

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Implementação de um Novo Modelo de *Pull
Levelling***

Paulo Alberto Pires Ribeirinho Soares

Relatório de Projecto realizado no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Telecomunicações

Orientador: Prof. Doutor Américo Azevedo

29 De Junho de 2009

© Paulo Ribeirinho Soares, 2009

Resumo

A oscilação de consumo na cadeia de valor é um problema que afecta todos os níveis envolvidos na produção. Suavizar essa oscilação traz reduções de custo e inventário e melhorias a nível do processo, assim como agilidade na satisfação dos requisitos do cliente.

Nos dias de hoje o objectivo de qualquer empresa é proporcionar ao cliente o que ele procura com o menor custo associado e apresentando um elevado nível de serviço.

Este documento resulta dum projecto efectuado numa organização industrial, com o objectivo de otimizar o sistema *lean* em áreas específicas da cadeia de abastecimento. A intervenção ocorreu, mais especificamente, ao nível da gestão da procura, do abastecimento e da distribuição, bem como do planeamento integrado. O projecto teve como base a evolução constante na melhoria dos processos que a organização têm vindo a implementar desde 2006.

O desenvolvimento do projecto baseou-se em conceitos teóricos de *lean manufacturing* e no recurso a indicadores de *performance*, nomeadamente *Takt Time* e *EPEI (Every Part Every Interval)*.

Na área de desenvolvimento dos fornecedores, a jusante da cadeia de abastecimento, o trabalho foi desenvolvido no âmbito da melhoria do sistema de entregas.

Concluiu-se que a evolução das metodologias *lean* na cadeia de abastecimento total que a organização objecto de estudo tem vindo a desenvolver são críticas para que se mantenha competitiva na conjuntura actual e o desenvolvimento de ferramentas de controlo é essencial para manter estes ganhos de produtividade e desenvolver futuras melhorias.

Estudou-se ainda melhorias no planeamento estratégico da gestão da procura com o intuito de melhorar a componente operacional da oscilação da produção.

Abstract

The oscillation of consumption across the value chain is a problem that affects every level involved in manufacturing. Smoothing that oscillation results in cost and inventory reduction as well as agility in customer satisfaction.

This thesis is the product of a pull levelling project and its objective is to describe the process that is being implemented and its various ramifications.

Nowadays, any company wants to provide their clients with exactly what they need, with the least possible cost and with a high level of service.

This document is the result of a project developed in an industrial organization with the objective of optimizing their lean system in specific areas of the supply chain. This action focused in demand management, supply and distribution and integrated planning.

The basis of this work was the ongoing process improvement that started in 2006 and hasn't stopped since.

The references for this project were lean concepts and key performance indicators such as Takt Time and EPEI (Every Part Every Interval).

When it comes to supplier development, downstream of the value chain this work focused in improving the current delivery system.

It could be concluded that these improvements that the organization has been doing are critical to maintain their performance in today's world market and the use of control tools are essential to maintain these productivity gains as well as finding future improvements.

To further improve these organizations processes especially the production's oscillation they were suggested changes in their strategic demand planning.

Agradecimentos

À minha família pela sua ajuda e apoio ao longo do meu curso.

À Inês que esteve sempre ao meu lado.

Aos meus amigos porque sempre pude contar com eles.

Ao Prof. Doutor Américo Azevedo pelos seus ensinamentos ao longo deste último ano e pela motivação para seguir esta área.

À Eng. Isabel Soares pelos seus óptimos conselhos e apoio.

Aos meus colegas da Bosch pois foram uma ajuda indispensável no desenvolvimento do meu projecto.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas	xiv
1- Introdução	1
1.1 - Enquadramento Conceptual.....	1
1.2 - Objectivos.....	2
1.3 - Metodologia.....	3
1.4 - Organização da Tese	3
2 - Enquadramento Teórico.....	5
2.1 - Filosofia Toyota Production System	5
2.2 - Bosch Production System	7
2.3 - Desenvolvimento de Fornecedor	8
2.3 - Sistema Pull/Push.....	9
2.4 - Definição de indicadores	11
2.4.1 - <i>Classificação ABC - High Runners e Exóticas</i>	11
2.4.2 - <i>EPEI (Every Part Every Interval)</i>	12
2.4.3 - <i>Takt Time</i>	12
2.5 - Levelling.....	13
2.6 - O efeito Bullwhip	14
2.7 - PDCA (Plan Do Check Act).....	15

3 - Processo de Planeamento de Produção e Aprovisionamento na Organização ...	18
3.1 - Caracterização da Organização Objecto de Estudo	18
3.2 - Identificação e Análise do Problema.....	20
3.2.1 - <i>Enquadramento Conceptual</i>	20
3.2.2 - <i>Situação Actual</i>	22
3.2.3 - <i>Análise do problema</i>	27
3.2.4 - <i>Situação Futura</i>	29
3.2.5 - <i>Nivelamento à família versus nivelamento à referência</i>	32
3.3 - Conclusão	32
4 - Caso de Estudo Pull Levelling e Ship to Line.....	33
4.1 - Pull Supplier Profiling	33
4.1.1 - <i>Caracterização de fornecedores</i>	33
4.1.2 - <i>PDCA</i>	34
4.2 - Balanceamento da Produção	36
4.2.1 - <i>Takt Time</i>	36
4.2.2 - <i>EPEI (Every Part Every Interval)</i>	39
4.3 - Projecto Ship-to-Line	41
5 - Conclusão e Perspectivas de Desenvolvimento.....	46
Anexos.....	51
Anexo A1 - Value Stream Mapping da Evolução do Projecto	52
Anexo A2 - Exemplos de Caixas de nivelamento.....	53
Anexo A3 - Código VBA utilizado para pesquisa em base de dados Microsoft Access	54

Lista de figuras

Figura 1.1 - Framework da cadeia de abastecimento (Intranet Bosch - adaptado de <i>BPS Logistics Standards Manual 3.0</i> , 2009).	2
Figura 2.1 - Princípios Lean da Bosch (Intranet Bosch - <i>Apresentação Pull System.ppt</i> , 2008).7	
Figura 2.2 - Desenvolvimento de Fornecedor e BPS (Intranet Bosch - <i>Apresentação Pull System.ppt</i> , 2008).....	8
Figura 2.3 - Situações habituais em esquemas de produção push (Intranet Bosch - adaptado de <i>BPS waste cartoons</i>).	9
Figura 2.4 - Efeito Bullwhip (http://www.infotech.com).	15
Figura 2.5 - Ciclo PDCA (Intranet Bosch - <i>Lean Basics.ppt</i> , 2008).....	16
Figura 3.1 - Organigrama do departamento de Logística (Intranet Bosch - <i>Apresentação Standard LOG2.ppt</i> , 2009).....	19
Figura 3.2 - Planta simplificada do chão de fábrica (Intranet Bosch - <i>Apresentação Standard LOG2.ppt</i> , 2009).....	20
Figura 3.3 - Perfil de consumo típico de fornecedores diários em <i>pull</i> (Intranet Bosch - <i>Apresentação LOG2 Pull.ppt</i> , 2007)	21
Figura 3.4 - Projecto <i>Pull-Flow Iberia</i> (Intranet Bosch - <i>Pull Concept And Iberian Project.ppt</i> , 2008)	22
Figura 3.5 - Preenchimento de capacidade <i>Make-to-Order</i> (Intranet Bosch - <i>Pull Concept And Iberian Project.ppt</i> , 2008).....	23
Figura 3.6 - Preenchimento da caixa de nivelamento. (Intranet Bosch - Adaptado de <i>Pull Concept and Iberian Project.ppt</i> , 2008).	25
Figura 3.7 - Planeamento antes do <i>pull</i> (Intranet Bosch - <i>Pull Concept and Iberian Project.ppt</i> , 2008)	26
Figura 3.8 - Planeamento depois do <i>pull</i> (Intranet Bosch - <i>Pull Concept and Iberian Project.ppt</i> , 2008)	26
Figura 3.9 - Comparação da classificação de referências A e B <i>versus</i> a previsão (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).....	27
Figura 3.10 - Comparação de consumo real <i>versus</i> previsão de consumo em três componentes de consumo frequente (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).	28
Figura 3.11 - VSM da situação actual de planeamento de produção (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).	29
Figura 3.12 - Descrição do período de nivelamento semanal (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).	30

Figura 3.13 - VSM da situação futura de planeamento de produção (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).....	30
Figura 3.14 - Futuro planeamento diário de nivelamento (Intranet Bosch - <i>Pull Levelling Concept.ppt</i> , 2009).....	31
Figura 4.1 - Transacção para extrair o <i>Bill of Materials</i> do sistema SAP R/3.....	33
Figura 4.2 - Transacção de movimentos de produto final do sistema <i>WinMenu</i>	36
Figura 4.3 - Transacção MB51 do sistema SAP R/3.	37
Figura 4.4 - Análise gráfica de desvios ao <i>Takt Time</i>	38
Figura 4.5 - VSM do processo de entregas em standard Ship to Line (Intranet Bosch - <i>Target STL 2009.ppt</i>).....	43
Figura 4.7 - Cabeçalho da folha de apresentação do cálculo.....	43
Figura 4.8 - Tabelas importadas do sistema SAP com informação das referências seleccionadas.....	44
Figura 4.9 - <i>Query</i> com a informação dos vários campos de cálculo de <i>kanbans</i>	45
Figura 5.1 - Integração do processo de planeamento e vendas (adaptado [1]).	47

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Os cinco graus de nivelamento no sistema Toyota [2].	14
Tabela 4.1 – Exemplo de Análise de <i>Takt Time</i>	38
Tabela 4.2 – Cálculo de EPEI individual.	39
Tabela 4.3 – Cálculo de EPEI semanal.	40
Tabela 4.4 – Identificação de erro no cálculo de EPEI semanal.	41
Tabela 4.5 – Tabela exemplificativa do novo cálculo de EPEI semanal.	41

Abreviaturas

BPS	<i>Bosch Production System</i>
CIP	<i>Continuous Improvement Process</i> (Melhoria Contínua)
CSA	<i>Current State Analysis</i> (Análise do Estado Actual)
FSD	<i>Future State Design</i> (Desenho do Estado Futuro)
<i>i.e.</i>	<i>in especially</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
JIS	<i>Just in Sequence</i>
MOE	Departamento de Produção
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
LOG	Departamento de Logística
LOG2	Equipa de Planeamento, Aprovisionamento e Gestão de Clientes Ibéria do departamento de Logística
PPM	<i>Parts per Million</i> (Partes por Milhão)
SD	<i>Supplier Development</i> (Desenvolvimento de Fornecedor)
VSA	<i>Value Stream Analysis</i> (Análise do Fluxo de Valor)
VSD	<i>Value Stream Design</i> (Desenho do Fluxo de Valor)
VSM	<i>Value Stream Method and Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento Conceptual

O projecto que este documento pretende apresentar desenrolou-se, ao longo de 4 meses, numa unidade fabril de produção de aparelhos de aquecimento de água do grupo Bosch.

A organização objecto de estudo é um exemplo da aplicação das metodologias *lean* e tem uma forte cultura de melhoria contínua.

O projecto desenvolvido focou-se na área de Logística de aprovisionamento e planeamento de produção.

A definição de Logística tem evoluído ao longo do tempo assim como a sua integração numa abordagem macro de gestão da procura e do abastecimento.

Em 1991 o *Council of Logistics Management* definia a Logística como “... o processo de planear, implementar e controlar, de forma eficiente e eficaz, os fluxos e a armazenagem de matéria-prima, dos em-curso-de-fabrico e dos produtos acabados e toda a informação associada desde o ponto de origem ao ponto de consumo, de forma a satisfazer os requisitos do serviço a clientes”.

Em 2004 essa definição evoluiu para “... **aquela parte da cadeia de abastecimento** que planeia, implementa e controla, de forma eficiente e eficaz, **os fluxos directos e inversos** e a armazenagem de bens (produtos, mercadorias, etc.) e toda a informação associada desde o ponto de origem ao ponto de consumo, de forma a satisfazer os requisitos do serviço a clientes”.

Inicialmente as organizações viam-se como entidades independentes que tinham de competir entre si para sobreviver, numa ética darwinista de sobrevivência do mais forte [1], inclusive era frequente as relações entre fornecedores e clientes a jusante (distribuidores e retalhistas) serem mais competitivas do que colaborativas. No entanto, esta filosofia revelava-se derrotista pois as empresas não entenderam que tinham de estar dispostas a

colaborar para competir. Neste paradoxo aparente torna-se relevante o novo conceito de planeamento e gestão da procura que será explorado neste estudo.

Actualmente, algumas organizações ainda tentam obter reduções de custo e aumentos de lucro às custas dos seus parceiros na cadeia de valor. A organização alvo de estudo, pelo contrário, aposta numa ligação directa com as necessidades do cliente final, bem como na melhoria contínua do desempenho dos fornecedores, criando valor acrescentado na cadeia de abastecimento.

O presente trabalho teve como base os desenvolvimentos *lean* que a organização tem vindo a implementar desde 2006 com o intuito de aumentar a sua competitividade e melhorar os seus processos.

1.2 - Objectivos

O projecto desenvolvido teve como principal objectivo a optimização do sistema *lean* em áreas específicas da cadeia de abastecimento.

No âmbito da evolução do referido sistema, actuou-se especificamente na gestão da procura, do abastecimento e da distribuição, bem como no planeamento integrado, tal como ilustra a figura 1.1.

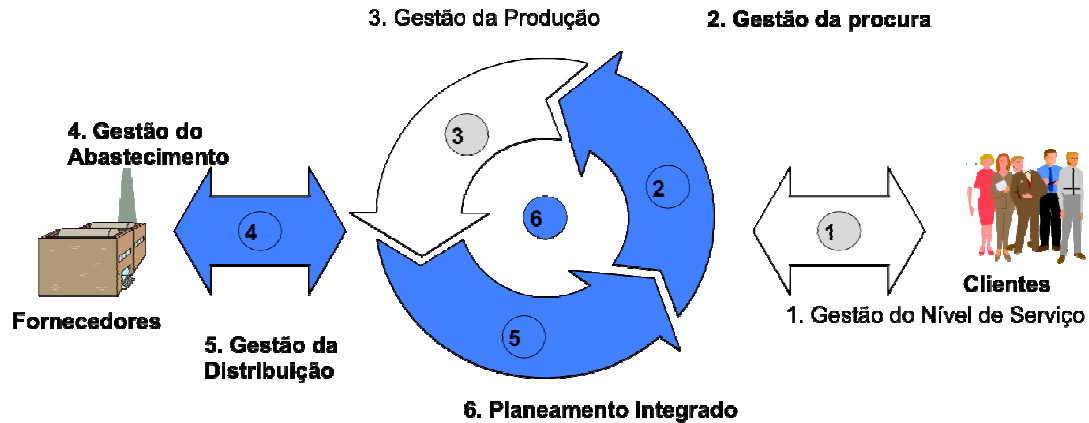


Figura 1.1 - Framework da cadeia de abastecimento (Intranet Bosch - adaptado de *BPS Logistics Standards Manual 3.0*, 2009).

Na área de gestão da procura pretendeu-se reformular o actual sistema de planeamento de clientes com o objectivo de melhorar o nivelamento da produção. Efectuaram-se alterações na forma como os clientes encomendam o produto e na recolha de informação de produtos vendidos.

No que respeita à gestão do abastecimento o objectivo foi estudar possíveis melhorias no desenvolvimento *lean* dos fornecedores.

Na gestão da distribuição incidu-se no método de entregas do fornecedor e também na sua optimização *lean*, nomeadamente na implementação de entregas directas no ponto de uso.

Em termos de planeamento integrado, o trabalho focou-se no melhoramento dos indicadores de *Takt Time* e de EPEI (Every Part Every Interval), com o intuito de estudar a performance da organização no cumprimento da filosofia *lean*.

1.3 - Metodologia

A metodologia de investigação deste trabalho baseou-se no estudo de conceitos teóricos de *lean manufacturing* através duma revisão bibliográfica e de exemplos práticos da organização.

Efectuou-se um estudo detalhado da implementação da filosofia *lean* aplicada à área em estudo na organização.

Caracterizou-se o problema actual cuja introdução do conceito *pull levelling* se pretende que melhore.

Aplicaram-se conceitos de melhoria contínua para o desenvolvimento de indicadores de *performance* relacionados com o projecto em causa.

Estudou-se uma proposta de melhoria para a situação actual da empresa alvo.

A metodologia de investigação incluiu as seguintes consultas:

- Revisão bibliográfica do tema;
- Contacto e aprendizagem com os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento deste projecto;
- Estudo dos documentos disponíveis na intranet da empresa;

1.4 - Organização da Tese

O presente documento é constituído por 5 capítulos, divididos nos necessários subcapítulos.

No primeiro capítulo - *Introdução* - definiu-se o enquadramento da tese, os objectivos que se pretendem atingir, a metodologia que se vai aplicar para atingir estes objectivos e uma breve descrição da organização do trabalho.

No segundo capítulo - *Enquadramento Teórico* - pretendeu-se explicar os conceitos teóricos que servem de base à realização deste trabalho

No terceiro capítulo - Processo de Planeamento de Produção e Aprovisionamento na Organização - efectua-se uma identificação do problema alvo de análise neste projecto seguida duma análise do mesmo.

No quarto capítulo - Caso de Estudo *Pull Levelling* e *Ship to Line* - é feita a descrição dos indicadores nas duas áreas distintas da cadeia de fornecimento em que este incidiu; o aprovisionamento e o planeamento de produção. Distingue-se o trabalho realizado na caracterização de fornecedores e de indicadores de performance associados e no cálculo de métricas relacionadas com o balanceamento de produção.

É realizada também a descrição do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto de entregas directas na linha.

Finalmente o quinto capítulo - Conclusão e Perspectivas de Desenvolvimento - foi dedicado às conclusões retiradas da realização deste projecto e a uma sugestão de melhoria dos processos e perspectivas de desenvolvimento.

Capítulo 2

Enquadramento Teórico

2.1 - Filosofia Toyota Production System

Após a 2ª Guerra Mundial os fundadores da Toyota deparam-se com uma questão pertinente: Como ter sucesso num mercado altamente competitivo como o automóvel? A resposta da Toyota foi simples, no entanto desafiante: Produzir o que o cliente realmente quer [10]. Taiichi Ohno, que era um engenheiro jovem e inovador na Toyota desenvolveu uma metodologia de produção que cumpria este requisito pois permitia a melhor qualidade com os custos mais baixo e o *lead time* mais reduzido.

A Toyota introduziu o *Just-in-Time* (JIT) de modo a tornar a produção flexível em relação aos requisitos do cliente sobre especificações de produto e tempo de entrega. O JIT é a produção sem inventário associado ao processo. O inventário é a rede de segurança numa linha de produção; removê-la prevê qualidade e estabilidade superior. A qualidade é assegurada pelo *Jidoka* que significa que a produção deve ser parada caso aconteça alguma irregularidade.

A estabilidade e os custos reduzidos são conseguidos pela eliminação de actividades que não se traduzem em valor acrescentado para o cliente mas consomem recursos (desperdício) e *kaizen* (melhoria contínua).

A Toyota não proclamou o desenvolvimento dum sistema de produção. Esta filosofia tornou-se parte integrante da cultura empresarial da Toyota e foi sendo constantemente refinada. Durante os anos 80 o sucesso da Toyota suscitou interesse dos fabricantes de carros

Americanos, muito particularmente porque esses fabricantes estavam a lutar para continuar competitivos no mercado global.

O ponto de vista da Toyota ficou conhecido como “Lean Management”.

Em “Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation” Womack e Jones [10] resumiram os princípios Toyota:

Especificação de valor:

A maioria dos fabricantes define o valor de acordo com organizações preexistentes, tecnologias, bens e considerações passadas sobre economias de escala. No entanto, o valor só pode ser especificado correctamente perguntado ao cliente o que ele realmente quer: Qual é o produto que é pedido, a que altura, e por que preço?

Identificação da cadeia de valor

As actividades que juntas constituem a criação e entrega de valor fazem parte da cadeia de valor. A cadeia de valor só deve ter como elementos, actividades que contribuam para a produção do que o cliente realmente quer. Se a cadeia de valor for identificada e analisada, o desperdício pode ser eliminado.

Fluxo

O fluxo contínuo estabelece condições para ultrapassar a separação de processos por funções ou departamentos, processamento em lote e economias de escala.

“[...] things work better when you focus on the product and its needs, rather than the organization or the equipment, so that all the activities [...] occur in continuous flow.”

Pull

Devido à implementação de fluxo o tempo de *throughput*, que é o tempo médio necessário para converter matéria-prima em bens acabados é reduzido. O sistema de produção *lean* consegue desenhar, agendar e fazer exactamente o que o cliente quer, quando o cliente quiser. Consequentemente o cliente pode puxar os produtos com flexibilidade. Por outro lado os fabricantes em massa, cuja produção é baseada em previsões de vendas, empurram os seus produtos para o cliente e sofrem com alterações na procura.

Busca Incessante da Perfeição

Uma organização lean nunca está satisfeita com as suas actuais conquistas e portanto tenta constantemente melhorar a qualidade, os custos e a performance de entrega.

2.2 - Bosch Production System

A Bosch é fornecedora da Toyota e por consequência foi altamente influenciada pela filosofia Toyota durante décadas. Isto levou à introdução do BPS¹ no princípio do século 21. Os processos de produção foram redesenhados para produzir a peça certa, na quantidade certa, pelo preço certo e na altura certa.

O BPS é baseado na filosofia Toyota com elementos específicos que foram ajustados à cultura empresarial Bosch.

É uma iniciativa para todo o grupo Bosch, assente em 8 princípios e que tem por base a gestão integrada da cadeia de valor.

O seu objectivo é a redução do desperdício em todos os processos, tornando-os mais simples, mais transparentes e mais flexíveis e também o envolvimento de todos os colaboradores no seu trabalho diário, de modo a ultrapassar as expectativas dos clientes e melhorar a rentabilidade da organização.

A Bosch tem três áreas principais em que a sua competência pode ser dividida: aprovisionamento, produção e cliente. No universo Bosch estas áreas têm respectivamente o nome de *source*, *make* e *deliver*.

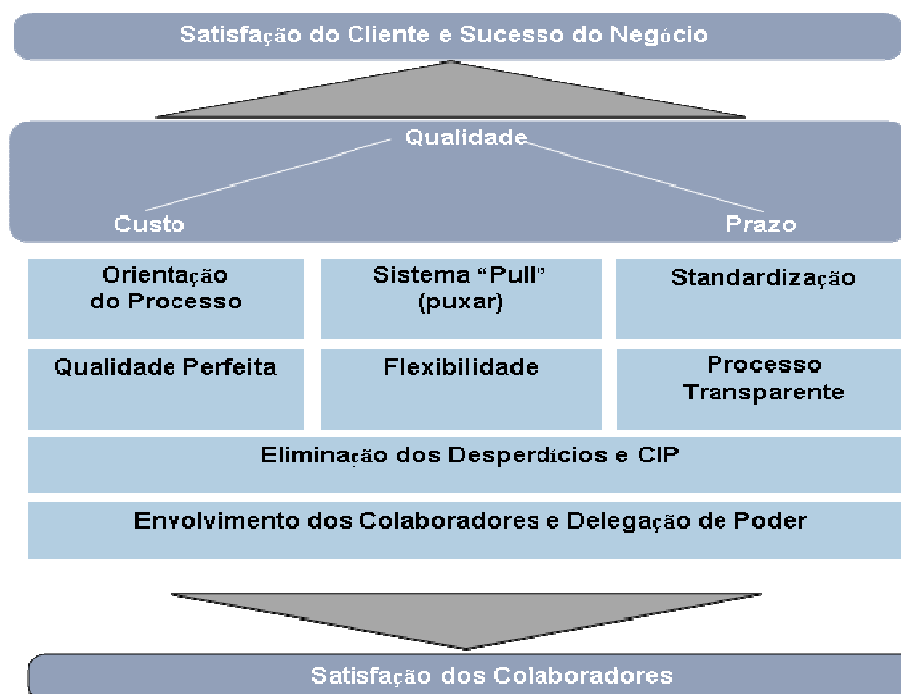


Figura 2.1 - Princípios Lean da Bosch (Intranet Bosch - Apresentação Pull System.ppt, 2008).

¹ BPS - Bosch Production System

2.3 - Desenvolvimento de Fornecedor

Respect your extended network of partners and suppliers by challenging them and helping them to improve [11].

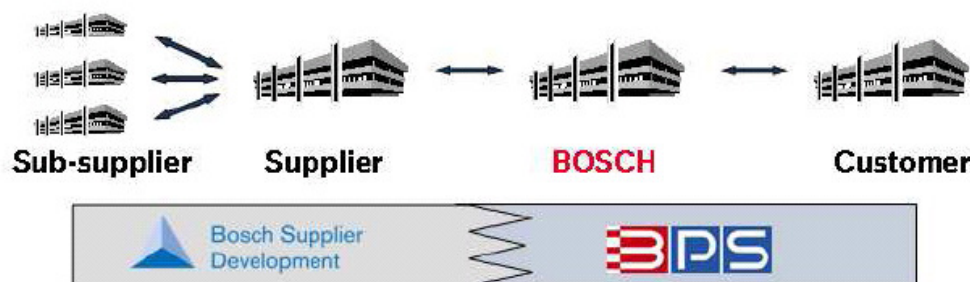


Figura 2.2 - Desenvolvimento de Fornecedor e BPS (Intranet Bosch - Apresentação Pull System.ppt, 2008).

Quando as práticas de produção *lean* são implementadas no *gemba*² têm de ser estendidas aos fornecedores. A razão para esta situação deve-se ao facto de que a produção *lean* não funciona bem com produção em massa, ou seja, uma fábrica pautada por sistemas *pull* não atinge o seu máximo potencial se os seus fornecedores produzem quantidades enormes de stock e não enviam os materiais de acordo com o escalonamento *pull*. Além disso, se um fornecedor trabalha com standards de produção em massa não atingirá facilmente reduções de desperdício e conseqüentemente não apresentará valores de performance atractivos para a organização.

De modo a conceber um sistema de negócios *lean* em toda a cadeia de valor a área de Desenvolvimento de Fornecedor implementa o BPS na cadeia de fornecimento.

Cada unidade de negócio do grupo BOSCH tem uma equipa de desenvolvimento de fornecedor e existe uma unidade central dessa área que coordena e estandardiza os métodos usados globalmente. Os departamentos de compra duma unidade de negócio sugerem fornecedores para o programa. Se o fornecedor e a BOSCH estiverem dispostos a seguirem um projecto juntos será feito um contrato que define os papéis e as responsabilidades de cada parte bem como a divisão de futura poupança de custos.

Sendo assim os fornecedores tem de provar o seu compromisso e atingir os objectivos: alta performance, standards de qualidade, custos e entregas e para que isso aconteça têm de trabalhar transversalmente para atingir os melhores interesses para as duas organizações.

² *Gemba* é a palavra japonesa para terreno, neste caso o local onde se acrescenta valor, o chão de fábrica.

Este conceito é muito importante para uma organização quando os seus fornecedores fazem parte da família alargada que aprende e cresce em conjunto. Os programas de desenvolvimento de fornecedor expandiram-se do seu foco na qualidade para incluir assuntos mais sofisticados tecnologicamente. O verdadeiro objectivo é que as organizações trabalhem em conjunto em programas de redução de custos, resolução de problemas, sistemas de inventário *just-in-time*, desenvolvimento de produto e outros conceitos relacionados.

Um projecto deste género permite ao fornecedor ficar ligado ao processo de mudança e criar uma organização guiada pela gestão *lean*.

2.3 - Sistema Pull/Push

Para descrever a dinâmica industrial de produção podem ser consideradas duas abordagens: o planeamento *pull* e o planeamento *push*.

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 [5]. Todos os produtos finais são enviados para armazém, originando níveis elevados de stock pois não há garantia que sejam consumidos pelo mercado imediatamente.

O sistema de produção *push* tradicional tem muitos contratempos e alguns podem ser visualizados na figura 3.3.

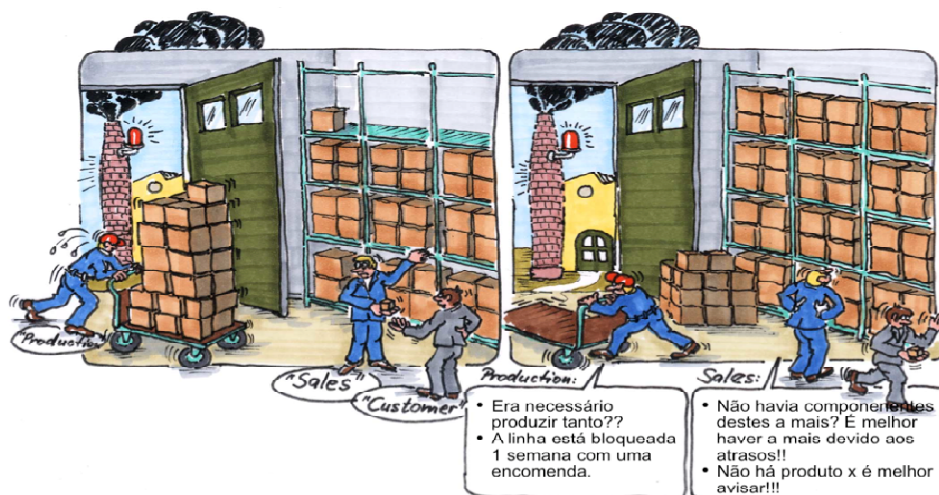


Figura 2.3 - Situações habituais em esquemas de produção push (Intranet Bosch - adaptado de BPS waste cartoons).

O sistema de planeamento em *Pull* (independentemente das variantes que possa assumir o modelo em prática) é umas principais plataformas de sucesso do modelo de gestão *lean*. A

descrição que se segue corresponde à metodologia levada a cabo e implementada pela Toyota [6].

Enquanto modelo de organização industrial, o planeamento em *pull* pressupõe a integração do fluxo de materiais e tem como principal objectivo optimizá-lo.

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;
- Permite o controlo visual da produtividade e dos fluxos de informação e materiais;
- Procura satisfazer o cliente, optimizando a qualidade, custo e prazo de entrega;
- Aproxima a Produção e a Logística criando um fluxo de informação entre ambos;
- Deve ser implementado na totalidade da cadeia de abastecimento.

Taiichi Ohno observou este sistema em funcionamento pela primeira vez num supermercado numa visita aos Estados Unidos e de facto continua a ser a forma mais simples de explicar esta metodologia. Um cliente retira um item duma prateleira que pode ser reabastecida do armazém da loja que por sua vez é reabastecido do centro de distribuição regional e que finalmente é reabastecido do centro de produção.

Em termos industriais, quando uma ordem de encomenda é recebida o *pull* deve disparar uma data específica de envio para satisfazer o cliente e posteriormente desdobrar um horário de produção para reabastecer o stock.

Este é um funcionamento ao contrário da cadeia de valor, começando o processo de acordo com o horário e manter os componentes e montagens a mover-se em fluxo ao longo da cadeia sem atrasos.

Existem três tipos de sistemas *pull* em produção: o de controlo de consumo ou supermercado; produção síncrona (*just in sequence*); e o sistema de *mixed pull* que combina elementos das duas variantes anteriores.

Sistema *Pull* de supermercado:

Este é o sistema mais básico e é conhecido como *fill-up* ou *pull* de reabastecimento. Num sistema *pull* de supermercado cada processo é um supermercado que tem uma quantidade específica de cada produto que produz. Cada processo produz para reabastecer o que é retirado do seu supermercado. Num sistema *Lean* é vantajoso escalonar a produção num processo em particular. Este processo é chamado de *pacemaker* e situa-se normalmente no fim da linha, ou na montagem final. Este será o cliente principal dentro da unidade de produção e deverá “puxar” a produção para si.

Com controlo de consumo o *pacemaker* estará desacoplado dos processos a jusante por supermercados. Uma das regras chave para seleccionar o *pacemaker* é garantir que todos os processos a seguir vão fluir para o cliente final. A produção excessiva é garantida pelos supermercados que tem como especificação o número máximo de itens a suportar.

Sistema Pull sequencial:

Num sistema *pull* sequencial a quantidade certa é produzida e entregue na ordem certa e na altura certa. JIS (*just in sequence*) deve ser usado quando há demasiados componentes para garantir inventário em cada supermercado. Num sistema sequencial, o departamento de planeamento deve decidir a variedade e quantidade dos produtos a serem produzidos. Neste sistema o *pacemaker* decide a sequência de produção.

Sistema Pull sequencial e supermercado misturados:

Os sistemas referidos acima podem ser usados num sistema misturado quando o princípio de Pareto se aplica [3]. Este princípio é baseado na relação directa entre a baixa percentagem (aproximadamente 20%) de referências e a maioria (aproximadamente 80%) de volume de produção diário. Frequentemente é feita uma análise ABC para segmentar as peças por volume (ver abaixo). Um sistema destes pode ser aplicado selectivamente e as vantagens dos tipos de *pull* referidos acima podem ser obtidos, mesmo em ambientes onde a procura é complexa e variada. Com este sistema é possível produzir *make-to-stock* e *make-to-order*.

2.4 - Definição de indicadores

2.4.1 - Classificação ABC - High Runners e Exóticas

Num ambiente *lean* o controlo de inventário e o planeamento de produção altera-se segundo as regras de operação de comportamento de material. Em vez de gerir cada componente da mesma maneira, estes devem ser reclassificados com base nas características da sua procura [3].

O tempo, dinheiro e recursos necessários para gerir inventário devem estar relacionados com as características de comportamento do material. Os componentes devem ser estratificados de acordo com um critério específico para que o esforço despendido na gestão do seu reabastecimento seja apropriado.

Os materiais ou componentes podem ser segregados de acordo com a chamada classificação ABC. Esta aproximação difere ligeiramente da regra 80/20 de Pareto [3], embora a população média se mantenha na distribuição de percentagem normal 15/35/50.

Inicialmente a classificação dividia as referências em três grupos: A, B, C.

Segundo a classificação usada na organização objecto de estudo as referências “A” são aquelas que têm maior taxa de consumo e, conseqüentemente, maior produção. Actualmente são designadas de *High Runners* e as restantes referências são denominadas por Exóticas.

2.4.2 - EPEI (*Every Part Every Interval*)

O EPEI é um número que nos diz o tempo de ciclo necessário para repetir todas as referências de produto. Pode ser calculado muito facilmente dividindo o número de referências de produto pelo número de *changeovers*³ numa dada máquina durante um certo período de tempo. É também igual a um tamanho de lote fixo calculado em dias de procura.

Euclides Coimbra [2] apresenta um exemplo para fácil compreensão deste cálculo. Assumindo quem num mês três referências de produto podem ser produzidas numa máquina com 3 *changeovers* neste caso o EPEI é três dividido por três, cuja resultante é um EPEI de um.

Sendo assim, cada mês é repetido as três referências. Este EPEI não é muito flexível pois os clientes de cada referência produzida durante o mês terão de esperar até ao início do mês seguinte para receber a sua encomenda do produto. Os fornecedores dos componentes necessários para produzir o produto receberão grandes ordens mensais que podem variar significativamente de mês para mês consoante a procura.

2.4.3 - *Takt Time*

*All we are doing is looking at the time line from customer order to cash collection... and we are reducing that time line by removing the non-value-added wastes.*⁴

O mercado representa o processo final. A saída ideal dum sistema de produção sincronizada consiste no cumprimento exacto das necessidades do mercado. O mercado dita o tempo *takt* de produção. Este é o cronómetro de todas as actividades da organização (produção, informação, *kaizen*, etc.) e determina o intervalo de tempo do fluxo de material e todas as acções associadas com ele [9].

O *Takt* de cliente é um conceito que quantifica o ciclo médio de consumo em relação ao tempo de trabalho da fábrica ou organização de distribuição e é calculado dividindo o tempo diário de trabalho pela quantidade diária consumida [2].

³ Mudança de ferramenta de produção numa unidade de fabrico.

⁴ Ohno, Taiichi; 1988

2.5 - Levelling

The slower but consistent tortoise causes less waste and is much more desirable than the speedy hare that races ahead and then stops occasionally to doze. The Toyota Production System can be realized only when all the workers become tortoises [7].

A maneira mais eficiente de produzir um dado produto é produzir a mesma quantidade dos mesmos componentes todos os dias [9]. 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 maquinaria 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.

O nivelamento de produção pode ser descrito como um ciclo diário em que a produção mensal é dividida em quantidades diárias [9].

O processo de nivelamento consiste em diversas operações de planeamento que convertem ordens em lotes programáveis e lançam uma sequência otimizada da produção. Esta sequência respeita a capacidade produtiva e suaviza as quantidades a serem produzidas [2].

O processo começa com os resultados do planeamento da produção em *pull* e na transformação das quantidades a serem produzidas em ordens de escalonamento.

É possível sumarizar as operações deste processo em:

- 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)
- Sequenciamento das linhas de produção

Segundo Euclides Coimbra [2] as principais decisões e acções a tomar num *roll out* de nivelamento são:

- Decidir qual linha ou máquina receberá as ordens *kanban* - i.e., a linha *pacemaker*

- Nivelamento da variabilidade da procura no cliente externo - i.e., envio para a produção duma quantidade fixa de produção diária (a capacidade produtiva diária decidida)
- Nivelamento da mistura de tipos diferentes de produtos para:
 - Permitir que a produção use um número fixo de operadores
 - Reduzir o efeito de *Forrester* na procura de componentes
- Definir o ciclo de *picking* e tempo de ciclo do *milkrun*
- Definir o lote de produção (de acordo com o parâmetro EPEI)
- Definir a sequência que deve ser enviada para a linha de produção.

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 nivelamento segundo a Toyota pode ser classificado em 5 níveis:

Tabela 2.1 – Os cinco graus de nivelamento no sistema Toyota [2].

Nível	Descrição	EPEI
1	Lote grande, produção mensal	1 Mês
2	Lote mais reduzido, mais que um lote por mês	10 Dias (1 mês tem 20 dias de trabalho)
3	Produção diária, quantidades diferentes	8 Horas (1 dia tem 1 turno de 8 horas de trabalho)
4	Vários lotes por dia, lote constante	4 Horas
5	Lote unitário, produção mista	0,8 Horas

É de notar que o nível 5 é o EPEI mais difícil de atingir. Pode ser visto em linhas de montagem automóvel que usam o modelo de produção mista. Neste caso é possível repetir uma sequência de modelos diferentes em que a sequência acaba por representar um único produto.

O progresso no nivelamento está relacionado com o número de *changeovers*⁵ - quanto mais o número de *changeovers*, mais alto o nivelamento.

2.6 - O efeito Bullwhip

A vantagem de ter lotes pequenos é a redução do chamado efeito *Bullwhip* na cadeia de abastecimento e permite às linhas de produção trabalhar com um número fixo de operadores (independentemente do tipo de trabalho dos diferentes produtos).

⁵ *changeover* é o tempo que decorre entre a mudança de tipo de produção num processo produtivo.

O efeito *Bullwhip* ou chicote é visto normalmente em cadeias de abastecimento dominadas pelas previsões. O conceito tem as suas raízes no trabalho de J. Forrester de 1961 em dinâmicas industriais e portanto também é conhecido como o efeito Forrester [4]. Como o resultado desta dinâmica - uma oscilação crescente da procura a montante numa cadeia de abastecimento - é semelhante a uma chicotada ficou famoso como efeito *Bullwhip* (chicote).

Tal como pode ser analisado na figura 3.5 o efeito *Bullwhip* funciona da seguinte maneira: pequenas alterações da procura no cliente final geram aumentos de procura a cada etapa da cadeia de abastecimento.

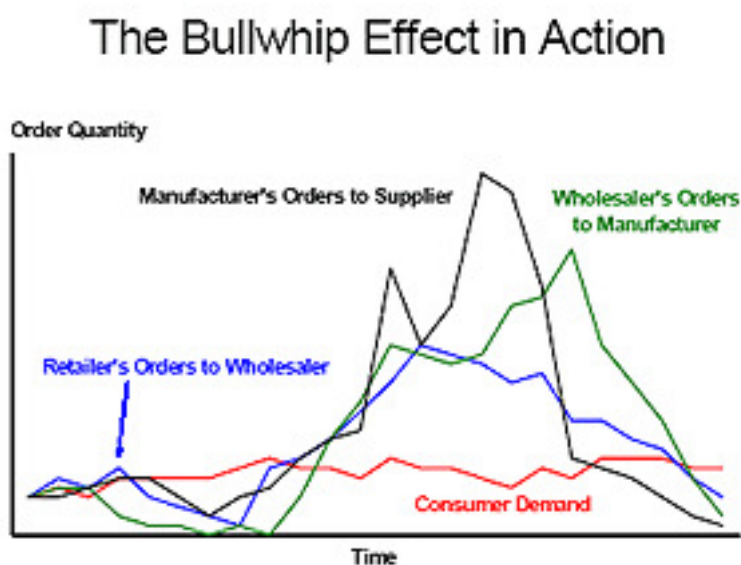


Figura 2.4 - Efeito Bullwhip (<http://www.infotech.com>).

Há muitos factores que podem dar azo a este efeito. Uma das suas causas principais é o uso de previsões. Como os erros de previsão são inevitáveis, as organizações tendem a manter um *buffer* de inventário chamado stock de segurança. À medida que se avança na cadeia desde o consumidor final ao fornecedor de matéria-prima cada participante sofre um aumento da procura e portanto tem uma maior necessidade de stock de segurança. Em períodos de procura crescente os participantes a jusante aumentarão as suas encomendas. Em períodos de procura decrescente as encomendas vão abrandar ou parar de modo a reduzir inventário.

Este comportamento provoca o padrão de oscilação patente na figura 2.4.

2.7 - PDCA (Plan Do Check Act)

O ciclo PDCA foi concebido originalmente por Walter Shewhart nos anos 30 e adoptado mais tarde por W. Edwards Deming. O modelo fornece a base para a melhoria dum processo

ou sistema. Pode ser usado como um guia para um projecto de melhoria inteiro, ou para desenvolver projectos específicos quando as áreas chave de melhoria já tiverem sido identificadas.

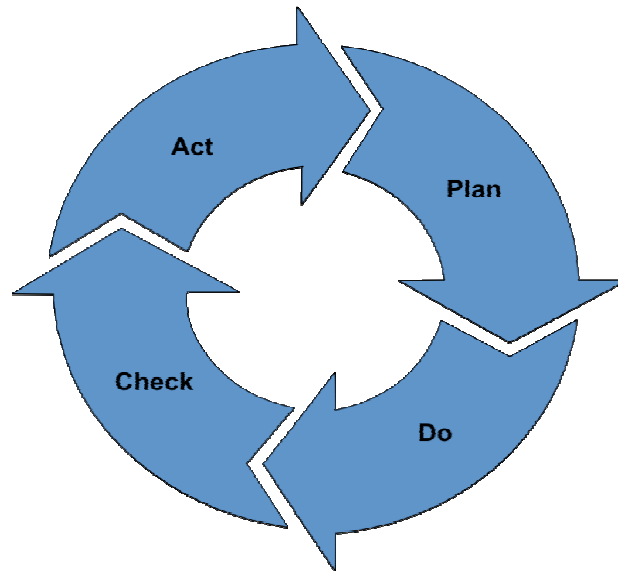


Figura 2.5 - Ciclo PDCA (Intranet Bosch - *Lean Basics.ppt*, 2008).

O ciclo PDCA foi desenhado para ser usado como um modelo dinâmico. Como se pode ver na figura 3.6 o fim duma volta do ciclo entra na próxima etapa. Este é o espírito de melhoria contínua da qualidade em que se inspira, o processo pode sempre ser reanalisado e uma nova mudança pode ocorrer.

Plan (Planejar):

Nesta fase do ciclo, deve proceder-se à análise do que se pretende melhorar, procurando e analisando as áreas onde existem oportunidades para melhorar. O primeiro passo é escolher as áreas em que a evidência e retorno do esforço investido seja maior.

Podem ser utilizadas algumas ferramentas da qualidade com o intuito de ajudar a identificar as áreas onde podem ser encetados processos de melhoria, tais como o Brainstorming, Diagrama de Pareto ou uma OPL (Open Point List)

Do (Fazer):

Esta fase visa a execução das alterações que foram planeadas e decididas na fase do planeamento. O planeamento é, sem qualquer margem para dúvidas, uma fase de extrema importância na medida em que condiciona todas as fases seguintes.

Check (Verificar/Avaliar):

Esta fase é a fase mais crucial do ciclo de melhoria contínua. Algumas perguntas podem ser feitas nesta fase:

- O que aprendemos
- Como decorreu
- Existem falhas
- Pontos fortes

Para que seja efectuada uma avaliação coerente, correcta e sobretudo real, devem ser estabelecidos objectivos concretos atingíveis e mensuráveis. Definir objectivos implica definir indicadores que evidenciem se os objectivos estão ou não a ser atingidos. Os gráficos de controlo constituem uma ferramenta fundamental para efectuar o acompanhamento da evolução dos objectivos definidos.

Act (Agir):

Depois de planear, implementar e monitorizar as alterações, deve-se avaliar se existem vantagens e benefícios em continuar com essas mesmas alterações. Se, por exemplo, as alterações consumiram muito tempo, se existiram dificuldades no que diz respeito à adesão das pessoas ou eventualmente não conduziram a quaisquer melhorias, pode considerar-se a opção de não as implementar e dar início a um novo processo de melhoria contínua.

O ciclo PDCA baseia-se na identificação de oportunidades de melhoria analisando os problemas que se repetem continuamente. Estes problemas podem ocorrer devido ao facto dos processos e actividades não estarem a desenvolver-se de acordo com o previsto, o que tem reflexos negativos na eficiência e eficácia da organização.

Capítulo 3

Processo de Planeamento de Produção e Aprovisionamento na Organização

3.1 - Caracterização da Organização Objecto de Estudo

O projecto desenvolvido teve lugar numa organização do grupo Bosch cuja área primordial de negócio é a produção de aparelhos não eléctricos para uso doméstico como esquentadores, caldeiras e painéis solares.

Esta organização é o centro de competências de tecnologias de aquecimento de água e está encarregue do desenvolvimento das marcas de esquentadores do grupo Bosch para o mundo inteiro. A sua capacidade produtiva é de 1,500,000 esquentadores, 100,00 caldeiras e aproximadamente 40,000 painéis solares por ano.

A organização conta com mais de mil e duzentos colaboradores, e está dividida em vários Departamentos tais como Desenvolvimento, Qualidade, Compras, Logística e Produção.

Além destes departamentos existe uma equipa encarregue de aplicar os standards Bosch à organização, o departamento BPS cujos princípios foram explicados no capítulo 2. O mais relevante para o desenvolvimento deste Projecto é o Departamento de Logística. Este divide-se em seis grupos, como evidencia a figura 2.1.

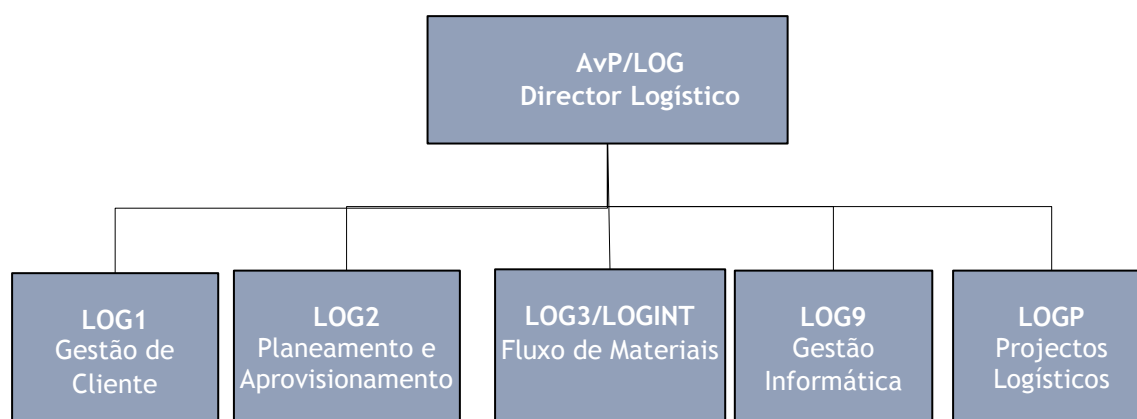


Figura 3.1 - Organigrama do departamento de Logística (Intranet Bosch - *Apresentação Standard LOG2.ppt*, 2009).

A secção do departamento em que se inseriram os temas abordados neste projecto foi o grupo LOG2 que inclui o planeamento de produção, o aprovisionamento de materiais e é responsável pela gestão de clientes da zona Ibéria (Portugal e Espanha) que corresponde a 40% das vendas.

O *layout* da fábrica inicial circunscrevia-se à existência, exclusiva, de linhas de montagem de produto final. Mas com o intuito de melhorar o rendimento dos recursos humanos e do próprio espaço, procedeu-se à eliminação de duas linhas e criação de quatro novas células, que não funcionariam em linha, mas sim em “U”, permitindo, assim, um melhor aproveitamento do espaço.

A disposição / posicionamento das células, linhas de montagem e zonas de abastecimento está organizado de forma bem definida e pensada ao mínimo pormenor da gestão de desperdício, principalmente em termos de tempo.

Assim, actualmente existem quatro células e três linhas de montagem de produto final, todas direccionadas para a produção de esquentadores (também designados por GWT), exceptuando a linha 6 que produz caldeiras (ou GZT). A linha de produção de solares encontra-se situada noutra edifício. A figura 3.2 ilustra a disposição das células e linhas.

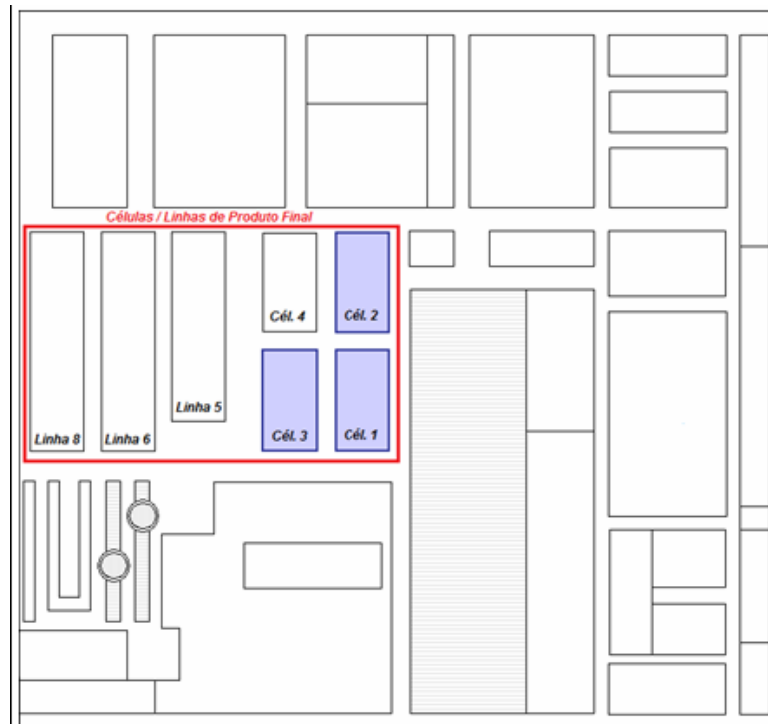


Figura 3.2 - Planta simplificada do chão de fábrica (Intranet Bosch - Apresentação Standard LOG2.ppt, 2009).

3.2 - Identificação e Análise do Problema

3.2.1 - Enquadramento Conceptual

A organização começou por estruturar um projecto que garantisse o *pull* e uma melhor gestão de stocks - o *Pull-Flow Iberia* que foi implementado em 2006.

Neste projecto é utilizado o sistema *pull*, para a estratégia *Make-to-stock* ou seja, o cliente vai buscar ao armazém o que necessita e através do *e-kanban* são geradas ordens de produção para repor o nível de stock. Para poder produzir, a Bosch envia aos fornecedores também por *e-kanban* as necessidades de material para o dia seguinte e a que hora deve chegar o material. Este processo é feito diariamente.

Nas actividades *source* (relacionadas com os fornecedores) são mensalmente enviadas as previsões aos fornecedores. Depois, através de um algoritmo interno, são diariamente calculadas e enviadas as quantidades de material para os fornecedores entregarem no dia seguinte, tendo em conta a capacidade produtiva, os produtos acabados em stock e o nível de encomendas. Isto faz com que a produção tenha sempre material suficiente para a sua actividade, sem que se obtenham níveis de stock demasiado altos ou demasiado baixos.

O algoritmo usado no *pull planning* com fornecedores é o de *Reorder Point* cujo perfil de comportamento é ilustrado pela figura 3.3.

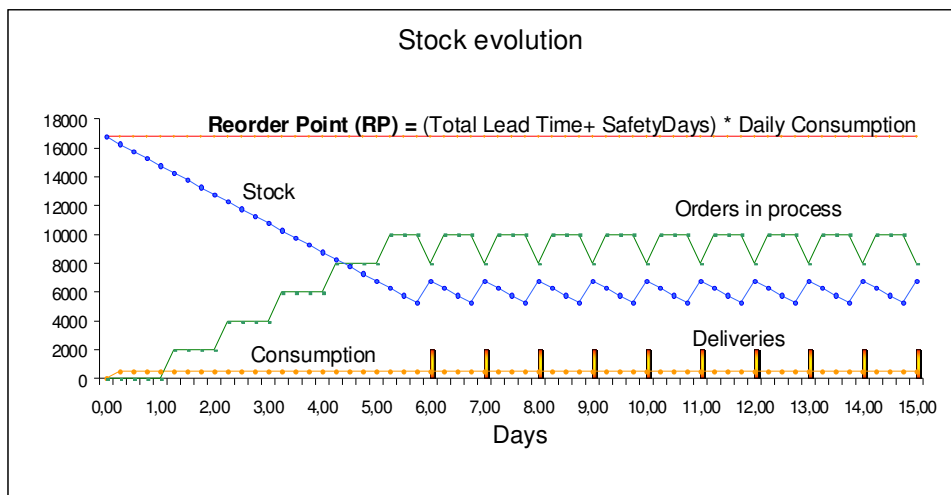


Figura 3.3 - Perfil de consumo típico de fornecedores diários em *pull* (Intranet Bosch - Apresentação LOG2 Pull.ppt, 2007)

Em termos de actividades *make* a produção era feita em linhas de produção o que implicava um número de trabalhadores elevado, faziam-se setups nas máquinas - o que implica tempo “morto” para os operadores, havia um fluxo de componentes menos eficaz, isto na situação inicial.

Para resolver estes problemas, transformou-se a linha final em células de produção e os processos melhoraram significativamente em várias frentes em termos de número de operadores (menos pessoas necessárias para fazer o mesmo trabalho), os tempos de setup são zero, criaram-se supermercados embutidos nas células de produção cujo resultado foram várias melhorias tais como maior flexibilidade e maior variedade de output.

No *deliver*, melhoram os níveis de stock, garante-se a disponibilidade de todos os produtos e a recolocação de materiais em stock é muito mais rápida. Para além disso, a eficiência aumenta pois Portugal e Espanha usam o mesmo sistema SAP14, o que significa transparência de stock, informação online sobre o consumo, acesso às encomendas e previsões de Espanha. O contacto constante com os colegas das vendas (de Portugal e

Espanha) facilita o processo. A figura 3.4 ilustra uma visão geral do projecto *Pull-Flow Iberia*.

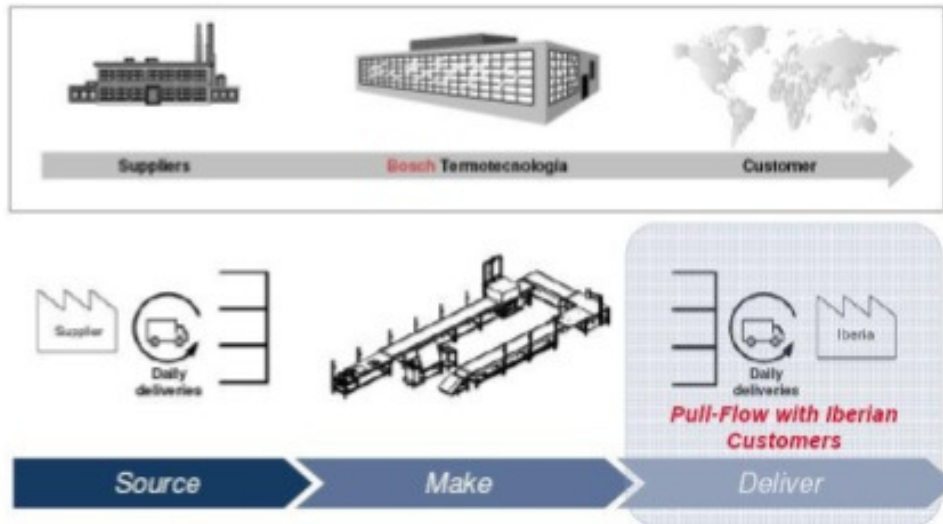


Figura 3.4 - Projecto *Pull-Flow Iberia* (Intranet Bosch - *Pull Concept And Iberian Project.ppt*, 2008)

3.2.2 - Situação Actual

O projecto *Pull-Flow Iberia* trouxe bastantes melhorias ao nível de eficiência de processos, e de *pull*, mas havia falta de nivelamento de produção. Foi então que nasceu o projecto *Pull-Levelling* que veio complementar o *Pull-Flow Iberia* fazendo com que o *pull* e o *Levelling* funcionem em conjunto. No anexo A1 constam dois VSM's que ilustram o processo anterior e o actual em termos de *source*, *make* e *deliver*.

As principais melhorias deram-se em termos de *make* (maioritariamente no planeamento) e consequentemente, no *deliver*.

Para fazer o nivelamento, é reservada capacidade de produção para o *Make-to-stock* e dividem-se as ordens semanais em diárias para o *Make-to-order*. No caso de a capacidade para um dia para o *Make-to-stock* não estiver totalmente preenchida, adicionam-se *kanbans* do *Make-to-Order* à caixa de nivelamento (por outras palavras, criam-se ordens de produção de *Make-to Order*) para que a capacidade fique no máximo. Isto garante estabilidade na produção, mas continua a haver flutuação. No anexo A2 é possível encontrar alguns exemplos de caixas de nivelamento.

A figura 3.5 ilustra o preenchimento da capacidade pelo *Make-to-Order*, supondo que a fábrica trabalha 20 dias úteis. Embora seja reflectido o estado de balanceamento da produção, os dados são aleatórios, não têm qualquer relação com o nível de encomendas da organização.

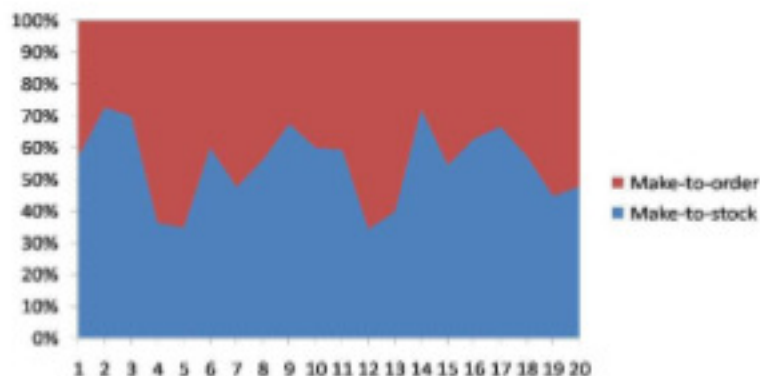


Figura 3.5 - Preenchimento de capacidade *Make-to-Order* (Intranet Bosch - *Pull Concept And Iberian Project.ppt*, 2008)

O nivelamento é feito por famílias de aparelhos. Uma família é constituída por aparelhos com características semelhantes. Há duas gamas de famílias para as quais o nivelamento é feito que são gama *Comfort* e gama *High Output*. A gama *Comfort* caracteriza-se por ser constituída por famílias de aparelhos de baixo débito essencialmente para uso doméstico, e a gama *High Output* é constituída por famílias de aparelhos de alto débito para uso doméstico e industrial.

Planeamento:

O período de nivelamento é de uma semana e é definido às terças-feiras da semana zero (W0) para a semana 1 (W1).

A capacidade de produção (número de kanbans) é definida mensalmente. A capacidade de produção é revista mês a mês, com base na actualização das previsões dos clientes, tendo em conta os stocks actuais e encomendas em curso.

Tarefas semanais

- Às terças-feiras da W0 até às 17h, o LOG2 (planeamento) envia à direcção de produção (MOE) e ao LOG2 (aprovisionamento) o padrão de nivelamento para a W1. Depois de acordado entre os dois departamentos, o padrão de nivelamento para a W1 é enviado para o *Eworks*⁶ e aprovado até às 17h da quinta-feira da W0.
- Às terças-feiras da W0, o LOG2 (planeamento) fixa o plano de produção da W1 para o *Make-to-order* e providencia previsões para o *Make-to-stock*.

⁶ Sistema de gestão de aprovações.

- A quantidade na W1 para o *Make-to-order* é calculada por uma ferramenta em MS Access, considerando o “Sales Plan” mensal (fornecido pelo departamento de vendas) e o histórico do comportamento do consumo durante o mês.

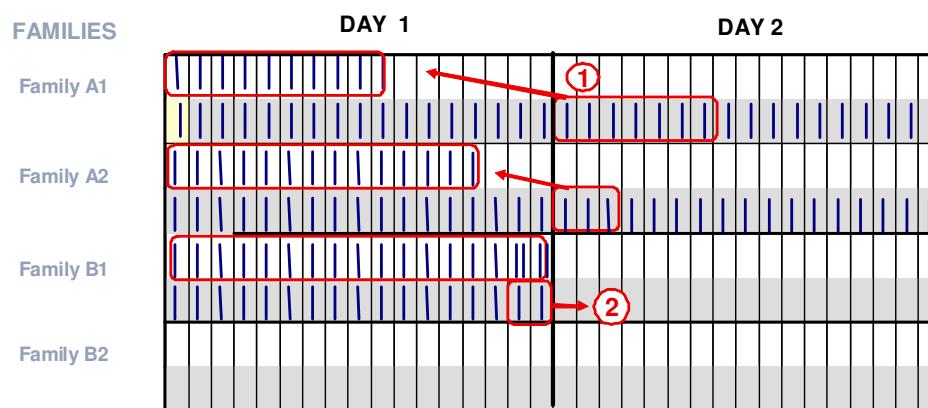
Tarefas diárias

- A equipa de planeamento (LOG2) envia à equipa de aprovisionamento (LOG2) o plano de produção para o D1 e D2 para validação.
- Até às 17h do D0, o LOG2 entrega ao MOE os *kanbans* para o D1.
- LOG2 compara o plano de produção para o D1 com o padrão de nivelamento definido
- LOG2 compara a produção real do D0 com o padrão de nivelamento definido
- Análise diária de desvios, definição e acompanhamento de acções correctivas - feitos nas reuniões diárias com o LOG2 e MOE.

Diariamente a caixa de nivelamento é preenchida com os *kanbans* seguindo as seguintes regras:

1. Se o consumo de *Make-to-stock* for menor do que a capacidade de produção de *Make-to-stock*, são antecipados os *kanbans* de *Make-to-order* para preencher a capacidade de produção do *Make to stock*.
2. Se o consumo de *Make-to-stock* for maior do que a capacidade de produção de *Make-to-stock*, são adiados *kanbans* de *Make-to-order* para dar lugar às encomendas do *Make-to-stock* por serem as que têm mais procura.

Na figura 3.6 é possível visualizar melhor as regras de preenchimento da caixa de nivelamento:



Total number of kanban's per day = Production capacity agreed
 Total number of kanban's per family = Levelling pattern defined

Figura 3.6 - Preenchimento da caixa de nivelamento. (Intranet Bosch - Adaptado de *Pull Concept and Iberian Project.ppt*, 2008).

Estas regras de preenchimento da caixa de nivelamento permitem que se garanta o *pull* e o padrão de nivelamento.

O planeamento depende do nível de reabastecimento do stock (quantidade necessária para manter o nível óptimo de stock) e das previsões de vendas mensais divididas em quantidades semanais.

Planeamento antes do *Pull-Levelling*

O planeamento antes do *Pull-Levelling* funcionava como ilustrado na figura 3.7. O

MRP corria à terça-feira da semana 0 (W0), sendo definido o plano de produção para a semana 1 (W1). O tempo mínimo de reposição do stock (RT) é de quatro dias, no caso de o stock for repostado logo na segunda-feira da W1.

No caso de se receber um pedido na quarta-feira da W0, este só poderá ser repostado no stock num dia da W2, dependendo da capacidade produtiva e do tamanho da encomenda.

Na pior das hipóteses o pedido poderá apenas ser satisfeito na sexta-feira dessa semana, sendo o tempo de reposição igual a 13 dias. Neste cenário, teremos que ter uma cobertura de stock (*coverage target*) de dezoito dias, tendo em conta o stock de segurança que é de cinco dias (Cobertura de stock = RT max. + stock de segurança).

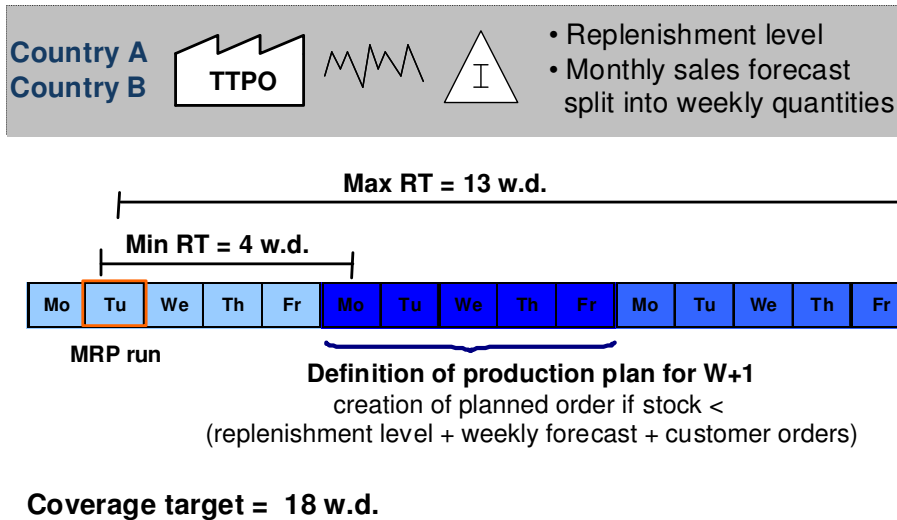


Figura 3.7 - Planeamento antes do pull (Intranet Bosch - Pull Concept and Iberian Project.ppt, 2008)

Planeamento depois do Pull-Levelling

Depois da implementação do Pull-Levelling, o planeamento passou a funcionar como está ilustrado na figura 3.8. O MRP corre diariamente, sendo definido o plano de produção do dia 0 (D0) para o dia seguinte (D1). O tempo mínimo de reposição do stock diminuiu para meio dia e o tempo de reposição máximo diminuiu para dois dias e meio. A cobertura de stock necessária depois do pull passou para oito dias. Regista-se uma melhoria de 10 dias em termos de cobertura de stock. (Bosch intranet - Pull Concept and Iberian Project.ppt, 2008).

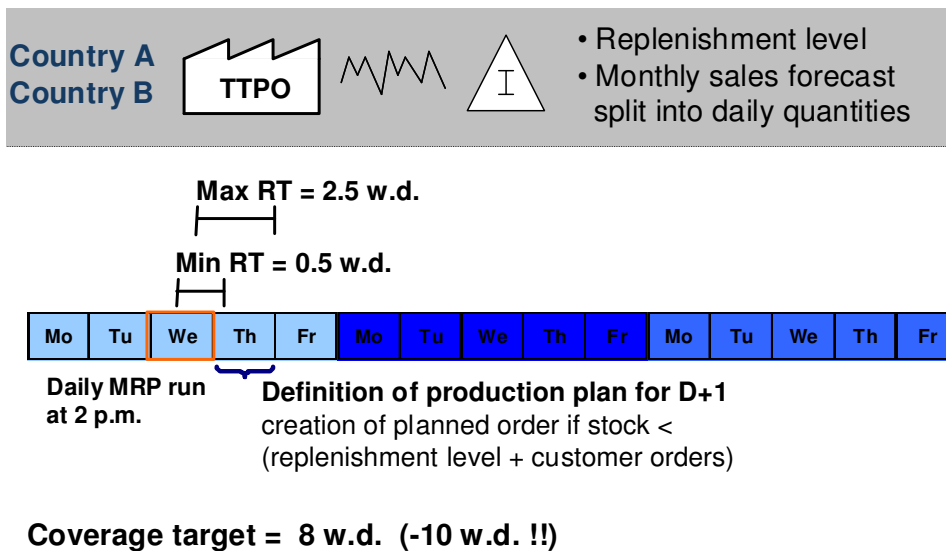


Figura 3.8 - Planeamento depois do pull (Intranet Bosch - Pull Concept and Iberian Project.ppt, 2008)

Desta forma é possível obter e manter um bom nível de serviço aos clientes, garantindo o *pull*, manter um nível de stock menos elevado do que na situação anterior, e minimizar os picos de produção durante o mês através do nivelamento.

3.2.3 - Análise do problema

Neste momento existe falta de estabilidade na produção pois o *pull* a 100% despoletado pelo mercado de vendas gera uma produção desnivelada. Por outro lado não há flexibilidade interna suficiente para lidar com esta procura sem grandes supermercados, o que aumenta o stock de componentes).

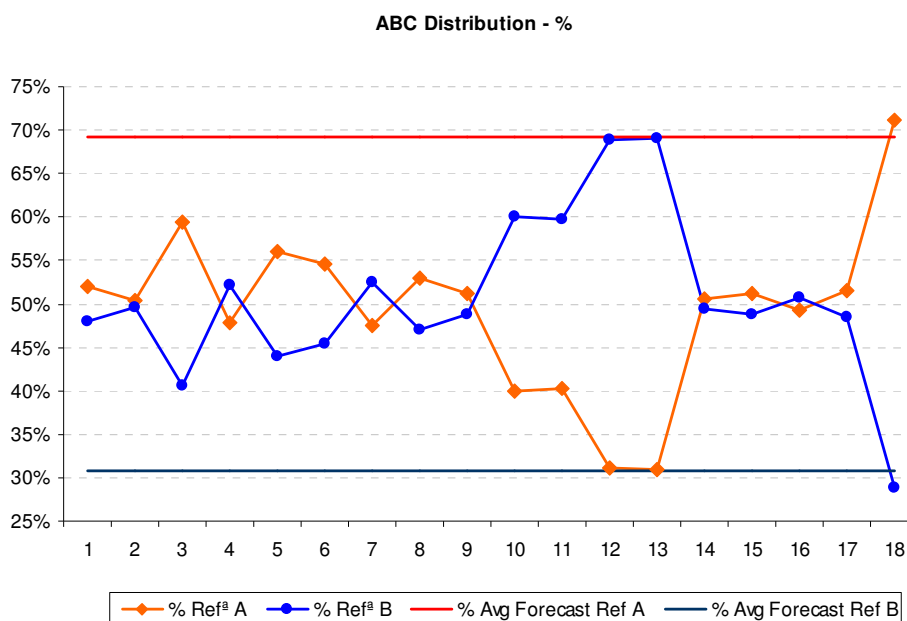


Figura 3.9 - Comparação da classificação de referências A e B versus a previsão (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

Como se pode ver na figura 3.9 verifica-se alguma instabilidade nos processos internos: alta procura para *low runners* (componentes do tipo B) e baixa procura para *high runners* (componentes do tipo A).

A análise ABC baseada em previsões de vendas não é fidedigna e os supermercados não correspondem ao verdadeiro consumo das referências.

Como o sistema de previsões não é de confiança acaba por funcionar em *push*.

Na figura abaixo é possível verificar a disparidade das previsões de consumo com o consumo que se verificou realmente para algumas referências.

Desta forma torna-se muito difícil manter o sistema sem recorrer ao plano de produção fixo.

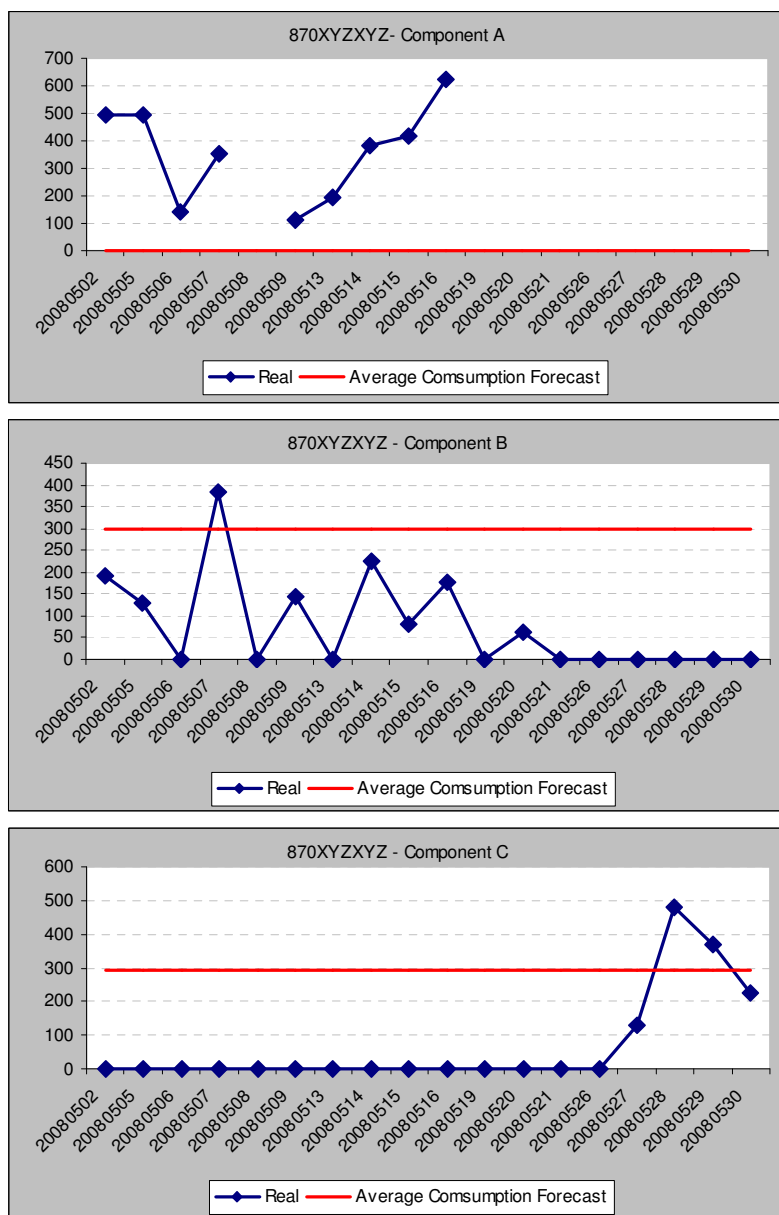


Figura 3.10 - Comparação de consumo real versus previsão de consumo em três componentes de consumo frequente (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

Torna-se então necessário mudar o processo actual devido ao stock elevado nos supermercados internos, de matéria-prima e de fornecedores, esperando não aumentar o stock de produtos acabados nem reduzir a flexibilidade para o cliente.

Existe a oportunidade de estabilizar a produção e de diminuir os stocks na sua totalidade.

3.2.4 - Situação Futura

Para melhor descrever a situação futura de nivelamento que se pretende implementar é vantajoso resumir a situação actual num diagrama *Value Stream Mapping*:

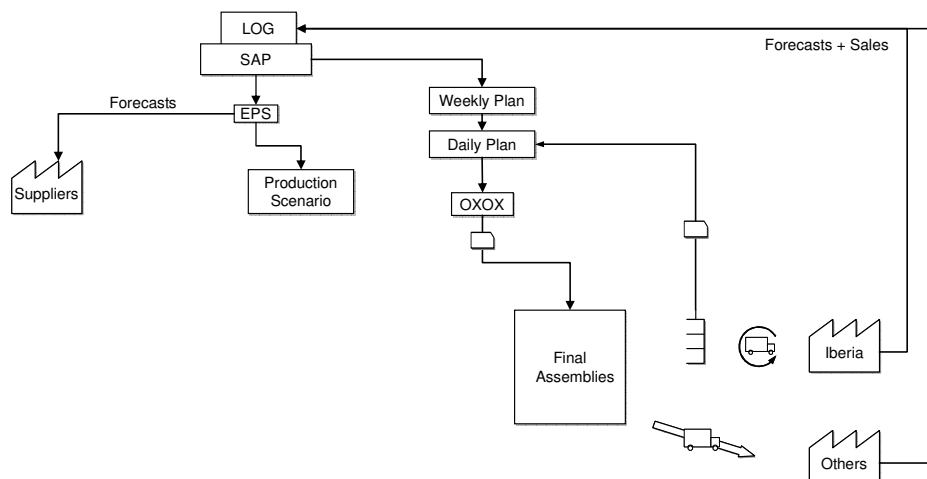


Figura 3.11 - VSM da situação actual de planeamento de produção (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

Como se pode depreender pela análise da figura 3.11 o planeamento de produção para o mercado Ibérico (*make-to-stock*) e para os restantes mercados é baseado não só nas encomendas efectuadas mas também em previsões de cobertura de stock.

O sistema *pull* funciona a 100% pois os kanbans são recolhidos directamente e as encomendas dos clientes Iberia são processadas imediatamente (planeamento + produção).

O sistema que se pretende implementar é uma actuação directa ao nível do cliente e na forma como ele efectua as encomendas assim como na recolha de kanbans e no algoritmo de nivelamento.

As encomendas dos clientes semanais deverão ser feitas até segunda-feira da semana W0 neste novo método. A semana W1 já está fixa anteriormente e sendo assim as encomendas podem ser distribuídas pela semana W2 de produção.

Os kanbans dos clientes semanais são recolhidos durante a noite de quarta-feira da semana W0 e no dia seguinte é ajustada a capacidade diária e o algoritmo de nivelamento e sequência é corrido.

Durante a tarde desse dia é ajustada a capacidade semanal e no final do dia de sexta-feira é feita a impressão dos cartões.

Este período de tempo de planeamento pode ser visualizado na figura 3.12.

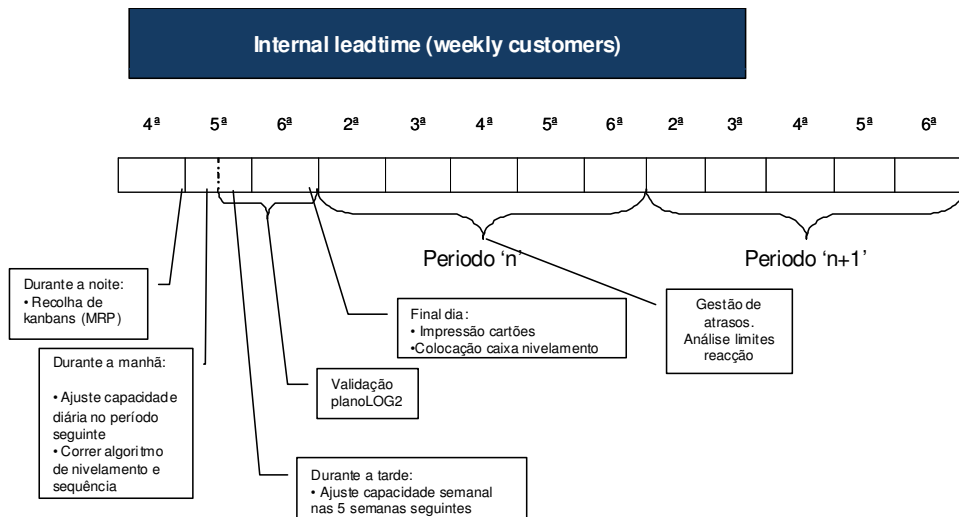


Figura 3.12 - Descrição do período de nivelamento semanal (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

Quanto ao algoritmo de nivelamento dos clientes diários os *kanbans* deixarão de ser recolhidos diariamente passando a ficar acumulados na caixa logística e a sua recolha a ser feita no fim da semana após 5 WD (*working days*).

Esta nova situação pode ser visualizada na figura 3.13.

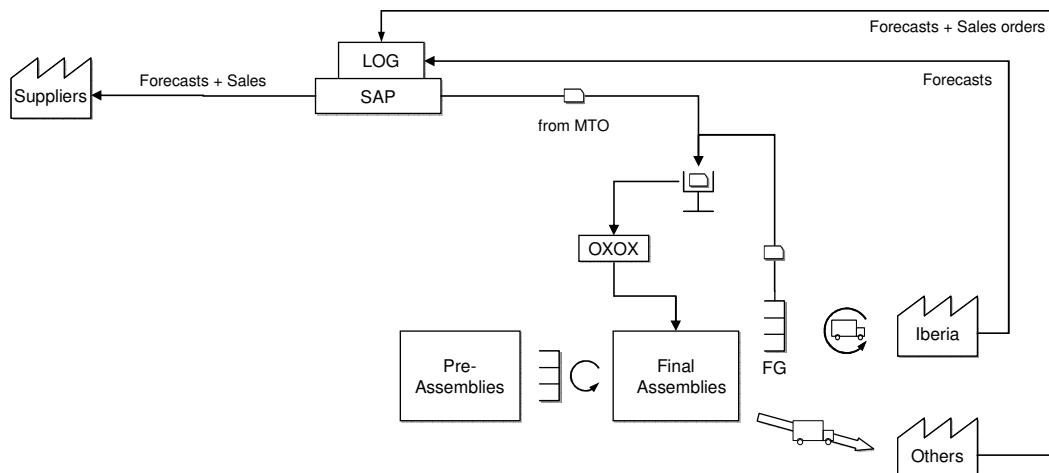


Figura 3.13 - VSM da situação futura de planeamento de produção (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

A figura 3.14 ilustra o futuro planeamento para clientes diários.

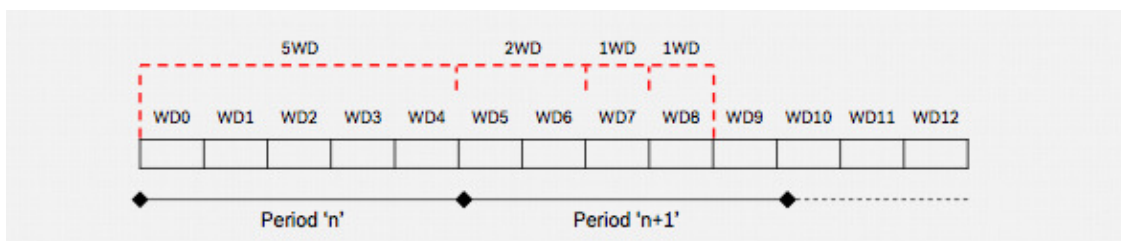


Figura 3.14 - Futuro planejamento diário de nivelamento (Intranet Bosch - *Pull Levelling Concept.ppt*, 2009).

Neste novo sistema de planejamento é possível definir o seguinte tempo de reabastecimento:

1. Tempo de espera na caixa logística: 5 WD
2. Tempo entre a caixa logística e a caixa de nivelamento: 2 WD
3. Tempo de produção: 1 WD
4. Tempo de transporte para a BETZ: 1 WD
5. Total RT = 9 WD

Ao fim de cada período os *kanbans* que são recolhidos são usados para definir um padrão de nivelamento para o período seguinte. Este conceito tem o nome de *pull* através de nivelamento.

Algoritmo de nivelamento e sequência

- Para cada referência *high runner* (HR) distribuir a mesma quantidade de *kanbans* por cada dia de semana. Colocar de parte os restantes *kanbans* (igual ao resto da divisão do número total de *kanbans* pelo número de dias de produção do período a nivelar).
- Para cada família, distribuir por cada dia os restantes *kanbans* das referências HR e os *kanbans* das referências exóticas por forma a que:
 - Para cada referência exista no máximo a diferença de um *kanban* (para mais ou para menos) entre cada dia do período de nivelamento.
 - No total do dia exista no máximo um *kanban* de diferença entre cada dia do período de nivelamento.
- Para cada dia numerar os *kanbans* a produzir de acordo com o standard de sequência definido ao nível da família.
- Dentro da sequência definida cada família deve terminar com uma referência HR.

3.2.5 - Nivelamento à família versus nivelamento à referência

O nivelamento de produção à referência é possível de ser implementado nesta situação pois foi criado um novo conceito de planeamento em que a satisfação das encomendas dos clientes semanais e dos clientes diário tomou um novo caminho como foi referido na descrição do novo conceito na secção 4.1.3.

Para as encomendas de outras secções da fábrica que estão em 100% *pull* é impossível nivelar à referência pois a variabilidade de encomendas é demasiada para ser estabelecido um padrão de nivelamento.

Nestes casos os produtos são categorizados por famílias e o nivelamento é feito ao conjunto de produtos semelhantes.

3.3 - Conclusão

A visão da Bosch é alcançar o nivelamento à referência de 100% dos *pacemakers*.

Neste momento existe um *pacemaker* nivelado à referência, cinco *pacemakers* nivelados à família e três sem nenhum tipo de nivelamento.

O objectivo actual e alvo de estudo deste trabalho é o nivelamento à referência dum *pacemaker* até Agosto de 2009.

Visto que a data de lançamento do projecto-piloto de nivelamento na linha 5 é posterior à data de término deste projecto não é possível obter resultados reais do efeito de nivelamento.

No entanto os resultados que se esperam são bastante promissores:

- Aumento da flexibilidade da linha (variedade de modelos maior).
- Minimização de oscilações de consumo de componentes possibilitando redução de stocks em toda a cadeia de valor.
- Melhoria do nível de serviço do fornecedor (sujeito a menos oscilações na cadeia de valor haverá menos probabilidade de falhar entregas).

Capítulo 4

Caso de Estudo Pull Levelling e Ship to Line

4.1 - Pull Supplier Profiling

4.1.1 - Caracterização de fornecedores

Um dos passos importantes no desenrolar deste projecto foi a análise de componentes e respectivos fornecedores que são parte integrante do produto acabado que é produzido na linha piloto do projecto *Pull Levelling*, a linha 5.

Para tal foi necessário fazer a explosão de pais (produto acabado) que é produzido na linha piloto.

Para realizar esta análise foi empregue o sistema SAP R/3, particularmente a transacção Z14CMYU_BOM_STRUKTUR que dá origem ao *Bill of Materials* do produto acabado.

Esta transacção pode ser analisada na figura 4.1.

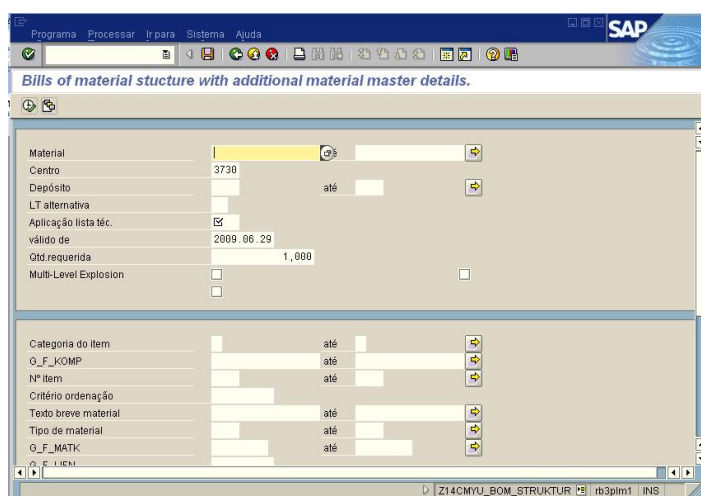


Figura 4.1 - Transacção para extrair o *Bill of Materials* do sistema SAP R/3.

O passo seguinte foi a análise dos fornecedores das peças que abastecem a linha 5 e a sua classificação nos seguintes pontos:

- ROP (*Reorder Point*)
- Cobertura de Stock
- Valor de Stock Actual
- Frequência de Entrega
- Tipo de Planeamento (*Pull* ou não)
- *Lead Time* de Entrega

O objectivo desta análise foi estabelecer a prioridade da mudança de planeamento dos fornecedores. A visão BOSCH é trabalhar completamente em *pull* e este é um processo gradual. Analisando os fornecedores que fornecem a linha 5 e cujo planeamento não está em *pull* define-se as prioridades de acção nesse processo.

As acções a estabelecer para estes processos de melhoria no desenvolvimento de fornecedores foram acompanhadas num PDCA.

Para medir a eficácia deste novo conceito de planeamento foram escolhidas algumas referências piloto cujo consumo é exclusivo da linha 5 para seguir o seu comportamento em termos de nivelamento.

Para efectuar esta escolha tomaram-se em conta os seguintes critérios:

- Cobertura de Stock
- Consumo Médio Diário
- Valor de Stock

As referências que foram seleccionadas são da responsabilidade de cada um dos planeadores de materiais e foram seleccionadas por terem um elevado consumo médio diário e elevado valor de stock.

Aquando do começo da implementação do *pull levelling* irão ser monitorizadas e as encomendas ao fornecedor vão ser comparadas com entradas em produção de modo a avaliar a eficácia do novo conceito de nivelamento.

4.1.2 - PDCA

No âmbito do aumento da eficácia do projecto revelou-se oportuno tomar medidas de desenvolvimento dos fornecedores nomeadamente na passagem a planeamento *pull* daqueles que fornecem a linha 5 e ainda não têm esse tipo de planeamento implementado.

Para tal foi criado uma OPL (*Open Point List*) para cada uma das áreas de acção dos planeadores de materiais:

- Europa

- Ásia
- Iberia
- Matéria-Prima

O objectivo desta OPL é a definição de linhas de acção com os fornecedores relativamente, não só ao tipo de planeamento, mas também à frequência de entrega.

As OPL destas áreas de acção fazem parte dum PDCA de redução de stocks que abrange todas as áreas de stock controladas pelo departamento de Logística.

No caso dos fornecedores analisou-se as possíveis reduções de stock no caso da mudança de planeamento.

Consideraram-se as seguintes hipóteses de redução:

- Encomenda Mensal (Entrega Única) -> *Pull* Mensal
 - Redução = Stock Actual - Consumo Médio Diário x 45⁷
- Encomenda Mensal (Entregas Semanais) -> *Pull* Semanal
 - Redução = Stock Actual - Consumo Médio Diário x 15⁸
- Implementação de *Consignment* - Stock à consignação
 - Redução = Stock Actual - Consumo Médio Diário x 5⁹

O passo seguinte é o trabalho de contacto com o fornecedor para lhe propor este conceito e efectuar a mudança de processo de encomenda.

⁷ 45 dias é o *lead time* máximo de entrega dum fornecedor de encomenda mensal com entrega única.

⁸ 15 dias é o *lead time* máximo de entrega dum fornecedor de encomenda mensal com entregas semanais.

⁹ 15 dias é o *lead time* máximo de entrega dum fornecedor de encomenda mensal com entregas semanais.

4.2 - Balanceamento da Produção

4.2.1 - Takt Time

Definição do cálculo

Inicialmente o cálculo do *Takt Time* era efectuado com recurso à transacção Plan2Dia que regista as ordens de produção dadas pela equipa de planeamento do LOG2 do sistema WinMenu¹⁰ e com a transacção MB51 onde estão registados os movimentos de venda no armazém de produto acabado do sistema SAP R/3¹¹.

A primeira alteração que foi feita ao cálculo deste indicador foi a mudança de fonte de dados de produção. A transacção Plan2Dia recolhe os dados de produto acabado que foi escalonado para ser produzido. Esta não era a forma mais precisa de obter os dados necessários pois o que é realmente preciso para obter valores correctos são os dados de produção reais.

Estes podem ser obtidos com a transacção cntmovin do sistema WinMenu que regista os movimentos dos materiais.

Os dados da transacção cntmovin são mais precisos para obter os dados de produção real pois um produto que tenha sido alvo de planeamento pode não ter sido produzido devido a alguma razão alheia ao planeador (problema de qualidade, falta de peças, etc.) enquanto os dados da transacção cntmovin são relativos à movimentação do produto para o supermercado de produtos acabados.

Na figura 4.2 é possível visualizar a transacção usada para exportação dos dados requeridos para o cálculo.

The screenshot shows a window titled "WIMP_COP - Exportação de ficheiros para DBASE." with a menu bar (Opções, Ajuda) and a toolbar (Ficheiros, Exportação, Definir Gama). The main area displays the transaction name "CNTMOVIM" and the number of records "212352". Below this, there is a table with columns: CODIGO_, DATA_, H_CRIA_, ANR_, ARMAZEM_, COD_, DOC_, FORNEC_, LOTE_, MOEDA_, NUMDOC_. The table contains 13 rows of data, each representing a production movement record.

CODIGO_	DATA_	H_CRIA_	ANR_	ARMAZEM_	COD_	DOC_	FORNEC_	LOTE_	MOEDA_	NUMDOC_
1-024-638-	20090504	18034501		98	32	53			EUR	ABSAP:4907487516
1-024-638-	20090504	18034501		98	21	55			EUR	ABSAP:4907487516
1-024-638-	20090505	02030101		98	32	53			EUR	ABSAP:4907489275
1-024-638-	20090505	02030101		98	21	55			EUR	ABSAP:4907489275
1-024-638-	20090505	17023601		98	32	53			EUR	ABSAP:4907495014
1-024-638-	20090505	17023601		98	21	55			EUR	ABSAP:4907495014
1-024-638-	20090506	14315701		98	32	53			EUR	ABSAP:4907502366
1-024-638-	20090506	14315701		98	21	55			EUR	ABSAP:4907502366
1-024-638-	20090507	14320801		98	32	53			EUR	ABSAP:4907510422
1-024-638-	20090507	14320801		98	21	55			EUR	ABSAP:4907510422
1-024-638-	20090508	00312301		98	32	53			EUR	ABSAP:4907515104

Figura 4.2 - Transacção de movimentos de produto final do sistema WinMenu.

¹⁰ Sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) usado na Bosch Termotecnologia, S.A.

¹¹ Sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) usado na Bosch Termotecnologia, S.A.

Na figura 4.3 é possível visualizar o sistema SAP usado para obter a informação as vendas das referências A do mercado Ibéria.

Em seguida efectuou-se outra alteração ao cálculo deste indicador. Inicialmente os dados recolhidos destas transacções eram registados em folhas de cálculo Microsoft Excel o que se revelou algo trabalhoso e que não se coadunava com a filosofia de melhoria contínua da organização objecto de estudo.

Registaram-se então os dados obtidos numa base de dados Microsoft Access e filtraram-se os dados necessários.

Na exportação dos dados de produção e dos dados de venda foram impostas restrições na base de dados com os movimentos requeridos para análise.

É de notar que a correspondência entre os dados de produção e os dados de venda são desfasados de $n-2$, ou seja, um produto que é produzido no dia n significa que foi vendido no dia $n-2$.

Assim funciona o sistema *pull de reabastecimento* para as células de produção alvo de cálculo na definição deste indicador.

Para obter a informação da base de dados mais eficientemente programou-se uma macro¹² com uma função de pesquisa em bases de dados semelhante à função *vlookup()*¹³ do Microsoft Excel. O código utilizado pode ser encontrado no anexo A3.

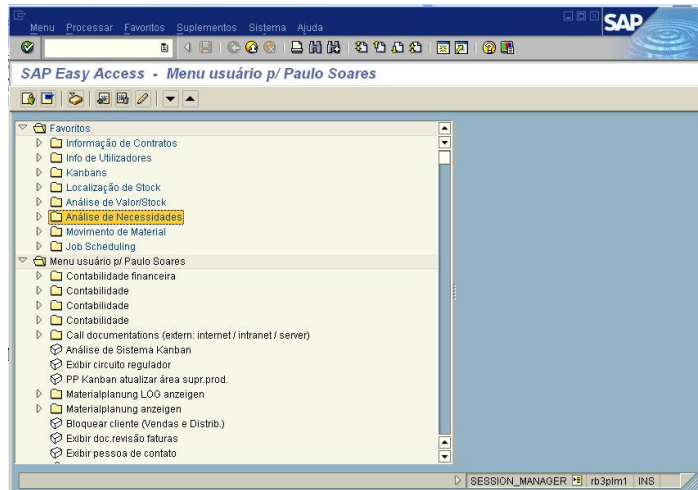


Figura 4.3 - Transacção MB51 do sistema SAP R/3.

Os resultados do cálculo do *Takt Time* são apresentados numa folha de cálculo Microsoft Excel para cada dia de produção do mês em análise. Nesta análise vão ser comparados os valores de *Takt* de produção, do cliente e é apresentado o valor de desvio dos dois.

¹² Código programado na linguagem Visual Basic.

¹³ Fórmula de pesquisa do software Microsoft Excel.

No caso do desvio ser negativo é uma situação em que foi produzido mais do que o cliente deseja e portanto encontramos-nos numa situação de stock excessivo. Se o desvio for positivo então o cliente não está a ser satisfeito.

O desvio ideal é nulo, que corresponde a uma produção em *Takt*, um dos objectivos da filosofia *pull*.

Na tabela 4.1 encontra-se um exemplo com valores fictícios duma análise de *Takt Time*.

Tabela 4.1 – Exemplo de Análise de *Takt Time*.

				X/X/09				
Material	Texto Breve Material	ABC	Família	Vendas n-2	Planeamento	Takt Cliente	Takt Actual	%
770XYZXYZ	WRD	A	X	72	0	38.2		
770XYZXYZ	WRD	A	X	2	368	1376	7.5	99%
770XYZXYZ	WRD	A	X	54	144	20.8	19.1	8%
770XYZXYZ	WRD	A	X	132	0	51		
770XYZXYZ	WRD	A	X	54	240	45.6	11.5	75%
770XYZXYZ	WRD	A	X	85	144	32.4	19.1	41%
770XYZXYZ	WR	A	X	11	0	250.2		
770XYZXYZ	WR	A	Y	64	0	43		
770XYZXYZ	WR	A	Y	11	0	250.2		
Total				485	896	2107.4	57.2	45%
Total "X"				410	896	1814.2	57.2	54%
Total "Y"				75	0	293.2	0	0

De modo a permitir uma apresentação mais geral dos resultados construiu-se um gráfico dos desvios ao *Takt Time* ao longo do mês.

A figura 4.4 ilustra um exemplo dessa análise com valores fictícios.

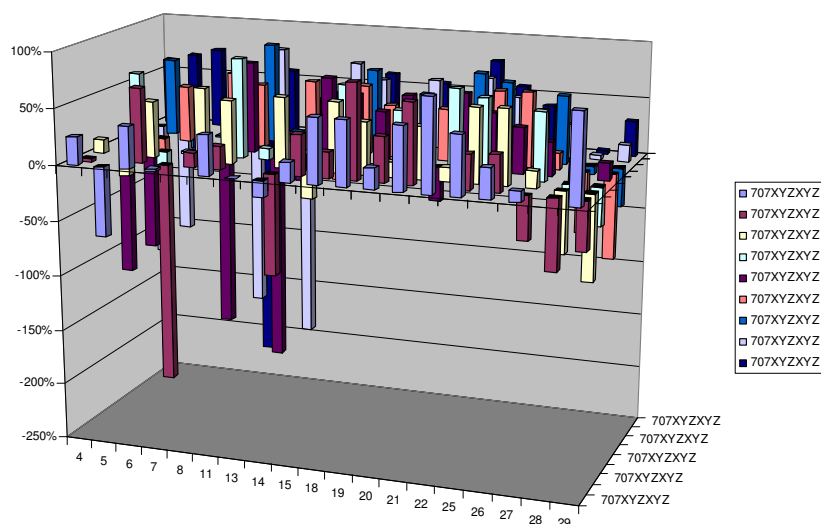


Figura 4.4 - Análise gráfica de desvios ao *Takt Time*.

Nesta análise é possível concluir que a maior parte dos desvios foram de insuficiência em relação à procura apresentada pelo cliente. Quanto aos desvios negativos pode-se pôr em hipótese que foram encomendas grandes baseadas em previsões que foram canceladas.

4.2.2 - EPEI (Every Part Every Interval)

Definição do cálculo

O indicador EPEI é altamente importante para o universo *BOSCH* pois permite avaliar o desempenho da unidade produtiva e será um dos pontos cruciais de avaliação na auditoria externa que se está neste momento a realizar, além de ser parte integrante do projecto *Pull Levelling* no que diz respeito ao planeamento de produto acabado.

Tendo em conta que o EPEI se expressa em dias, não fará sentido que este indicador seja medido diariamente. Considerá-lo como um indicador mensal também não deverá ser a melhor solução, uma vez que seria um período demasiadamente extenso para que fosse possível reagir face a uma qualquer anomalia. Assim, prevê-se que a periodicidade deva ser de uma semana, ou seja, um máximo de cinco dias úteis.

Após a definição da periodicidade do indicador é possível tentar definir a forma de cálculo.

Pretende-se obter um único valor que represente e contabilize todas as *High Runners* em causa.

A primeira observação a evidenciar está relacionada com o facto de cada *High Runner* ter o seu próprio EPEI. Por exemplo, se numa semana com cinco dias de produção, uma dada referência for produzida em quatro dias, então o valor do seu EPEI será de 1,3 dias (razão entre o número de dias de produção e número de dias em que a referência foi produzida). Ou seja, em média, esta referência foi produzida a cada 1,3 dias.

Tabela 4.2 – Cálculo de EPEI individual.

Material	Semana X - Quantidades Produzidas (uni.)					Dias de produção	EPEI (dias)
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira		
770XYZXYZ		160				1	5,0
770XYZXYZ	176	176	208	112	160	5	1,0
770XYZXYZ	144	128	176	112	16	5	1,0
770XYZXYZ	128	80		80	192	4	1,3
770XYZXYZ		80		112	144	3	1,7

Na tabela 4.2 são apresentados alguns valores fictícios de cálculo do EPEI individual.

O valor semanal do EPEI poderia ser calculado através da média dos EPEI de todas as *High Runners* produzidas nessa semana. Mas as referências poderão ter pesos diferenciados no valor final pois existem algumas com volumes de produção mais elevados que deverão pesar

mais no indicador tendo por isso, e duma forma teórica, maiores probabilidades de serem produzidas diariamente.

Considerando os dados da tabela 4.2, obtêm-se os seguintes valores de EPEI semanal, exemplificados na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Cálculo de EPEI semanal.

Material	Semana X - Quantidades Produzidas (uni.)					Dias de produção	EPEI (dias)	Volume (%)	EPEI x Volume	
	2 ^a feira	3 ^a feira	4 ^a feira	5 ^a feira	6 ^a feira					
770XYZXYZ		160				1	5,0	6.7	0.3	
770XYZXYZ	176	176	208	112	160	5	1,0	34.9	0.3	
770XYZXYZ	144	128	176	112	16	5	1,0	24.2	0.2	
770XYZXYZ	128	80		80	192	4	1,3	20.1	0.3	
770XYZXYZ		80		112	144	3	1,7	14.1	0.2	
										1.4

O somatório dos produtos entre o EPEI individual de uma referência e o seu volume de produção origina um EPEI semanal de 1,4 dias, o que significa que no referido período e em média, todas as *High Runners* foram produzidas a cada 1,4 dias.

Esta variante do cálculo não é aceitável pois não abrange todas as *High Runners*. Uma referência que não tenha sido produzida nenhuma vez no período definido não tem EPEI visto que a fracção que dá origem ao valor do indicador tem um quociente nulo.

O valor real do EPEI é bastante alterado se não forem consideradas as referências não produzidas. A manter-se o cálculo actual, e do ponto de vista do valor do EPEI, seria preferível que uma referência não fosse produzida nenhuma vez, do que ser produzido um cartão *kanban*.

Sendo assim é de considerar que o EPEI de uma única referência deve ser um número inteiro correspondendo ao número máximo de dias em que essa referência demorou a ser produzida, ou seja, ao número de dias em que não foi produzida, somando-lhe uma unidade (por exemplo, numa semana com cinco dias úteis e com produção diária, a referência terá um EPEI de um dia).

O cálculo do EPEI semanal também terá que ser alterado, como se pode observar pela tabela 4.4. No caso da última referência, verifica-se que o seu volume de produção é nulo, o que significa que não terá qualquer importância no valor final do indicador.

Tabela 4.4 – Identificação de erro no cálculo de EPEI semanal.

Material	Semana X - Quantidades Produzidas (uni.)					EPEI (dias)	Volume (%)	EPEI x Volume
	2 ^a feira	3 ^a feira	4 ^a feira	5 ^a feira	6 ^a feira			
770XYZXYZ		160				5.0	6.71	0.34
770XYZXYZ	176	176	208	112	160	1.0	34.90	0.35
770XYZXYZ	144	128	176	112	16	1.0	24.16	0.24
770XYZXYZ	128	80		80	192	2.0	20.13	0.40
770XYZXYZ		80		112	144	3.0	14.09	0.42
770XYZXYZ						6.0	0.00	0.00

1.8

A contribuição de cada referência para o EPEI semanal consiste no produto entre o seu EPEI e a percentagem que representa no volume total de aparelhos produzidos. Este raciocínio faria sentido se todas as referências fossem produzidas, independentemente das quantidades. Mas apesar da mudança do cálculo de EPEI individuais, as referências sem produção continuariam a não ter o seu peso no indicador final.

A solução mais consistente para este problema está em não considerar as quantidades produzidas diariamente, mas, em vez disso, ponderar as quantidades que foram definidas aquando da decisão da classificação ABC para esse período. Utilizando esta informação, será mais claro identificar quais as referências que mais prejudicam o indicador semanal.

A tabela 4.5 demonstra um exemplo de cálculo de EPEI semanal, considerando a última versão do mesmo, isto é, a versão após alteração da definição das quantidades a considerar.

Tabela 4.5 – Tabela exemplificativa do novo cálculo de EPEI semanal.

Material	Quantidade Classificação ABC	Semana X - Quantidades Produzidas (uni.)					EPEI (dias)	Volume (%)	EPEI x Volume
		2 ^a feira	3 ^a feira	4 ^a feira	5 ^a feira	6 ^a feira			
770XYZXYZ	400		160				5.0	11.27	0.56
770XYZXYZ	800	176	176	208	112	160	1.0	22.54	0.23
770XYZXYZ	1000	144	128	176	112	16	1.0	28.17	0.28
770XYZXYZ	500	128	80		80	192	2.0	14.08	0.28
770XYZXYZ	550		80		112	144	3.0	15.49	0.46
770XYZXYZ	300						6.0	8.45	0.51

2.3

4.3 - Projecto Ship-to-Line

Na mesma linha de melhoria contínua do projecto *Pull Levelling* decorreu durante o desenvolvimento deste trabalho uma iniciativa do departamento da Qualidade de Compras¹⁴,

¹⁴ PUQ - *Purchasing Quality*

relacionado com a filosofia BOSCH de *Supplier Development*, de implementação de entregas directas no ponto de uso (*Ship to Line*).

Esta é uma metodologia muito aplicada no sector automóvel, a área de referência no desenvolvimento industrial.

Esta metodologia aplica-se especialmente com fornecedores que têm uma longa tradição de qualidade e confiança e acompanham perfeitamente os desenvolvimentos *lean* da organização.

O projecto *Ship to Line* resume-se à entrega directa dos componentes no ponto em que vão ser usados. Neste caso específico os componentes passariam a ser entregues no supermercado do armazém, sem serem sujeitos a controlo de qualidade e estariam integrados imediatamente na rota do *milkrun* interno.

Os objectivos deste projecto são os seguintes:

- Redução de cobertura de stock;
- Redução de *lead times* e *handling*¹⁵;
- Motivação de melhoria de Qualidade
- Motivação de implementação de processos *lean* nos fornecedores;
- Envio por parte do fornecedor do que o ponto de uso necessita;
- Optimização do espaço de armazém;
- Optimização do processo de caixas retornáveis;

O mapa VSM da figura 4.5 ilustra o conceito.

É interessante fazer uma referência a este projecto pois é um exemplo de como o nivelamento de produção e a suavização de toda a cadeia de valor podem ajudar a reduzir custos indirectamente noutras áreas.

Para implementar um projecto deste tipo é necessário que os componentes escolhidos não tenham picos de consumo exagerados (provocados pela falta de nivelamento) pois o cálculo de *kanbans* e conseqüentemente o dimensionamento de supermercados é crucial para o sucesso dum projecto deste tipo.

¹⁵ *Handling* refere-se à movimentação do material (mudar de caixa, dividir em lotes mais reduzidos) que pode ser considerada como desperdício.

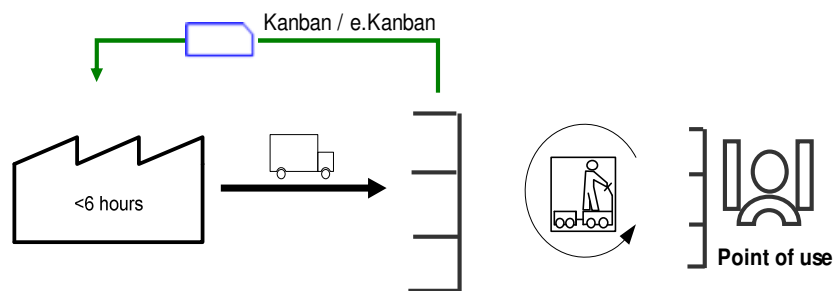


Figura 4.5 - VSM do processo de entregas em standard Ship to Line (Intranet Bosch - *Target STL 2009.ppt*).

Para garantir a implementação de 70% das referências neste standard, que é a visão da Bosch para 2012 será fulcral o sucesso do conceito de nivelamento da produção, suavizando assim a cadeia de abastecimento e trazendo benefícios à organização e a todos os parceiros envolvidos.

Este conceito foi acompanhado com grande atenção pois representa o elo de entrada na cadeia de abastecimento e a sua integração com o *pull levelling* é um dos objectivos prioritários.

No âmbito deste projecto foi desenvolvido um método automático de cálculo de *kanbans* para este caso específico.

Para obter o número de *kanbans* necessários para gerir um sistema *pull* é preciso usar a fórmula de *kanbans* BOSCH.

$$K = RE + LO + WI + TI + SA$$

Figura 4.6 - Versão Geral da Fórmula de *Kanban* BOSCH.

Os relacionamentos entre as incógnitas da fórmula de *kanbans* são dados confidenciais da organização.

Para apresentar estes dados recorreu-se a uma folha de cálculo Microsoft Excel com o seguinte cabeçalho:

Qt mensal	AvgOf%	RtLoop	POT	NºDepositos	WDays	PR _m	NPK	LS	WA _m	RE	WI	K _m	STK _{max}
-----------	--------	--------	-----	-------------	-------	-----------------	-----	----	-----------------	----	----	----------------	--------------------

Figura 4.7 - Cabeçalho da folha de apresentação do cálculo.

Para cada uma das referências escolhidas para lançar o projecto foi necessário calcular os seguintes parâmetros:

Qt Mensal - Quantidade consumida num mês

AvgOf% - Peso do pico num mês

RTLoop - Tempo de reposição do fornecedor

POT - Tempo de funcionamento da fábrica (em horas)

Nº Depósitos - Número de clientes internos do componente

WDays - Dias de operação úteis por mês

PRm - Média de consumo no RTLoop

NPK - Número de peças por *Kanban*

LS - Tamanho de Lote de entrega

WA - Pico de consumo no RTLoop

RE - Cobertura de tempo de reposição

WI - Cobertura do pico de consumo

K - Número de *kanbans*

STK - Stock máximo no RTLoop

Para efectuar estes cálculos foi necessário retirar do sistema SAP as informações de consumo dos meses anteriores àquele em que se destina a implementação destas referências neste standard de entrega para assim ter uma base do histórico de comportamento.

Usou-se para este propósito uma transacção específica do SAP (MB51).

O período de pesquisa que se analisou foi os últimos 6 meses.

De seguida usou-se de novo o SAP para retirar a informação de previsões de consumo para o mês seguinte para estimar o pico de consumo a que o ciclo de reposição do material vai estar sujeito.

Para facilitar a filtração dos dados de consumo e previsões foi criada uma base de dados com a exportação de dados do sistema SAP.

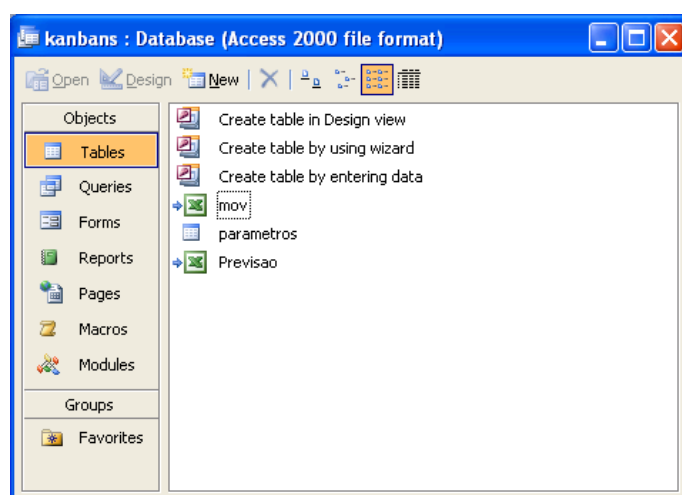


Figura 4.8 - Tabelas importadas do sistema SAP com informação das referências seleccionadas.

Nesta base de dados foram programados algumas das relações entre parâmetros necessários para a definição de *kanbans* e criou-se uma *query* final com a apresentação destes campos como se pode ver na figura 4.9.

Esta *query* é exportada para uma folha de cálculo Microsoft Excel para facilidade de análise dos dados.

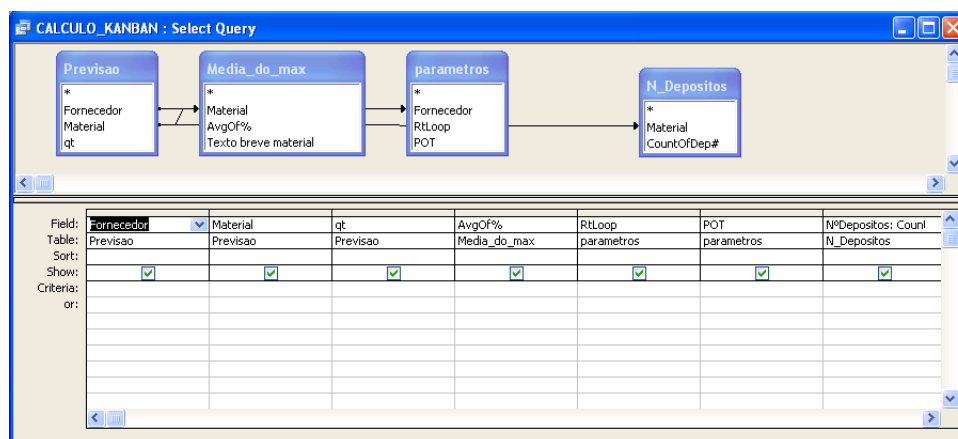


Figura 4.9 - Query com a informação dos vários campos de cálculo de *kanbans*.

O cálculo de *kanbans* tem de ser reajustado com o fornecedor pois segundo a filosofia *lean* as entregas devem ser frequentes e em lote mínimo e como houve vários componentes que eram entregues em grandes lotes a sua entrega teve de ser renegociada com o fornecedor.

O sucesso de implementação destes dois conceitos, *ship to line* e *pull levelling* está interligado na gestão da cadeia de abastecimento.

O fluxo contínuo de materiais e produtos em qualquer operação produtiva é algo notável e os pensadores *lean* tentam criar esta condição sempre que possível. A realidade actual da produção industrial e que se irá propagar por muitos anos é que processos no fim da cadeia de valor alimentam as actividades no princípio da cadeia de valor.

O maior desafio nesta situação é fazer com que os processos primários na cadeia de valor obtenham o que realmente necessitam, quando necessitam, sem diminuir a eficácia dos processos que estão a montante.

Capítulo 5

Conclusão e Perspectivas de Desenvolvimento

O trabalho desenvolvido ao longo deste projecto possibilitou concluir que a introdução do sistema *pull levelling* na cadeia de abastecimento total é um passo importante no constante desenvolvimento de uma cadeia de abastecimento *lean*.

O nivelamento revela maturidade no desenvolvimento dos processos e este novo conceito de planeamento mostra a relação de confiança que uma organização com processos tão *lean* imprime nos seus clientes.

A cadeia de abastecimento do futuro não será orientada aos fornecedores, mas sim ao cliente.

Os melhoramentos nos processos têm de acompanhar a rede de valor por inteiro e por isso este novo conceito de planeamento começou pela transformação na gestão de encomendas de clientes.

Do ponto de vista dos fornecedores, na entrada da cadeia de valor, este processo possibilita aos parceiros desta organização obter uma visualização transparente do verdadeiro comportamento do mercado podendo, desta forma, ajustar a sua produção em tempo real às necessidades do cliente.

Definindo objectivamente as vantagens dum sistema *pull* nivelado estas são:

- Redução de tempo de entrega;
- Redução de stocks (cobertura de inventário);
- Aumento da flexibilidade devido à diminuição do tamanho do lote;
- Diminuição das oscilações na cadeia de valor;
- Aumento do nível de serviço dos fornecedores;
- Orientação aos processos;
- Standardização de processos com os fornecedores e clientes;

O próximo passo é abranger as restantes linhas de produção almejando sempre uma melhoria sistemática de processos interligados ao longo da cadeia de valor.

Perspectivas de Desenvolvimento:

No âmbito da melhoria do projecto de nivelamento seria interessante analisar o processo de *Sales and Operation Planning* da organização.

O processo de *Sales and Operation Planning* cria uma plataforma transversal em termos de competências para colaboração interna. É uma ligação entre departamentos de planeamento para garantir vários benefícios:

- Melhor resposta a variações na procura;
- Inventários mais reduzidos devido à redução de ineficiências internas;
- Tomada de decisões orientada ao valor;
- Processo colaborativo transversal às funções;
- Planeamento proactivo para distúrbios de negócio;

Está localizado entre o planeamento operacional detalhado e o planeamento estratégico a longo prazo sendo portanto um planeamento a médio prazo encarregue de decisões estratégicas operacionais.

Este processo faz o balanceamento entre a procura e o fornecimento e deve incluir participação de vários departamentos como o Marketing, Vendas, Produção, Logística, Aprovisionamento e da área financeira.

A figura 5.1 ilustra a inserção deste processo na cadeia de valor.

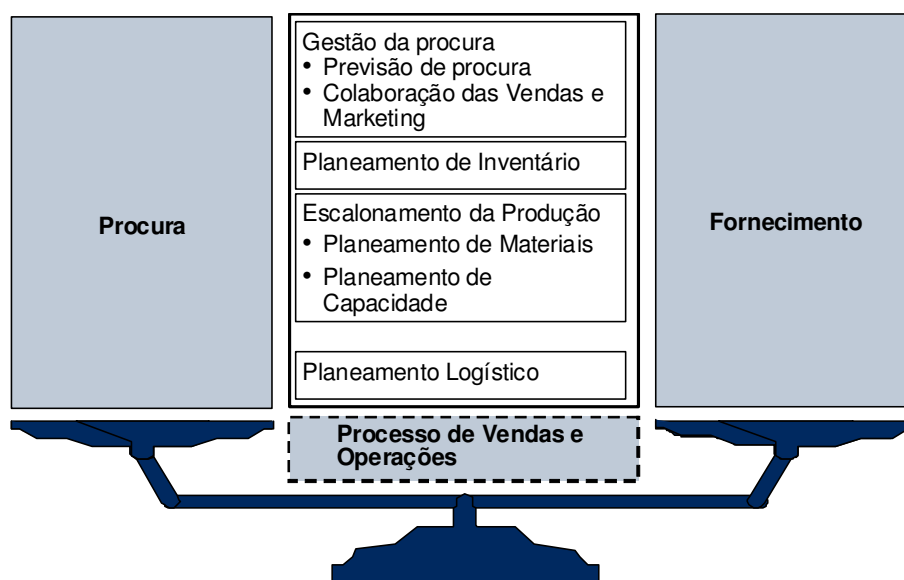


Figura 5.1 - Integração do processo de planeamento e vendas (adaptado [1]).

Este processo recebe as informações do planeamento funcional e gere as excepções de fornecimento e procura.

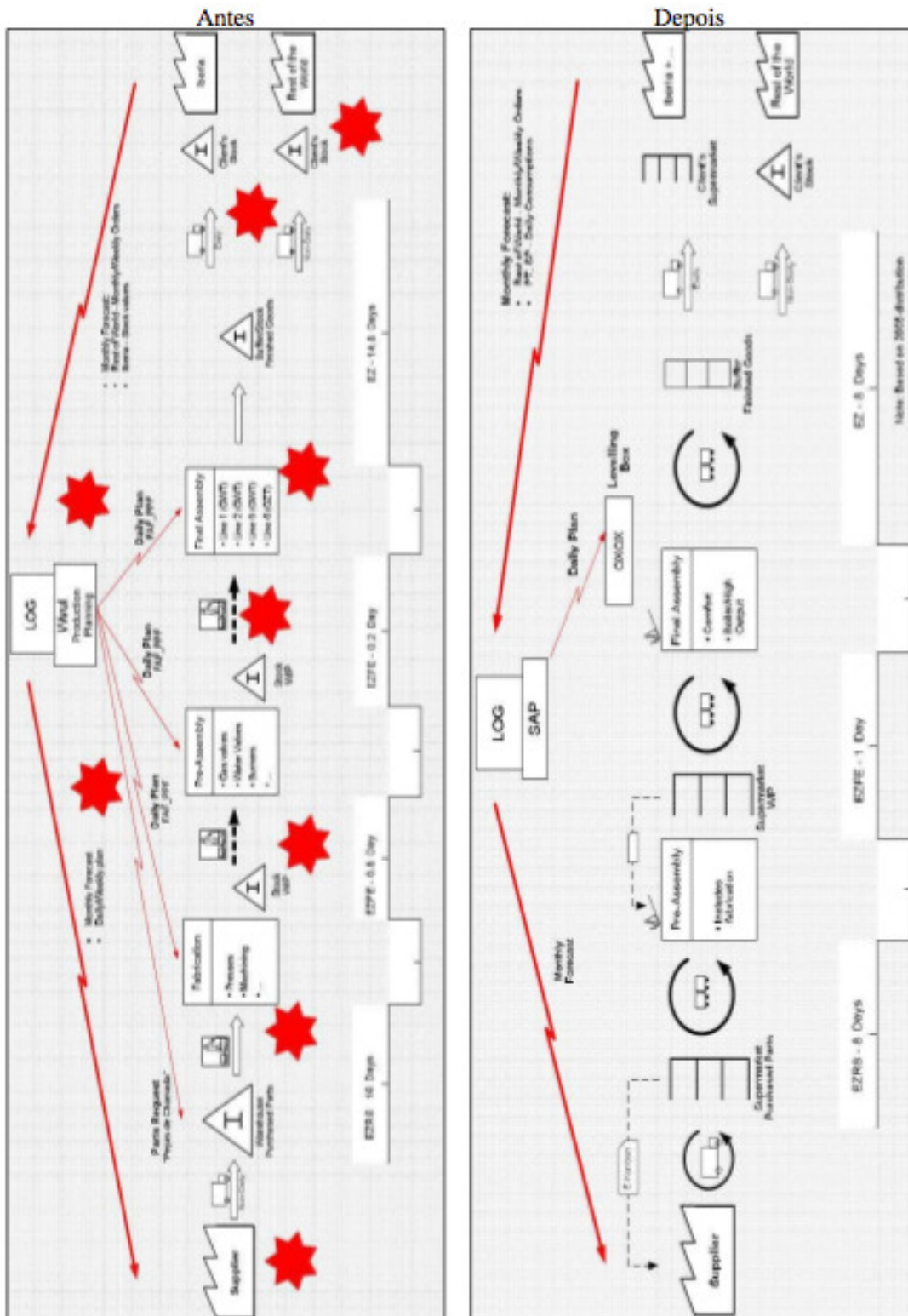
Os seus componentes principais incluem a criação duma visão realista da procura, identificar e resolver futuros problemas de fornecimento e produção e a melhoria contínua dos processos de planeamento funcional. Melhorias neste processo podem traduzir-se num nivelamento da procura e em melhores previsões de vendas que por sua vez facilitam a parte operacional do *levelling* de produção.

Referências

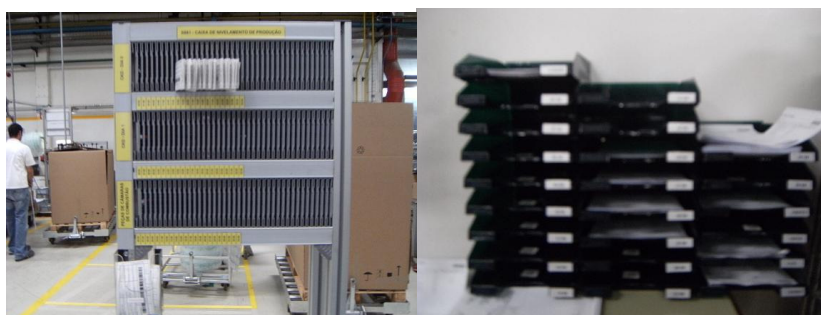
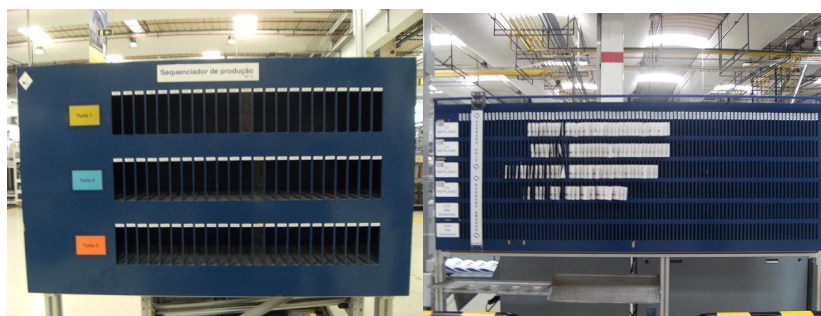
- [1] Christopher, Martin, “Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks”. England, Harlow: Prentice Hall, 2005.
- [2] Coimbra, Euclides. “Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains”. Zug: Kaizen Institute Consulting Group Ltd, 2009.
- [3] Feld, William M., “Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How To Use Them”. Boca Raton, FL: St. Lucie Press/APICS, 2001.
- [4] Forrester, Jay W., “Industrial Dynamics”. Cambridge: The M.I.T. Press, 1961.
- [5] Imai, Mazaki, “Gemba Kaizen: A Commonsense, Low Cost Approach to Management”. New York: McGraw-Hill, 1997.
- [6] Liker, Jeffrey K., “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer”. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [7] Ohno, Taiichi, “Workplace Management”. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- [8] Smalley, Art. “Creating Level Pull: A lean production-system improvement guide for production-control, operations, and engineering professionals”. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2004.
- [9] Takeda, Hitoshi. “The Synchronized Production System”. London and Philadelphia: Kogan Page Limited, 2006.
- [10] Womack, James P., Jones, Daniel T., “Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth in Your Corporation”. London: Simon & Schuster UK Ltd, 2003.
- [11] Womack, James P., Jones, Daniel T., Roos, Daniel, “The Machine that Changed the World”. New York: Free Press, 2007.

Anexos

Anexo A1 - Value Stream Mapping da Evolução do Projecto



Anexo A2 - Exemplos de Caixas de nivelamento



Intranet Bosch - Exemplo de caixas de nivelamento.ppt, 2008

Anexo A3 - Código VBA utilizado para pesquisa em base de dados Microsoft Access

```

Public adoCN1 As ADODB.Connection
Public adoRStock As ADODB.Recordset
Public strSQLStock As String

Const DatabasePath As String = "caminho para a base de dados a pesquisar"

Public Function DBVLookUpStock(TableName As String, _
    LookupFieldName As String, _
    LookupValue As String, _
    ReturnField As String) As Variant

    If adoCN1 Is Nothing Then Call SetUpConnection

    Set adoRStock = New ADODB.Recordset
    strSQLStock = "SELECT * " & _
    " FROM " & TableName & _
    " WHERE " & LookupFieldName & "=" & LookupValue & ";"
    adoRStock.Open strSQLStock, adoCN1, adOpenForwardOnly, adLockReadOnly

    If adoRStock.EOF And adoRStock.BOF Then
        DBVLookUpStock = "Value not Found"
    Else
        DBVLookUpStock = adoRStock.Fields(ReturnField).Value
    End If
    adoRStock.Close
End Function

```