WI	SA
		Replenishment time coverage	Lot size coverage	Withdrawal peak coverage	Safety time coverage
7513 400 589 - 55L	371	84	71	162	54

Através da análise das variáveis é possível constatar que o que mais afeta o número de kanbans no loop são as flutuações planeadas do cliente (WI), isto é, as quantidades pedidas oscilam bastante. Por outro lado, é possível reparar que o tempo de abastecimento de um kanban no supermercado (RTloop) é superior ao tempo de consumo de um kanban (TT x NPK), uma vez que a variável RE é bastante superior a um. Por outro lado, é possível concluir que diminuindo o tamanho do lote, conseqüentemente o número de kanbans para cobrir a formação do lote diminui. Por outro lado, quando o histórico de flutuações internas e externas não planeadas estabilizar, o número de kanbans de segurança irá também diminuir. Deste modo, através da análise das variáveis da fórmula RELOWISA é possível verificar quais os fatores mais críticos no sistema e criar um processo de melhoria contínua, em que o objetivo é diminuir ao máximo o número de kanbans no circuito.

#### 5.2.10 Otimização do processo de planeamento da produção

De modo a otimizar o processo de planeamento de produção e a minimizar o tempo despendido nas tarefas de planeamento, está a ser realizada a parametrização num software designado por NivPLuS, que possui potencialidades para realizar de forma quase autónoma os passos de nivelamento descritos anteriormente. Com o recurso a esta ferramenta evitar-se-á o recurso ao *Microsoft Excel* e todas as tarefas que não acrescentam valor associadas. Assim, a ferramenta desenvolvida será apenas utilizada para formar os planeadores a compreender os conceitos e nas linhas cuja utilização do programa NivPLuS não é possível.

Paralelamente está a ser desenvolvida uma instrução de trabalho e a ser preparada uma formação para que todos os planeadores, no futuro utilizem o software para realizar todas as tarefas associadas ao planeamento da produção.



### 5.2.11 Definição do novo quadro de nivelamento

O seguinte passo prendeu-se com a definição do novo conceito do quadro de nivelamento. O quadro de nivelamento ilustrado na Figura 42, contempla um espaço para a colocação de kanbans que correspondem ao plano de produção, detém ainda uma repartição designada por “backlog” destinada aos kanbans que não foram produzidos. Tem ainda uma divisão para colocar os kanbans relativos ao stock de segurança e aos kanbans extra de segurança calculados nas etapas anteriores.

## Heijunka Board

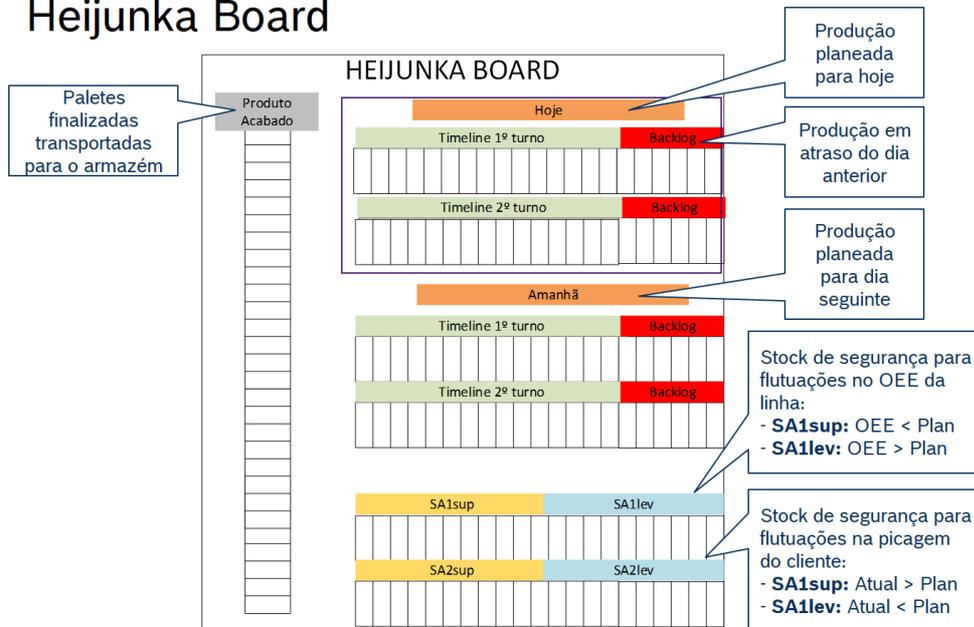


Figura 42 - Quadro de Nivelamento

Os kanbans que estão no quadro de nivelamento na repartição correspondente ao plano de produção do presente dia, serão transportados pelo *milk run* da linha durante a sua rota para o sequenciador que está posicionado junto ao primeiro posto, dando assim as ordens de produção à linha de montagem final. Quando existe um atraso de produção os kanbans começam a acumular-se no sequenciador, uma vez que o ritmo de produção está a ser menor do que o planeado. No sequenciador representado na Figura 43, existem limites de reação, cujo objetivo é visualizar facilmente esse atraso e tomar ações de acordo. Nesse sentido, foi desenvolvido um algoritmo para ser seguido quando esses limites forem atingidos. O algoritmo é apresentado na Figura 44.

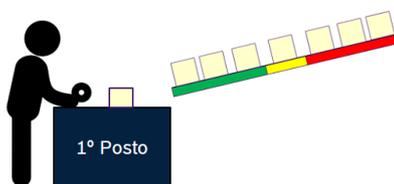


Figura 43 - Sequenciador da produção

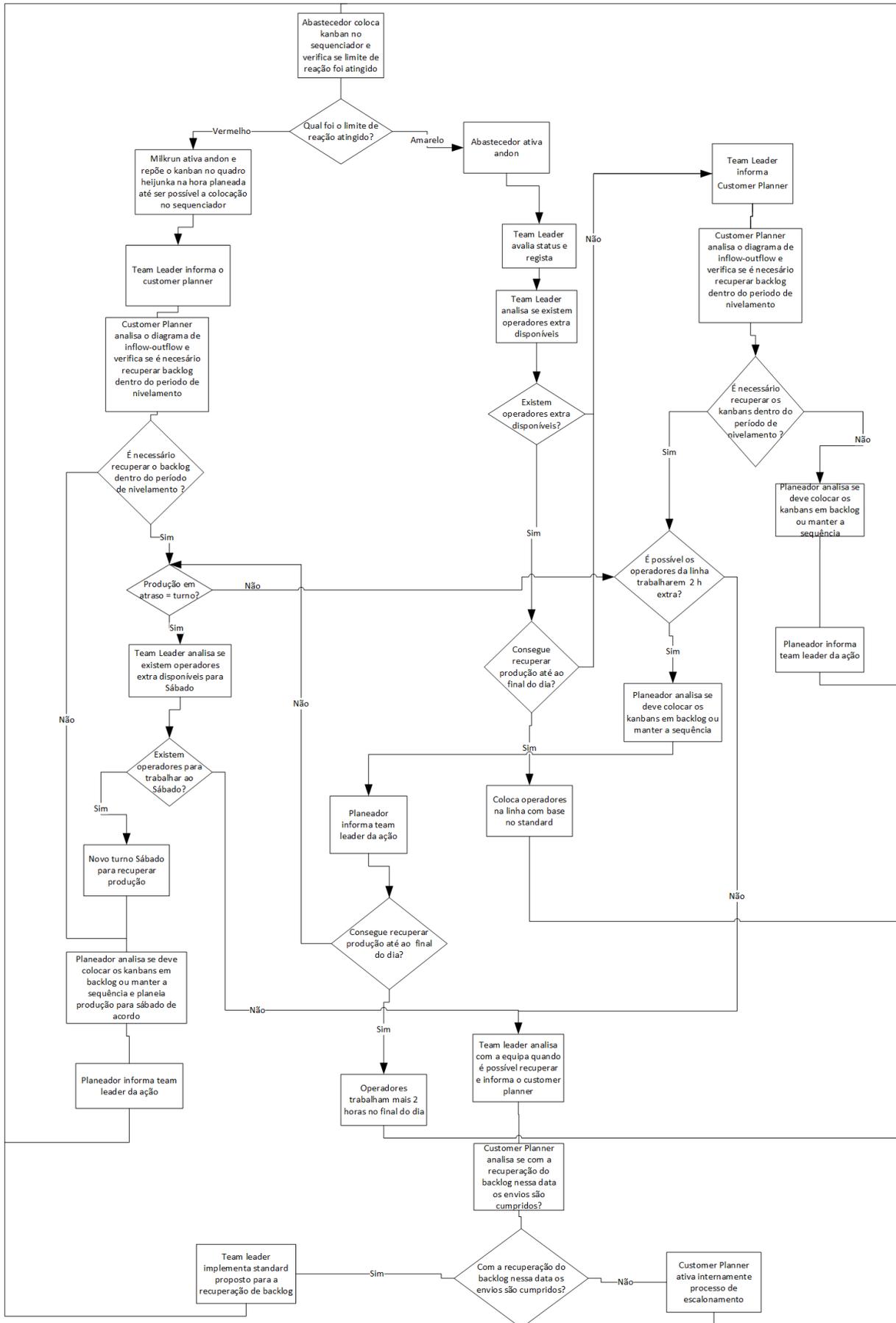


Figura 44 - Algoritmo limites de reação no sequenciador



Na reunião que ocorre diariamente entre o planeador e o chefe de linha, deve ser realizada a análise dos kanbans que voltaram do supermercado, por forma a analisar se a encomenda levantada pelo cliente do supermercado foi de acordo com a esperada. Foi criado um standard para ser seguido aquando da análise dos kanbans que retornam do supermercado. Esse algoritmo é apresentado na Figura 45 e tem por base a comparação do *pick up* real do cliente com o *pick up* planeado e a movimentação de kanbans do SA2 caso seja verificada alguma inconformidade. Após a atualização do quadro de nivelamento é possível verificar o estado da produção, das encomendas e do stock de segurança e verificar se é necessário executar algum tipo de ações.

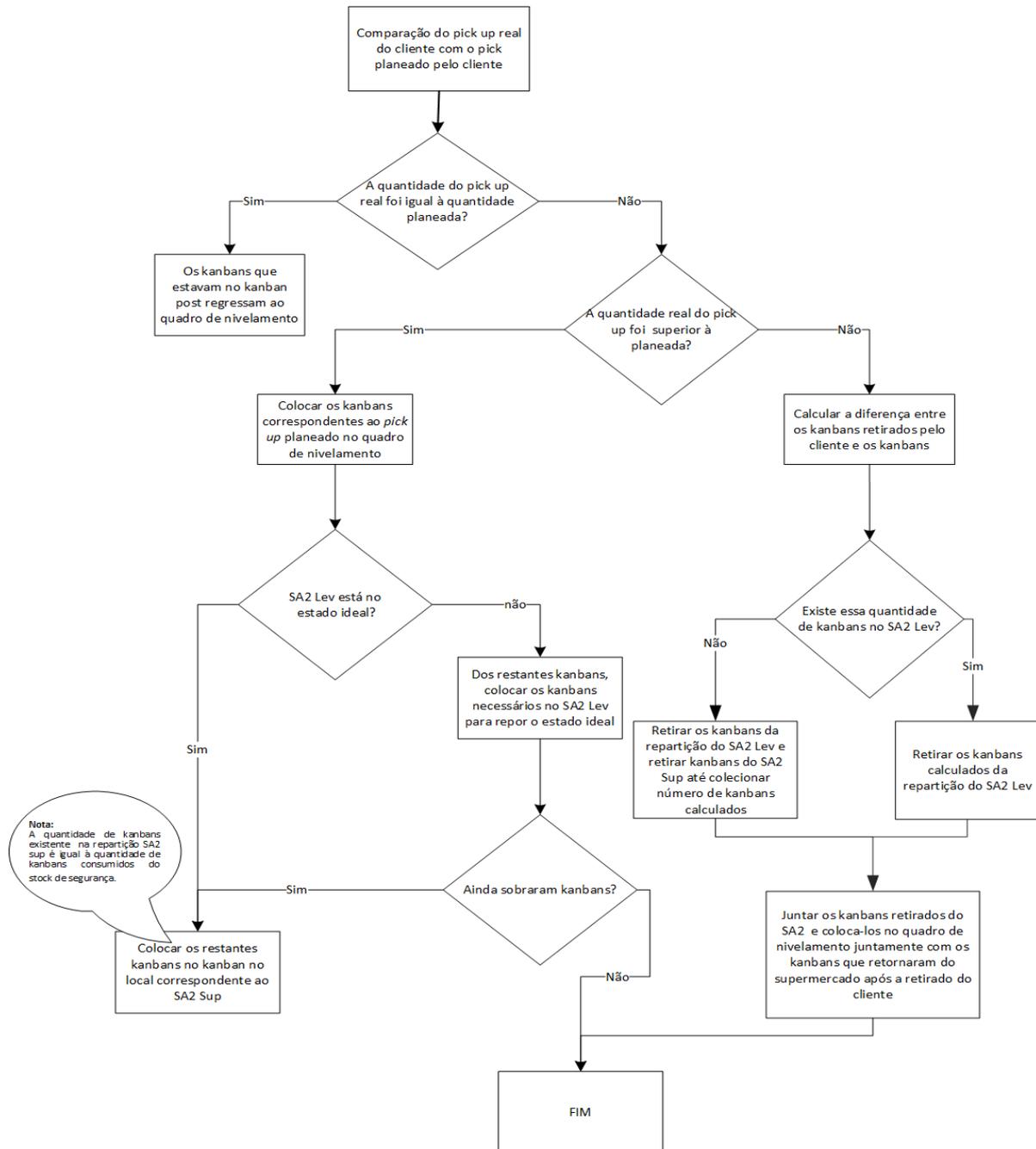


Figura 45 - Algoritmo para o retorno dos kanbans do supermercado para o quadro de nivelamento



Na reunião diária, deve ser ainda analisada a produção do dia anterior e fazer a atualização da secção relativa ao planeamento da produção, *backlog* e stock de segurança.

Na Figura 46 é apresentado um algoritmo para ser seguido assim que o limite de *backlog* for atingido. De notar que a definição dos limites de reação do sequenciador, do *backlog*, assim como a definição do estado ideal e o limite de reação dos stocks de segurança devem ser definidos pelo planeador de acordo com a sua experiência.

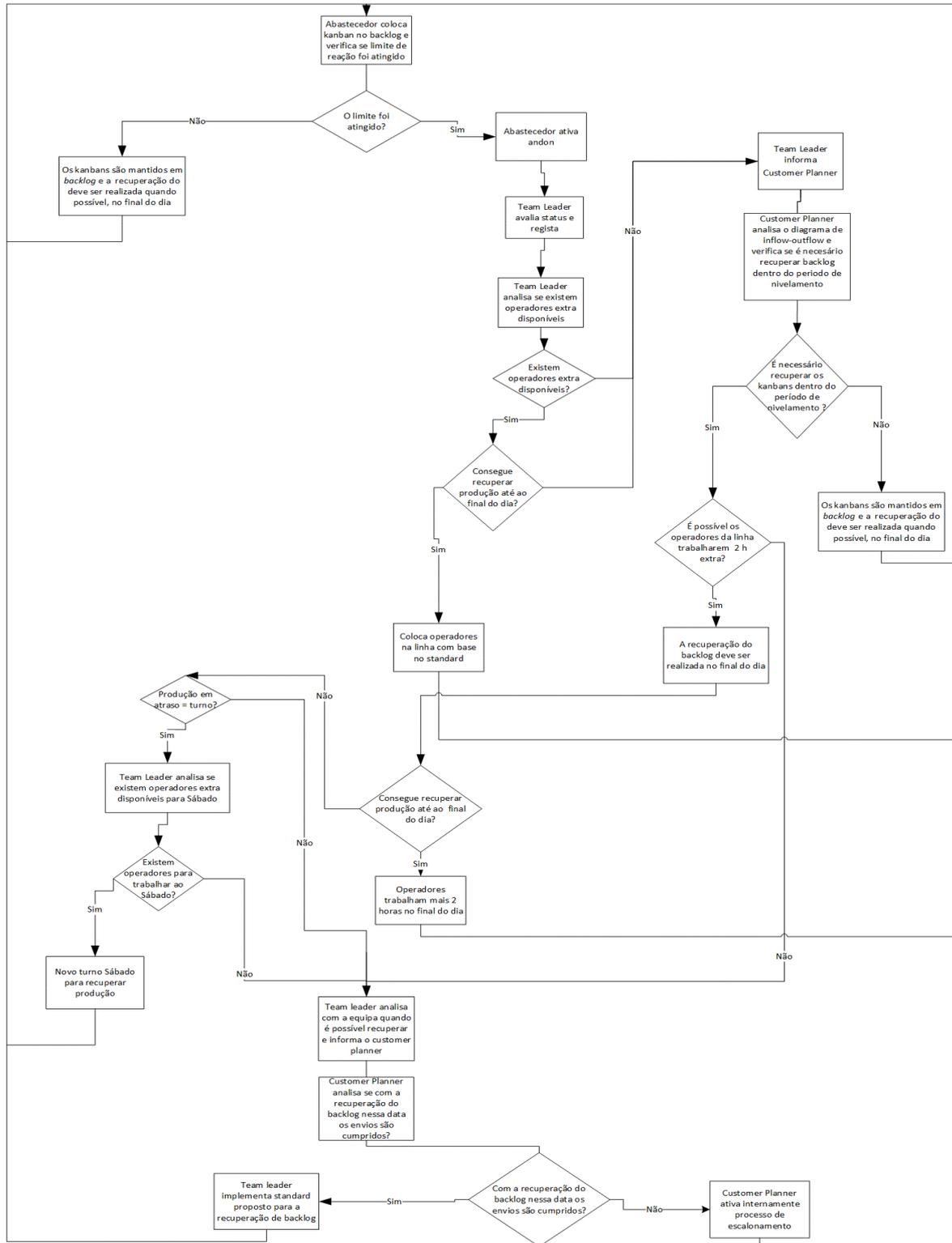




Figura 46 - Algoritmo para limites de reação ao backlog

### 5.2.12 Sistema de Controlo da produção Pull

O consumo de materiais do supermercado que detém os componentes necessários para a produção na linha de montagem final, irá gerar um sinal de produção na linha de montagem manual e assim sucessivamente ao longo da cadeia de valor. O sistema de controlo *pull*, será gerido através do sistema SMC - *Smart Manufacturing Control*, um software desenvolvido através de uma parceria entre a Bosch de Braga e a Universidade do Minho. Para que este software execute as funções de acordo com as normas de um sistema puxado, é necessário parametrizá-lo de acordo e introduzir os seguintes dados:

- Tamanho do lote de cada referência e tamanho
- Definir o stock mínimo e máximo de cada referência no supermercado
- Introdução dos tempos de ciclo de cada referência
- Introdução das matrizes de change-over
- Número de kanbans no respetivo loop, a partir da fórmula RELOWISA

Os responsáveis pela atualização destes dados são os responsáveis pelos processos a montante da linha de montagem final.

No âmbito do projeto do Pull Leveling também foram desenvolvidos novos standards para os *milk runs*, de modo a garantir o abastecimento das linhas de produção e dos supermercados é realizada corretamente, de modo a evitar faltas de abastecimento ou o abastecimento incorreto. Foram também desenvolvidos sistemas min. e máx., de modo a que os abastecedores imitam um alerta sempre que os limites superiores ou inferiores do supermercado sejam atingidos.

### 5.2.13 Formação dos intervenientes

Com o objetivo de formar os colaboradores diretamente relacionados com a linha piloto 2N08, foi realizada uma formação aos mesmos. Nessa formação foram apresentados e explicados os conceitos de nivelamento e de produção puxada, assim como a sua importância. Paralelamente, foi realizado um jogo, onde se simulavam os três processos principais da empresa: inserção automática de componentes, montagem manual e montagem final, com sistema de controlo empurrado e puxado. Dessa forma, todos os presentes conseguiram compreender as vantagens de um sistema puxado, ficando motivados para colaborar na implementação do projeto.





## 6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo pretende-se apresentar alguns resultados esperados para as propostas mencionadas no capítulo anterior. De realçar, que a implementação do standard para projetos *Just in Sequence* já foi iniciada, assim como a implementação do *Pull Leveling*.

Das medidas propostas, a primeira a ser implementada foi o monitor *Just in Sequence*. Com a utilização do mesmo, verificou-se uma melhor organização e gestão das encomendas, permitindo também a redução de envios especiais em caso de atrasos, uma vez que o planeador tem uma visão clara das necessidades do cliente. No futuro, quando existirem alterações de referências também se verificará uma redução do número de produtos que virão a ser sucitados e a sofrer o processo de *reflash*, uma vez o planeador detém o conhecimento exato do consumo do cliente, através da leitura da mensagem que detém o seu plano de produção.

Seguidamente, foi proposta a implementação de uma aplicação no sistema informático do armazém externo para que o mesmo emita uma mensagem via eletrónica para a Bosch, com os dados relativos ao estado de uma sequência. Devido a problemas como a falta de capacidade no departamento de informática, essa mensagem ainda não está a ser exibida no monitor JIS, embora a mensagem já esteja a ser enviada pelo armazém externo. No entanto, o resultado esperado aquando da implementação é a transparência relativamente ao estado da sequência e a poupança de tempo na comunicação com o armazém externo.

O processo de revisão dos standards já foi implementado, pelo que conseguiu-se diminuir 20 % dos riscos associados aos standards inicialmente propostos pelo armazém externo, comparando as duas análises de FMEA realizadas ao armazém. É esperado que o processo de revisão dos standards seja aplicado aos projetos *Just in Sequence* que estão a surgir na Bosch.

Seguidamente, foi implementado o processo de *reflash* definido, no momento em que surgiu a necessidade de realizar o processo de *reflash* no armazém externo. O resultado obtido prendeu-se com uma comunicação bem estruturada, uma vez que todos os intervenientes foram informados atempadamente da decorrente situação e de qual o procedimento necessário a executar.

O standard para implementação de projetos *Just in Sequence* também já foi implementado no novo projeto da Porsche *Just in Sequence*. Com a *checklist* sobre os requisitos do cliente, a informação sobre alguns detalhes é conhecida mais rapidamente, pelo que é possível iniciar a organização de todas as atividades mais cedo. A definição de uma equipa multidisciplinar para estar integrada na implementação do projeto, permite que todos os departamentos necessários estejam envolvidos e permite a alocação de capacidade ao projeto, sendo que os membros da equipa detêm um tempo semanal no horário dedicado ao projeto. A reunião de início de projeto realizada presencialmente durante dois dias, permite que seja criado um espírito de equipa entre os vários membros, e uma maior clareza de todos os requisitos do cliente através da apresentação dos mesmos durante a reunião. Por outro lado, a definição de todas as atividades necessárias à implementação do projeto, permite uma visão do tempo disponível para a realização das tarefas e permite um esclarecimento das dependências entre as atividades. Como resultado desta reunião e da formalização das atividades, dos responsáveis e das datas de conclusão, consegue-se o compromisso dos membros da equipa para a realização das tarefas e, como



consequência, todas as restrições e premissas para a implementação do projeto *Just in Sequence* são realizadas atempadamente e quando a produção entra em série e as entregas ao cliente são iniciadas tudo está finalizado.

Com a realização de todas as tarefas atempadamente é esperado que não existam falhas nas entregas ao cliente, devido a falhas do armazém externo e de atividades relacionadas com o sistema informático SAP.

Com a implementação do *Pull Leveling* é esperado que haja uma diminuição das oscilações na cadeia de valor e o aumento da estabilização dos processos, uma vez que existe uma cadência aproximadamente constante no consumo de componentes. Deste modo, é esperado uma diminuição do efeito *bullwhip* nos processos a montante e nos fornecedores externos. Através do cálculo da quantidade de stock necessária nos supermercados ao longo da cadeia de valor, espera-se que as paragens de produção por falta de material, assim como as trocas de sequência produtiva pela falta de materiais específicos sejam reduzidas. Através do novo conceito de nivelamento e com a adição do processo de análise do histórico das flutuações internas e externas (encomendas do cliente), é esperado que haja uma maior consciencialização por parte do planeador do impacto dessas variáveis e, deste modo, é esperado que as quantidades planeadas pelo planeador sejam mais ajustadas à realidade dos resultados da análise.

Com a iniciação da utilização das potencialidades do software NivPLuS é esperado que exista uma maior eficiência nas áreas de planeamento da produção, uma vez que se elimina a inúmeras tarefas que não acrescentam valor.

Em suma, com a implementação do standard para o *Just in Sequence* e do *Pull Leveling* na empresa, espera-se que sejam eliminados problemas da empresa relacionados com:

- Flutuação do cliente
- Qualidade de nivelamento
- Falta de matéria-prima ou de placas
- Falta de meios de produção
- Diferenças de inventário
- Atrasos de produção
- Armazéns externos
- Parametrização do SAP/EDI falhas

Tendo em consideração a percentagem que estes problemas representavam nos indicadores, é possível que com a eliminação dos mesmos o indicador do Fulfillment melhore cerca de 50%, uma vez que o abastecimento de PCBs e de matéria-prima estavam entre as maiores causas do incumprimento do plano de produção. Com isso, é espectável que seja possível atingir o target do *Fulfillment* que é igual a 70%. Relativamente ao indicador LIWAKS, é esperado que a frequência de incumprimentos de entregas diminua cerca de 67% e, com isso, seja possível garantir que 96% das encomendas são cumpridas. A explicação destes resultados esperados é apresentada na Tabela 24.



Tabela 24 - Análise do impacto dos projetos no indicador LIWAKS

<b>Principais Causas</b>	<b>Frequência</b>	<b>Impacto das Medidas propostas</b>	<b>% Representativa da Causa com a implementação das medidas propostas</b>
<b>Falta de matéria-prima</b>	11%	Através do nivelamento e da diminuição do bullwhip effect ao longo da cadeia de valor é esperado que sejam reduzidas as perdas de produção e consequentemente é esperado que as entregas não sejam afetadas por este fator.	5%
<b>Problemas de Qualidade</b>	7%	Indiretamente espera-se melhorias ao nível da qualidade devido ao facto de haver uma constante sequência de produção. Está provado que a repetição do trabalho diário ajuda à melhoria contínua do processo (changeover, sequência).	6%
<b>Mudanças de Software</b>	4%	Também será possível verificar algumas melhorias nas entregas após mudanças de software através da definição do standard de comunicação estruturada para o processo de reflash.	3%
<b>Falta de placas (PCBs)</b>	11%	Através do nivelamento e do dimensionamento dos supermercados e dos seus limites (min. e max.), é esperado uma diminuição do bullwhip effect ao longo da cadeia de valor e é esperado que as perdas de produção por falta de PCBs sejam eliminadas, e consequentemente é esperado que as entregas não sejam afetadas por este fator.	6%
<b>Diferenças de inventário</b>	1%	Através da definição dos supermercados é mais fácil a verificação das diferenças entre o que material físico existente e o que está em sistema.	0.4%
<b>Atrasos de Produção</b>	2%	O impacto dos atrasos de produção será diminuído através da construção de stock de segurança, definido tendo em consideração o histórico do OEE dos processos internos.	1%
<b>Aumento da Procura</b>	11%	Através da análise da variação da procura é possível que estes problemas deixem de se verificar porque a flutuação dos clientes é estudada e os stocks capazes de combater alguma flutuação são construídos de acordo. Por outro lado, com a análise da variação das encomendas é possível verificar se a alteração está dentro do valor de variação acordado com o cliente, pelo que sempre que esta variação esteja acima do limite é possível detetar rapidamente e rejeitar o aumento ou realizar transportes especiais pagos pelo cliente.	5%
<b>EDL</b>	25%	Com a implementação do standard JIS é esperado que os problemas relacionados com os armazéns externos sejam suprimidos devido à análise prévia de riscos e definição de ações corretivas. Por outro lado, através do conhecimento atempado dos requisitos do cliente é possível trabalhar no sentido de garantir que os mesmos são satisfeitos.	5%
<b>Parametrização do SAP</b>	20%	Com a implementação do standard JIS é esperado que os problemas relacionados com armazéns externos sejam suprimidos devido à análise de riscos e implementação de ações atempadamente. Por outro lado, os requisitos do cliente serão conhecidos previamente e será possível garantir que os mesmos serão satisfeitos, evitando assim falhas nas entregas.	5%
<b>Encomendas do Cliente alteradas no período de congelamento</b>	2%	Com a análise da flutuação do cliente é garantido que estes problemas deixarão de existir pois o planeador consegue visualizar a alteração e reclamar a alteração.	1%
<b>Outros</b>	7%	Não aplicável	7%
<b>Total</b>	100%		43%
<b>REDUÇÃO DE 67%</b>			

Na Tabela 25, é apresentada uma breve explicação do impacto esperado da implementação das medidas nos vários fatores que contribuem para os transportes especiais. De acordo com a explicação e da



percentagem de melhoria esperada, é possível que haja uma redução de 30% das despesas com transportes especiais.

Posto isto, é possível concluir que com a implementação das medidas propostas, é possível que os diferentes indicadores de desempenho da empresa alcancem os objetivos propostos.

Tabela 25 – Impacto esperado das medidas propostas nos custos de transportes especiais.

<b>Causa_raiz - Transportes especiais</b>	<b>Percentage m do Custo</b>	<b>Problemas passíveis de serem eliminados com a implementação do Pull Leveling e do standard JIS</b>	<b>Percentage m esperada dos custos</b>
<b>Problemas técnicos</b>	19%	Não aplicável	19%
<b>Alterações de encomendas a curto prazo</b>	17%	Através da análise da variação da procura é possível que estes problemas deixem de se verificar porque estudamos a flutuação os clientes e construímos stocks capazes de combater alguma flutuação. Por outro lado, com a análise da variação das encomendas é possível verificar se a alteração está dentro do valor de variação acordado com o cliente, pelo que sempre que esta variação esteja acima do limite é possível detetar rapidamente e rejeitar o aumento ou importar-lhe os custos de transportes especiais associados ao aumento.	9%
<b>Atrasos devido a problemas de capacidade</b>	13%	Através da análise de capacidade mais rigorosa e através do nivelamento da produção e análise da flutuação das encomendas, é esperado que este problema seja eliminado. Além disso, com a produção misturada e lotes mais pequenos, é possível aumentar a flexibilidade, diminuindo o tempo de resposta ao cliente.	3%
<b>CM/PPM</b>	7%	Não aplicável	7%
<b>Problemas de qualidade</b>	7%	Indiretamente espera-se melhorias ao nível da qualidade devido ao facto de haver uma constante sequência de produção. Está provado que a repetição do trabalho diário ajuda à melhoria continua dos processos.	6%
<b>MFE-Amostras</b>	6%	Não aplicável	6%
<b>Parametrização do SAP/EDI falhas</b>	5%	Com a implementação do standard JIS é esperado que todos os problemas associados a falhas de parametrização do SAP e falhas de EDI relacionadas com armazéns externos sejam eliminados, devido à parametrização prévia do sistema. Por outro lado, com a diminuição do número de tarefas sem valor acrescentado relacionadas com o planeamento da produção semanal e todos os problemas e tarefas consequentes do incumprimento do plano, espera-se que o planeador tenha mais tempo para estar atento a estes problemas.	1%
<b>BrgP-Amostras</b>	4%	Não aplicável	4%
<b>Outros</b>	23%	Não aplicável	23%
<b>Total</b>	100%		77%
<b>Redução = 33%</b>			



## 7 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Consciente da enorme competitividade existente no mercado automóvel e da tendência para a implementação de sistemas *Just in Sequence*, associados à otimização de processos internos e à redução de desperdícios como inventário, movimentações e transportes, torna-se essencial que os fornecedores da área automóvel estejam preparados para fornecer os produtos na sequência pedida. A Bosch como uma empresa fornecedora do mercado automóvel, acarreta vantagem competitiva ao providenciar aos seus clientes este tipo de serviço. Paradoxalmente, torne-se importante garantir que todo este processo está isento de riscos e que a entrega é realizada de acordo com os requisitos do cliente. Por outro lado, para manter o preço do serviço competitivo, é de extrema importância que todos os processos associados estejam otimizados, de modo a evitar custos extra em recursos diretos e indiretos.

Neste sentido, com a implementação das medidas propostas no caso específico da Audi foi possível obter uma maior transparência no que diz respeito às encomendas do cliente e uma redução de custos, assim como uma maior monitorização e controlo do armazém externo. Paralelamente, com a definição da metodologia para implementação do *projeto Just in Sequence*, é esperado que haja uma gestão logística mais eficiente.

A implementação do *Pull Leveling* na empresa, conduzirá a uma vantagem competitiva, uma vez que se prevê uma maior estabilidade nos processos e uma maior suavização do impacto das flutuações do cliente, criada através do nivelamento da produção na linha de montagem final. Por outro lado, com o sistema *pull* existirá uma eficiente gestão de stocks, uma vez que é realizado o cálculo do número de kanbans em circulação em cada loop e são definidos os limites mínimos e máximos dos supermercados.

Em suma, as medidas propostas têm como principal objetivo a diminuição de desperdícios como sobreprodução, defeitos, inventário, esperas (colaboradores e máquinas paradas), transportes e movimentações desnecessárias, muitas vezes decorrentes da incompatibilidade entre o material disponível e o plano de produção, fruto das alterações contantes no plano de produção da linha de montagem final.

Com este projeto de dissertação é esperado que o indicador que mede o cumprimento do plano de produção melhore cerca de 50%, e que com isso seja possível aumentar o indicador de 40% para 70%. Relativamente ao indicador que mede o cumprimento das encomendas é esperado que seja possível garantir um aumento de 83% para 96%, assim como uma redução de 30% das despesas com transportes especiais.

Como perspetivas futuras, é pretendido dar acompanhamento à implementação do standard de implementação do *Just in Sequence* e complementá-lo com os processos específicos de cada departamento e melhorá-lo continuamente.

No que diz respeito à implementação do *Pull Leveling*, pretende-se que a formação do conceito seja estendida a todos os planeadores, chefes de linha, *milk runs* para que haja um equipare conhecimento na empresa e a consciencialização global das vantagens do conceito. Espera-se ainda que o *Pull Leveling* seja implementado em mais linhas de produção da empresa. Paralelamente, será preparada uma formação sobre o planeamento de produção segundo as normas do *Pull Leveling* no software NivPLuS,



para que todos os planeadores consigam usar todas as potencialidades deste recurso e assim minimizar o número de tarefas que não acrescentam valor.

De um modo geral, espera-se que seja mantida uma filosofia na empresa que procure incessantemente o conhecimento dos requisitos do cliente e que todo o trabalho seja desenvolvido no sentido de os satisfazer. É ainda esperado haja uma contínua identificação das atividades que acrescentam valor ao produto e que se trabalhe no sentido de eliminar todas as que estão fora do leque de atividades valorizadas pelo cliente, quer nas áreas diretas quer nas áreas indiretas. Por fim, é esperado que seja mantido um espírito de procura de ações que levem à melhoria dos processos e dos métodos, de modo a garantir a qualidade de vida dos colaboradores da empresa, a satisfação dos pedidos dos seus clientes e a assegurar uma posição de excelência no setor *car multimedia*.

Assim, e tendo em consideração que o objetivo principal do projeto era a implementação do *Pull Leveling* e do *Just in Sequence* e a definição de todas as atividades necessárias para implementação de projetos idênticos, pode concluir-se que o projeto cumpriu o objetivo para o qual foi proposto.



## Referências Bibliográficas

- Alves, P. M. (2009). *Estudo e Implementação de Sistema Pull Leveling em Fábrica de Montagem*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Bell, S. (. (2006). *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. Unidos da América: John Wiley & Sons, Inc.
- Bicheno, J. (2008). *The lean Toolbox for Service Systems*. P. Books Ed.
- Black, J. T., & Hunter, S. (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*. Dearborn: The Society of Manufacturing Engineers.
- Bohnen, F., Maschek, T., & Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*.
- Bosch. (2006). Lean Logistics Basis - version 2.0.
- Coimbra, E. (2009). *Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains: Kaizen Institute*.
- El-Namrouty, K. A. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*.
- Fujimoto, T. (2001). *Evolution of Manufacturing Systems at Toyota: Productivity Press*.
- Holm, D. B., Eriksson, K., & Johanson, J. (1999). Creating value through mutual commitment to business network relationships. *Strategic Management Journal*, 20, 467-486.
- Hüttmeir, A., Treville, S. d., Ackere, A. v., & Prenninger, J. (2009). Trading Off Between Heijunka and Just-in-Sequence. *International Journal of Production Economics*, 118, 501-507.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low Cost Aproach to Management*. New Yoork: McGraw-Hill.
- Laan, E. V., Salomon, M., & Dekker, R. (1998). An investigation of lead-time effects in manufacturing/remanufacturing systems under simple PUSH and PULL control strategies. *European Journal of Operational Research*.
- Lieberman, M. B., & Demeester, L. (1999). Inventory reduction and productivity growth: Linkages in the Japanese automotive industry. *Management Science*.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). *The Toyota Way in Services : The Case of Lean* (Vol. 20). Academy of Management Perspectives.
- Matzka, J., Mascolo, M. D., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 49-60.
- Monden, Y. (1983). *Yoyota Production System*. Norcross. GA: IIE Press.
- Mula, J., Poler, R., García-Sabater, J., & Lario, F. (2005). Models for production planning under uncertainty: A review. *International Journal of Production Economics*, 103, 271-285.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. New York: Production Press.



- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel - edições técnicas, lda.
- Shah, R., & Ward, P. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21, 129-149.
- Siemens. (08 de 09 de 2015). *Just-in-Time Just-in-Sequence Solucion at a glance*. Obtido de Industry Siemens: [https://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/automotive-manufacturing/Documents/PDF/Flyer\\_just\\_in\\_time.pdf](https://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/automotive-manufacturing/Documents/PDF/Flyer_just_in_time.pdf)
- Smalley, A. (2004). *Creating Level Pull: A Lean Production-System Improvement Guide for Production-Control, Operations, and Engineering Professionals*. Lean Enterprise Institute Cambridge.
- Sugimori, Y., Kusunoki, k., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15, 553-564.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*.
- Svensson, G. (2004). Key areas, causes and contingency planning of corporate vulnerability in supply chains: A qualitative approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, 428-448.
- Takeda, H. (2006). *The Synchronized Production System*. London and Philadelphia: Kogan Page Limited.
- Toyota. (2012). *Toyota production system and what it means for business*. Dentsu Brussels Group.
- Wagner, S. M., & Silveira-Camargos, V. (2011). Decision model for the application of just-in-sequence. *International Journal of Production Research*, 49, 5713-5736.
- Wagner, S. M., & Silveira-Camargos, V. (2012). Managing Risks in Just-In-Sequence Supply: Exploratory Evidence From Automakers. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 59, 52-59.
- Wahab, A. N., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292-1298.
- Werner, S., Kellner, M., Schenk, E., & Weigert, G. (2003). Just-in-sequence material supply – a simulation based solution in. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 19, pp. 107-111. Elsevier.
- Westbrook, R. (1995). Action research: a new paradigm for research in production and operations. *International Journal of Operations & Production Management*, 15, 6-60.
- Williamson, G. (2014). *Case Study – Implementing visual management*. Kangan Institute.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2005). *Lean solutions : how companies and costumers can create value and wealth together*. London: Ed. Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.