

# **Melhorar o Fluxo de Produção antes da Zona de Embalamento na Swedwood Portugal**

*Sofia Guedes Oliveira Ramalhete Furtado*

## **Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. José António Barros Basto

Orientador na Swedwood Portugal: Eng.º António Camaz



# **FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2010-07-05

## Resumo

Num mundo altamente competitivo, em que a diversidade e exigências do mercado são cada vez maiores, a rapidez de resposta ao cliente de acordo com os seus requisitos é fundamental. Vivemos numa época de mudança rápida e imprevisível. Os ciclos de vida dos produtos são curtos, a procura mais difícil de prever, a concorrência cada vez mais agressiva, os clientes mais exigentes em termos de variedades de produtos e de qualidade do serviço.

Este projecto tem como base os princípios orientadores *lean*, introduzidos pela Toyota Motor Corporation, caracterizados pela constante eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor. O objectivo inerente a esta análise passa por desenvolver e identificar soluções que indo de encontro à filosofia *lean*, permitam alcançar um melhor fluxo de produção.

Ao longo do projecto, e tendo sempre presentes as restrições e características próprias do processo em análise, procurou-se encontrar uma solução que tornasse possível uma melhor sincronização dos processos produtivos e a criação de fluxo.

Este documento pretende apresentar e descrever o estudo da proposta de implementação de um supermercado interno de algumas referências e conseqüente criação de fluxo e nivelamento da produção. Será descrito o método utilizado, os cálculos de dimensionamento do supermercado e por fim será apresentada uma análise dos resultados.

Os resultados obtidos permitem concluir que a implementação da proposta estudada trará ganhos significativos que se manifestarão num maior nivelamento de todo o processo e planeamento produtivo. A antecipação na entrega do produto final traduzir-se-á num impacto positivo tanto a nível operacional como a nível logístico.

## **Improvement of the Production Flow before the Packing Lines at Swedwood Portugal**

### **Abstract**

In today's marketplace, there is an increasing demand for customised products, the globalization and intense competitiveness of the current marketplace forces companies to reduce flow times, improve quality and reduce the costs of their products.

We live in a fast changing and unpredictable season. The product life cycles are shorter, the demand is difficult to predict, competition fierce, and customers are more demanding in variety matters and service quality. Organizations have to be prepared for a quick adaptation to the market to ensure survival.

This project is based on lean principles, introduced by Toyota Motor Corporation, focused on the waste elimination along the whole value chain. The target that lays underneath this approach is to identify and develop the advantages of lean inventory systems, building flow.

During the project, always keeping in mind the restrictions and conditions of the productive process, several studies were carried out to find a solution that would allow better process synchronization and the creation of flow.

This document seeks to present and describe the study made on a supermarket implementation and the production levelling that is an important requisite for gaining a stable and constant flow of material. All calculations and measurements of the proposed system will be presented as well as the results.

The results indicate that the implementation of the studied solution will advance the products' delivery, leading to a stable productive process, smoothing the production and improving the logistics chain control.

## **Agradecimentos**

Ao Eng.º António Camaz pela constante disponibilidade, orientação, optimismo e conhecimento que transmitiu ao longo da realização deste projecto.

A toda a equipa de Planeamento e responsáveis de cada área pelos sucessivos esclarecimentos prestados.

A todos os colaboradores da Swedwood Portugal pela simpatia e colaboração, que contribuíram para uma fácil integração na empresa e para o sucesso do Projecto.

Ao Prof. José Barros Basto pelo incansável apoio e orientação exemplar durante o desenrolar do projecto. Pelo empenho, motivação e sugestões assertivas que foram a base para o desenvolvimento do meu estudo.

Ao grupo de estagiários da FEUP pelo companheirismo ao longo do projecto.

Ao Carlos, António, Pedro e todos os colegas de curso pela paciência e amizade.

Aos meus pais e irmãs pelo apoio incondicional.

Ao Rodrigo, por tudo.

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Grupo Swedwood.....	1
1.2	Melhorar o Fluxo de Produção na Zona de Embalamento .....	2
1.3	Método seguido no projecto .....	2
1.4	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório .....	3
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	Lean Manufacturing .....	4
2.2	Levelling Production .....	6
2.3	Sistemas de Produção .....	8
2.4	Reabastecimento de Supermercados através do Sistema <i>Kanban</i> .....	10
2.4.1	Variações do Sistema <i>Kanban</i> .....	13
3	Caracterização e Análise do Problema.....	15
3.1	O Produto.....	15
3.2	Descrição do Processo Produtivo .....	15
3.3	Casamentos nas Linhas de Embalamento.....	21
3.4	Paletes Pendentes para Embalamento.....	22
3.5	Outras Variáveis que Afectam o Planeamento da Produção .....	24
4	Solução Preconizada .....	27
4.1	Criação de Supermercado de Todas as Referências.....	27
4.2	Estudo de Solução Alternativa .....	29
4.2.1	Seleção dos Semi-produtos em Supermercado.....	35
4.2.2	Dimensionamento do Supermercado.....	36
4.2.3	Dimensionamento da Área de Fluxo Dinâmico .....	41
4.2.4	Sobras .....	42
4.3	Proposta de Modo de Armazenagem e Monitorização do Supermercado .....	43
5	Análise dos Ganhos Obtidos e Regras de Bom Funcionamento .....	45
5.1	Ganhos Obtidos .....	45
5.2	Regras para o Bom Funcionamento do Sistema.....	45
6	Conclusões.....	47
	Referências .....	48

## **Siglas**

BoF	<i>Board on Frame</i>
ERP	<i>Enterprise resource planning</i>
FIFO	<i>First in First Out</i>
HDF	<i>High density fiberboard</i>
MPS	<i>Multi Purpose Storage</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SPI	<i>Supply plan information</i>
SS	<i>Safety Stock</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
WIP	<i>Work-in-Process</i>

## Índice de Figuras

Figura 1.1- Simulação virtual da organização da Swedwood Portugal. ....	1
Figura 2.1 - Exemplo Caixa de Nivelamento. ....	6
Figura 2.2 - Aumento da variabilidade da procura ao longo da cadeia de abastecimento (Lee <i>et al.</i> , 1997). ....	7
Figura 2.3 - Sistema <i>Push</i> . ....	8
Figura 2.4 - Sistema <i>Pull</i> . ....	9
Figura 2.5 - Ciclo de reposição de um supermercado através de um sistema <i>kanban</i> . ....	10
Figura 2.6 - Evolução do nível de <i>stock</i> ao longo do ciclo de reposição no supermercado. ....	13
Figura 2.7 - Classificação das variações em relação às características originais de um <i>kanban</i> e o tipo de aplicação (Junior & Filho, 2010). ....	14
Figura 3.1 - Estante Expedit 79x79 e Estante Lack 105x190. ....	15
Figura 3.2 - Exemplo de uma banca de trabalho na zona dos <i>frames</i> (montagem de caixilhos). ....	16
Figura 3.3 - Caixilho preenchido com “favo de mel”. ....	16
Figura 3.4 - Prensagem das peças e respectivo tempo de cura. ....	17
Figura 3.5 - Exemplo de etiqueta de identificação. ....	17
Figura 3.6 - Linha de orlagem e furação. ....	18
Figura 3.7 - Linha de pintura. ....	18
Figura 3.8 - <i>Buffer</i> existente antes das linhas de embalamento. ....	19
Figura 3.9 - Esquema da organização do <i>buffer</i> antes da zona de embalamento. ....	19
Figura 3.10 - Linha de embalamento. ....	20
Figura 3.11 - Fluxograma do processo produtivo. ....	20
Figura 3.12 - Estante Expedit 185x185. ....	21
Figura 3.13 - Exemplo de semi-produto melamina e semi-produto BoF. ....	21
Figura 3.14 - Gráfico da evolução da sucata. ....	23
Figura 3.15 - Armazenagem actual das paletes em sobra. ....	24
Figura 3.16 - Evolução das horas de produção efectivas comparativamente com as planeadas. ....	24
Figura 3.17 - Evolução dos tempos de <i>setup</i> nas linhas de orlagem e furação. ....	25
Figura 3.18 - Evolução do número de avarias ao longo do tempo nas linhas de orlagem e furação e tempos médios de reparação. ....	26
Figura 4.1 - Exemplo de placas base. ....	27
Figura 4.2 - Planta da área antes da zona de embalamento. ....	28
Figura 4.3 - Esquema do processo produtivo desde as linhas de orlagem e furação até à zona de embalagem. ....	29

Figura 4.4- Distribuição temporal da produção dos semi-produtos Expedit185x185 actual. ...	31
Figura 4.5 - Distribuição temporal da produção dos semi-produtos Expedit 185x185 com a implementação de supermercado.....	31
Figura 4.6 – Cenário actual da produção de 4.000 Estantes Expedit 149x149. ....	32
Figura 4.7 – Cenário da produção de 4.000 estantes Expedit 149x149 com supermercado. ...	32
Figura 4.8 – Cenário actual da produção de 4.000 móveis Lack 149x55.....	33
Figura 4.9 – Cenário da produção de 4.000 móveis Lack 149x55 com implementação de supermercado.....	33
Figura 4.10 – Cenário actual da produção de 4.000 estantes Expedit 89x149.....	34
Figura 4.11 - Cenário da produção de 4.000 estantes Expedit 89x149 com implementação de supermercado.....	34
Figura 4.12 - Procura semanal das divisórias. ....	36
Figura 4.13 - Distribuição das cores nas divisórias (%). ....	37
Figura 4.14- Curva da Distribuição Normal. ....	38
Figura 4.15-Sistema de movimentação dentro do armazém automático (elevador, carrinho e plataforma).....	43
Figura 4.16- Interface do sistema de armazenagem. ....	44



**Índice de Tabelas**

Tabela 3.1- Constituição da Estante Expedit 185x185.....	21
Tabela 3.2 - Quantidades de semi-produto.....	22
Tabela 4.1- Dimensões das placas base.....	28
Tabela 4.2- Área necessária ao supermercado de 184 semi-produtos.....	28
Tabela 4.3 - Quadro resumo dos diferentes cenários.....	30
Tabela 4.4- Tempo de produção por linha na zona de orlagem e furação.....	30
Tabela 4.5- Tempo de produção por linha, na zona de pintura. ....	30
Tabela 4.6- Tempo de embalamento. ....	30
Tabela 4.7 - Semi-produtos seleccionados. ....	35
Tabela 4.8- Quantidade de consumo semanal. ....	36
Tabela 4.9- Quantidades de semi-produtos por ciclo de revisita.....	37
Tabela 4.10- Quantidade relativa ao <i>lead time</i> de reposição.....	38
Tabela 4.11- Quantidades correspondentes ao <i>stock</i> de segurança do supermercado de divisórias.....	38
Tabela 4.12- Quantidade de peças equivalente ao nível de reposição.....	39
Tabela 4.13 - Nível máximo de <i>stock</i> de divisórias.....	40
Tabela 4.14- Resumo da produção da quantidade máxima no supermercado de divisórias. ...	40
Tabela 4.15- Dimensionamento do supermercado das 26 referências. ....	41
Tabela 4.16- Dimensionamento da zona de fluxo dinâmico. ....	41
Tabela 4.17- Dimensionamento da zona de armazenagem das sobras.....	42

# 1 Introdução

## 1.1 Grupo Swedwood

O Grupo Swedwood é o ramo industrial do Grupo IKEA que garante a produção da linha mobiliário em madeira, dando-lhe assim vantagens competitivas tanto na produção como na distribuição até ao consumidor final. O lema da Swedwood é “Excelência na transformação de madeira em mobiliário”. Este princípio orientador, aliado a valores como a simplicidade, baixo custo, empreendedorismo e tendo as pessoas como recurso mais importante, torna possível o cumprimento da sua função como modelo para fornecedores externos em todas as suas vertentes.

Foi fundado em 1991 em Ängelholm, Suécia. As mais de 50 unidades industriais e escritórios localizados na Suécia, Rússia, Letónia, Lituânia, Polónia, Alemanha, Eslováquia, Hungria, Ucrânia, Portugal, China e E.U.A. empregam cerca de 15.000 colaboradores e produzem anualmente cerca de 100 milhões de unidades de mobiliário equivalentes a 1,2 mil milhões de euros.

A Swedwood Portugal – Indústria de Madeiras e Mobiliário Lda é um dos mais recentes projectos do Grupo. Está situada em Paços de Ferreira, no Norte de Portugal, e a sua construção foi iniciada em Abril de 2007.

Actualmente, a Swedwood Portugal está dividida em três unidades produtivas: *Board on Frame* (BoF), *Pigment Furniture* (Pigment) e *Multi Purpose Storage* (MPS). Cada uma destas unidades de produção é responsável pela produção de famílias de produtos distintas.

A BoF foi a primeira unidade a iniciar operações, tendo os testes de produção começado em Dezembro de 2007. Em Fevereiro de 2008, a IKEA recebeu a primeira encomenda de mesas LACK produzida na Swedwood Portugal.

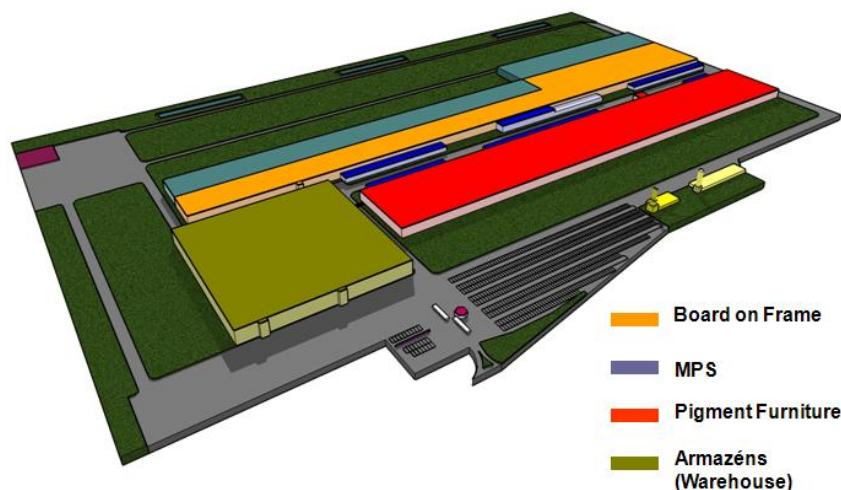


Figura 1.1- Simulação virtual da organização da Swedwood Portugal.

## 1.2 Melhorar o Fluxo de Produção na Zona de Embalamento

O Projecto proposto realizou-se na Swedwood Portugal, na unidade de produção *Board on Frame* (BoF).

Esta unidade de produção é responsável pelo abastecimento de 16 lojas e 1 centro de distribuição na Península Ibérica e 15 lojas e 4 centros de distribuição na Ásia e em breve este número será superior. As actuais exigências do mercado obrigam a um aumento da diversidade de artigos produzidos, a uma diminuição das quantidades por entrega à IKEA e ainda à manutenção dos níveis de *stock* dentro de valores agressivos. Deste modo, torna-se vital para a Swedwood Portugal que a diferenciação do produto final seja feita o mais tarde possível de modo a flexibilizar os fluxos de produção e logísticos.

O processo de fabrico encontra-se dividido em 6 áreas. A matéria-prima é entregue pelo fornecedor e é cortada de acordo com um plano que optimiza a sua utilização. O material já cortado segue para zona dos *Frames* onde é construído um caixilho e preenchido com um papel em “favo de mel” que lhe confere resistência. Em cada uma das faces do caixilho é colada uma placa de HDF. Para que esta colagem seja eficaz, na *Coldpress* são prensadas e aguardam o tempo necessário para a cura da cola. Posteriormente as peças passam para a zona *Edge Band & Drill* onde é feita a orlagem e furação das mesmas. A área do *Lacquering* é onde as peças são pintadas e por fim na zona de *Packing* embaladas.

O Projecto desenvolveu-se entre a zona de pintura (*lacquering*) e a zona de embalamento (*packing*).

O planeamento de produção baseia-se em previsões, sendo as ordens de produção lançadas e o material “empurrado” ao longo da fábrica até ao armazém final. As necessidades semanais de produtos finais são analisadas e decompostas em necessidades de semi-produtos. Depois de produzidos, os semi-produtos aguardam antes da zona de embalamento, para que o produto final possa ser embalado. Esse tempo de espera provoca uma interrupção de fluxo e diminui a eficiência da zona de embalamento. É na tentativa de melhorar o fluxo de produção entre a zona de pintura e de embalagem e diminuir o tempo de resposta ao armazém de produto final que surge este Projecto.

## 1.3 Método seguido no projecto

A metodologia de investigação do Projecto baseou-se no estudo teórico de conceitos de *lean manufacturing*, partindo de uma revisão bibliográfica e de exemplos práticos.

Caracterizou-se a situação actual, e analisaram-se quais as ferramentas *lean* de controlo e de nivelamento da produção que seriam indicadas.

Desenvolveu-se uma proposta de melhoria face à situação actual da empresa.

#### **1.4 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório**

Este documento encontra-se dividido em 5 capítulos principais ao longo dos quais são descritos os passos realizados nas diferentes fases do projecto. No presente capítulo foi feita uma introdução, bem como o enquadramento do projecto na empresa.

No capítulo seguinte é feito o enquadramento teórico do projecto, onde se pretende explicar os conceitos que serviram de base à realização do estudo.

A partir do 3º capítulo é apresentada a situação encontrada na empresa e o levantamento dos problemas que serão o foco do projecto.

Após feita esta análise, no 4º capítulo passa-se à apresentação detalhada do estudo da proposta apresentada.

No capítulo 5 são expostos os ganhos obtidos e no último capítulo são descritas as conclusões relativas ao desenvolvimento do projecto.

## 2 Enquadramento Teórico

### 2.1 Lean Manufacturing

*Lean manufacturing* é uma estratégia operacional que teve origem no Sistema de Produção da Toyota (TPS) desenvolvido por Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda entre 1948 e 1975.

Esta filosofia de gestão tem como objectivo a criação de valor através da eliminação sistemática de desperdícios. Visa maximizar a eficiência operacional, atingindo grandes volumes de produção recorrendo a níveis mínimos de *stock* de matérias-primas, WIP e produto final.

Apenas um pedido real de procura despoleta uma ordem de produção. Como consequência, apenas é produzido o que é necessário, na quantidade desejada e no momento certo. Deste modo, as unidades produtivas encontram-se altamente focadas no cliente final, procurando reduzir o *lead time*, aumentar a fiabilidade, garantir elevados padrões de qualidade e baixos custos produtivos.

Womack e Jones (2003) definiram 5 princípios da filosofia *lean*:

- 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 questionando o cliente: qual o produto, em 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*

A implementação de fluxo conduz a uma redução do tempo médio necessário para converter matéria-prima em bens acabados. O sistema de produção *lean* consegue desenhar, agendar e fazer exactamente o que o cliente quer, quando é requisitado. Deste modo apenas é produzido o que é pedido e só é despoletada uma ordem produção perante um pedido real.

- 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.

*Lean manufacturing* é mais do que uma estratégia operacional, é um modo de pensar que pressupõe uma mudança de atitudes e comportamentos. Não se foca apenas numa operação ou processo, é transversal a toda a organização. Os benefícios são alcançados através de práticas sustentadas por princípios compreendidos e adoptados.

Numa organização *lean* todos os colaboradores procuram identificar e eliminar as fontes de desperdício e ineficiências. Fujio Cho, Presidente da Toyota, define desperdício como “*anything other than the minimum amount of equipment, materials, parts and workers which are absolutely essential to production*”.

Podem ser definidos 7 tipos de desperdícios (Ohno, 1988):

- Excesso de Produção
- Esperas
- Transporte e Movimentação
- Desperdícios do próprio processo
- *Stocks*
- Defeitos
- Trabalho Desnecessário

Este sistema pressupõe princípios de melhoria contínua, *Total Quality Control* (TQC), um cuidadoso planeamento de produção e criação de fluxos contínuos ao longo de todo o processo produtivo e um ambiente produtivo estável.

## 2.2 Levelling Production

Face a um mercado cada vez mais exigente, onde a procura de produtos personalizados com altos níveis de qualidade e a preços reduzidos aumenta diariamente, as indústrias devem ser capazes de se adaptar a constantes flutuações.

A criação de fluxo contínuo de materiais e produtos é um dos princípios de controlo de produção *lean*. É fundamental que exista sincronização da cadência de consumos por parte do cliente (*takt time*) com a cadência de produção (tempo de ciclo).

O conceito de nivelamento foi introduzido pela Toyota. As duas principais vantagens da implementação do conceito consistem na estabilização do consumo de componentes provenientes do processo anterior e no aumento da frequência de abastecimento a um supermercado a jusante.

Nivelamento significa dividir a procura total de um certo produto em lotes diários, e posteriormente partir estes lotes diários em quantidades menores, até se atingir a unidade de produção unitária. Como consequência, para a mesma procura mensal a frequência de produção de cada referência aumenta. O grau de nivelamento reflecte a flexibilidade de uma determinada fábrica.

Nivelamento passa por misturar a produção de referências diferentes, isto é, de duas referências AB produzir ABABABAB em vez de AAAABBBB. De modo a tornar esta tarefa mais simples são utilizadas caixas de nivelamento.

	07.00	07.20	07.40	08.00	08.20	08.40	09.00
Type A	1	1	1	1	1	1	1
Type B	1	1	1	1	1	1	1
Type C	1			1			1
Type D		1	1		1	1	

Figura 2.1 - Exemplo Caixa de Nivelamento.

Esta diminuição dos tamanhos dos lotes de cada referência conduz a uma diminuição da variabilidade de volume de produção de dia para dia, facilitando o planeamento de recursos a montante graças à inexistência de picos de procura, havendo uma redução de inventários. Ao longo do tempo é atingida uma estabilização e distribuição homogénea da procura.

Uma das formas de caminhar para esta estabilidade e nivelamento do processo produtivo é baseada em operações de aumento do OEE e diminuição dos tempos de *setup* (SMED). Note-se que a redução dos tamanhos de lote e o alcance do nivelamento só são possíveis se o tempo de mudança entre a produção de referências for reduzido, aproximadamente zero. Quanto maior for o tempo de *setup* entre referências, menor o número de *setups* no mesmo intervalo de tempo impossibilitando graus de nivelamento elevados com lotes de dimensões reduzidas.

O nivelamento e alisamento da produção contribuem para a eliminação da propagação das flutuações de volume da procura e a sua amplificação ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Este efeito de oscilação crescente da procura à medida que se avança na cadeia de abastecimento foi denominado por Hau Lee, efeito de *Bullwhip* (Lee *et al.*, 1997).

Na Figura seguinte podemos analisar a evolução gráfica da propagação desse efeito.

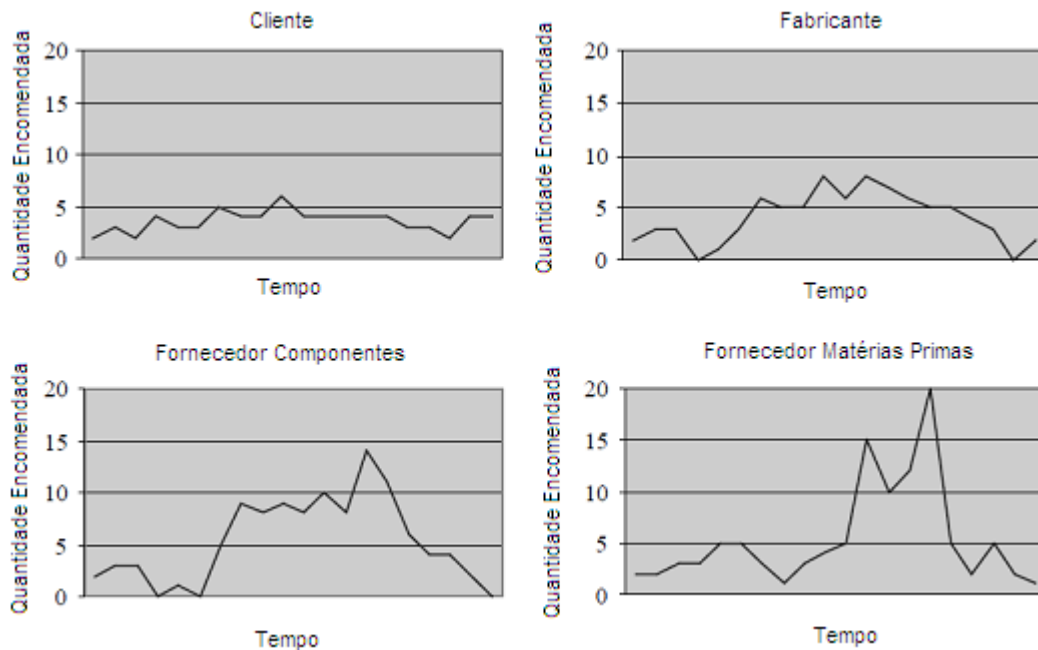


Figura 2.2 - Aumento da variabilidade da procura ao longo da cadeia de abastecimento (Lee *et al.*, 1997).

O efeito de *Bullwhip* tem diversas causas das quais se destacam as seguintes:

- Variações no tamanho de lote.

A falta de flexibilidade nos processos a montante obriga à produção de lotes de dimensões superiores ao consumido pelo processo a jusante criando uma amplificação da procura.

- Utilização de informação do cliente imediato em vez de informação do cliente final.

A falta de transparência no fluxo de informação ao longo da cadeia pode ser crítica. A inexistência de um *standard* de informação torna difícil detectar produção em excesso.

- Reacção excessiva a alterações na procura - criação de *stock* de segurança não normalizado.

A insegurança por parte dos participantes na cadeia de valor resulta num aumento de *stock* de segurança por parte de cada um. Isto deve-se ao facto dos mesmos se confrontarem com a incerteza da próxima ordem e preferirem criar um nível de inventário "confortável" para evitar falhas de serviço.

- Compra antecipada de produtos sazonais.

- Falta ou excesso de capacidade para responder à procura real.

A falta de capacidade num processo produtivo conduz à construção de tamanhos de lote de grandes dimensões. A dimensão da ordem de produção irá criar um pico de consumo nos processos a montante assim como um aumento do nível de inventário de produto acabado. Excesso de capacidade produtiva torna-se crítica devido a tendência natural de produzir em excesso para rentabilizar o investimento nos recursos existentes.

- Produção por previsões.



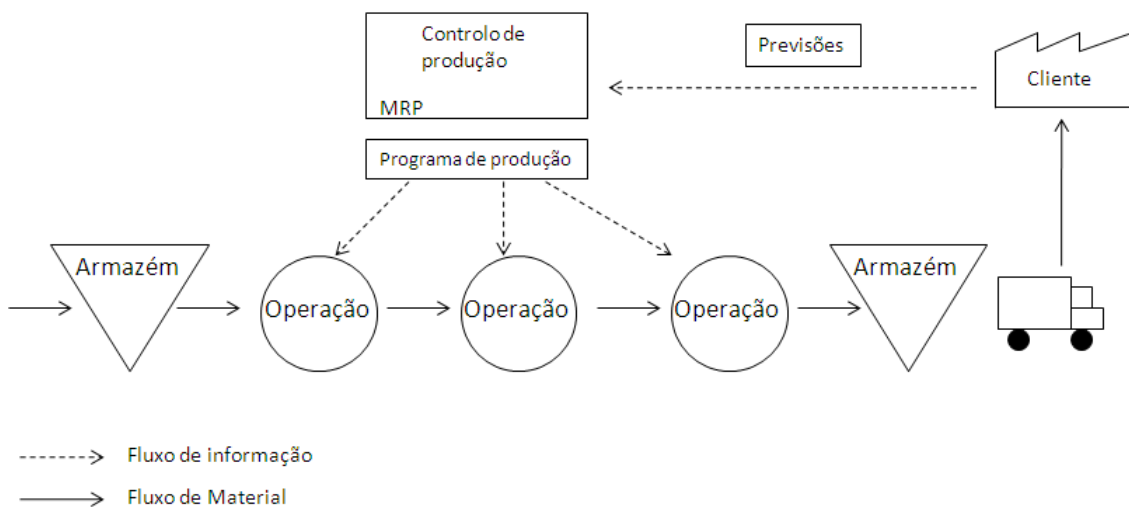
### 2.3 Sistemas de Produção

A dinâmica de produção de uma fábrica pode ser caracterizada recorrendo a duas famílias de sistemas de produção: *push* e *pull*.

O sistema de produção *push* ou sistema de produção tradicional, baseia-se em previsões de procura e as ordens de produção são organizadas de forma a cumprir prazos de entrega.

Este sistema de produção encontra-se intimamente relacionado com um modelo MRP. Esta ferramenta de planeamento é suportada por computador e tem como principal objectivo garantir que os materiais necessários estão disponíveis quando requeridos pelos processos produtivos, minimizando os níveis de inventário. O sistema gera ordens de produção a todos os processos para que a encomenda esteja pronta na data de expedição e o material é empurrado ao longo da cadeia de abastecimento.

A figura seguinte representa um sistema de planeamento de produção *push*.

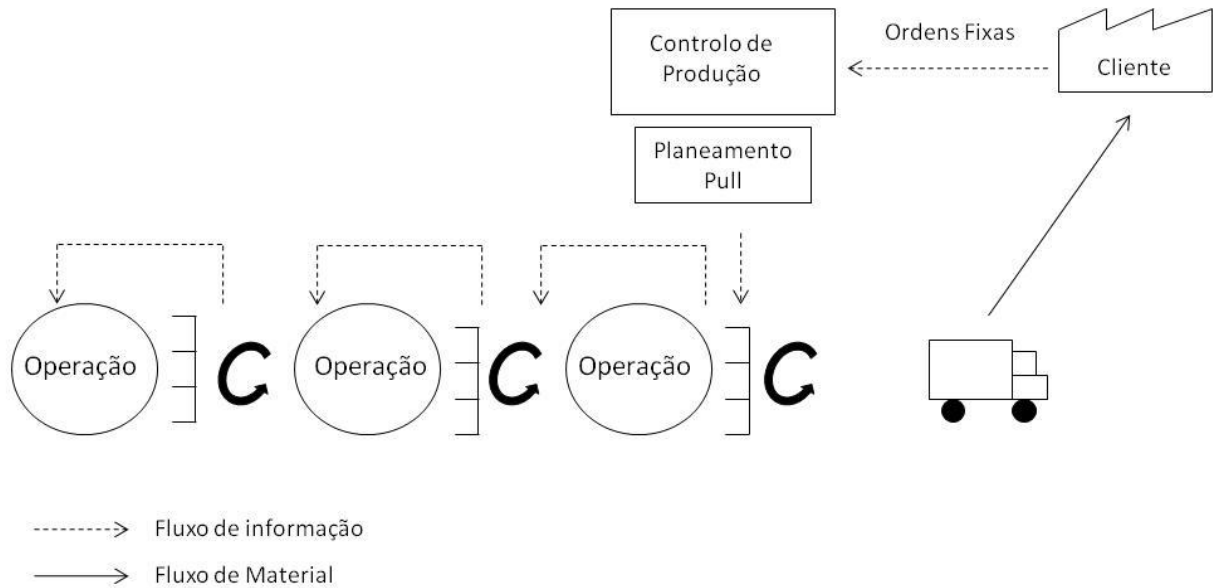


**Figura 2.3 - Sistema Push.**

O sistema produtivo baseia-se em previsões de vendas e não na procura real. Este facto leva a que sempre que as previsões de procura não sejam coincidentes com a procura real haja produção em excesso ou em defeito. Esta variabilidade da procura leva à criação de um conjunto de desperdícios que se estendem ao longo da cadeia produtiva: lotes de grandes dimensões, grande volume de WIP e elevados níveis de *stock* de produto acabado, utilização inadequada de recursos, falta de flexibilidade, aumento do *lead time* e perdas de qualidade.

Ao contrário do sistema de produção *push* descrito anteriormente, num sistema de produção *pull* as ordens de produção são baseadas na procura real do cliente final. Cada processo produtivo tem o seu fornecedor e cliente imediato. Quando o cliente final coloca uma ordem ela é satisfeita recorrendo ao *stock* de produto final. Assim que o produto final é “puxado” deste *stock*, é gerado um sinal (*Kanban* - palavra japonesa para cartão) para que a estação de produção a montante reponha o nível de *stock* de produto final, este ciclo de reposição de consumos percorre sucessivamente e de uma forma sincronizada toda a cadeia produtiva. O objectivo deixa de ser a previsão do consumo mas a sua reposição.

A figura seguinte representa a estrutura típica de um sistema de produção *pull*.



**Figura 2.4 - Sistema Pull.**

A implementação deste sistema de produção relativamente ao sistema de produção *push* apresenta as seguintes vantagens (Agrawal, 2010):

- Apenas é produzido o que é necessário para repor o consumo, nas quantidades indicadas e na altura certa.
- Elimina desperdícios reduzindo as movimentações desnecessárias de materiais, excesso de inventários, problemas de qualidade e consequentemente o *rework* e *WIP*.
- Estabiliza e nivela o plano mestre de produção graças ao plano de carga uniforme em todos os centros de operação e à implementação de ferramentas de criação de fluxo.
- Responde a flutuações de procura através do *stock* de produto final e não introduzindo flutuações ao nível do plano produtivo.
- Melhora o nível de serviço ao cliente reduzindo os tempos de ciclo, as fontes de variabilidade e promove *lead times* menores.

*“...The Company had a cognitive scheduling [...] when they really needed a reflexive scheduling. [...] When we put our finger on a hot stove, we don’t methodically review the situation and propose the best course of action. Instead, our reflexes do the right thing by pulling our finger away. This is the simplest way to think about the difference between push and pull...”*

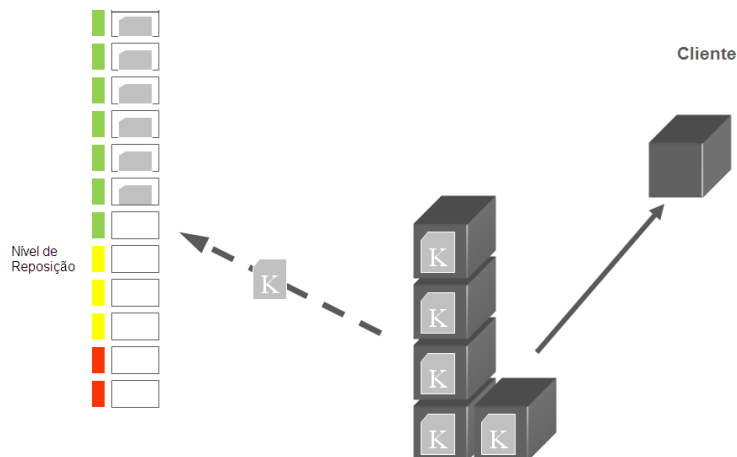
Art Smalley, *Creating Level Pull* (2004)

## 2.4 Reabastecimento de Supermercados através do Sistema *Kanban*

Em *lean manufacturing* é utilizada uma ferramenta específica para controlar informação e regular o consumo de materiais através dos processos a que se dá o nome de *kanban*. Esta ferramenta em conjunto com o *takt time*, a criação de fluxo, sistema de produção *pull* e nivelamento de todo o processo permite a esta filosofia de gestão da produção a criação de valor ao longo da cadeia de abastecimento.

Tipicamente o *kanban* é utilizado para sinalizar quando um produto é consumido num supermercado a jusante gerando um sinal de produção numa estação a montante para a reposição do produto consumido. Estes cartões contêm informação básica tal como a designação do componente, referência, o tamanho do lote, identificação do cliente, e quantidade a fornecer, funcionando em circuito fechado.

O ciclo básico de reabastecimento por *kanban* inicia-se no supermercado do cliente. O material é consumido à medida que o cliente necessita, na quantidade desejada. Este consumo leva a uma descida do nível de inventário no supermercado até ser atingido o nível de reposição que origina uma ordem de produção.



**Figura 2.5 - Ciclo de reposição de um supermercado através de um sistema *kanban*.**

O conceito de supermercado surge da impossibilidade de sincronizar a frequência de consumo de um cliente final com a frequência de reposição desse consumo pelos processos a montante, sendo este um dos maiores desafios de um sistema produtivo *lean*.

Entende-se por supermercado uma zona de armazenamento que contém localizações fixas para cada referência, zona de fácil acesso para *picking*, de fácil gestão visual e que assegura o princípio físico de FIFO, os supermercados são o ponto de ligação entre processos que não são possíveis de integrar.

Para que um sistema de reposição do supermercado por *kanban* possa ser implementado, foram definidas 9 regras fundamentais para o seu bom funcionamento (Takeda, 2006):

1. Todos os produtos ou *stock* em circulação devem ter um cartão *kanban* associado.
2. A quantidade de peças ou componentes existentes em cada contentor deve estar descrita no *kanban*, assim que a primeira unidade é retirada do contentor o *kanban* deve ser colocado no quadro de controlo.
3. Os processos a jusante puxam as partes necessárias, na quantidade necessária e na altura apropriada a montante. Não deve ser puxado material sem a sinalização de um *kanban* e só a quantidade descrita no *kanban* deve ser puxada.
4. A produção deve ser realizada de acordo com a sequência de chegada dos *kanbans*.
5. Apenas deve ser produzida a quantidade descrita no *kanban*.
6. Se ocorrer um consumo não premeditado que leve à falta de material, os processos a jusante devem ser informados. Caso não seja possível a reposição imediata do consumo o *kanban* correspondente à ordem de produção deve ter prioridade relativamente a outras ordens.
7. Os cartões *kanban* devem ser geridos e manuseados no departamento ou secção onde são utilizados.
8. Os *kanbans* devem ser geridos e movimentados de forma consciente e responsável.
9. Nenhum componente defeituoso deve ser encaminhado para o supermercado a jusante.

Em função da flexibilidade do processo de fabrico, responsável por reabastecer os supermercados, os ciclos de reposição de componentes variam. Perante condições de baixa flexibilidade produtiva é imposta a produção de uma quantidade mínima de partes para que todos os recursos inerentes à produção sejam rentabilizados. Por outro lado, face a um ambiente produtivo com uma flexibilidade elevada a frequência de reposição é equivalente à frequência de consumo, sendo a ordem mínima correspondente a um consumo unitário.

Associado aos ciclos de reposição de material nos supermercados e perante a indisponibilidade dos processos em responder de forma imediata aos consumos encontra-se um *lead time* de reabastecimento.

*Lead time* é o tempo total necessário para reabastecer o supermercado desde que a ordem de produção é lançada. Para a reposição de um produto cuja produção depende de vários processos produtivos este *lead time* é composto pelos seguintes componentes:

- Tempo de transporte de *kanban* do supermercado até ao quadro onde ficam a espera até que haja disponibilidade para iniciar a produção.
- Tempo de *setup* na mudança de produção de referências. Este tempo deve ser o tempo médio de *setup* do processo.
- Tempo de produção do lote em questão.
- Tempo de reposição do lote desde a linha de produção até ao supermercado.

O somatório destes tempos corresponde ao tempo necessário para a reposição de um determinado lote consumido.

Para que não haja falhas no serviço ao cliente é necessário que o consumo esperado durante o tempo de reposição seja assegurado pela existência de inventário. Perante um grau de estabilidade produtivo elevado, em que toda a cadeia de abastecimento se encontra sincronizada e a procura é estável o inventário necessário para garantir a não ocorrência de rupturas é apenas o equivalente ao consumo previsto durante o tempo de reposição. Devido à dificuldade em controlar flutuações na taxa de procura, variações nos prazos de entrega e outras variáveis intrínsecas dos processos ocorrem rupturas ou excedentes de *stock*. Esta incerteza leva à criação de um *stock* de segurança (SS).

Factores a considerar no cálculo de *stock* de segurança:

- Variabilidade da procura durante o prazo de entrega.
- Dimensão do prazo de entrega e variabilidade deste.
- Erros de previsão da procura.
- Exposição às rupturas de *stock*.
- Níveis de serviço desejados ou exigidos.

É essencial que estes factores sejam tidos em conta e que o cálculo de *stock* de segurança seja feito de forma *standard* e consciente das consequências que um mau dimensionamento do nível de *stock* acarreta.

No que toca à variabilidade da procura a ferramenta mais utilizada diz respeito à variância ou ao desvio padrão da procura relativamente à média. Um dos métodos para o cálculo do valor de *stock* de segurança, proposto por (Guedes, 2006), é descrito como

$$SS(PR) = K \times \sigma_{PR} = K \times \sqrt{\text{var}(d) \times PR}, \quad (1)$$

onde  $PR$  diz respeito ao período de risco,  $\sigma_{(PR)}$  o desvio padrão da procura durante o período de risco,  $\text{var}(d)$  a variância da procura durante o período de risco,  $K$  parâmetro de segurança (número de desvios padrão) e  $d$  a média da procura para a unidade de tempo.

Para além da incerteza na procura se associarmos a variabilidade do processo de reabastecimento a expressão do cálculo de *stock* de segurança fica então definida como

$$SS(TR) = K \times \sqrt{\text{var}(d) \times TR + d^2 \times \text{var}(TR)}, \quad (2)$$

sendo  $TR$  o tempo de reaprovisionamento e  $\text{var}(TR)$  a variância do prazo de entrega.

O efeito combinado da incerteza da procura e dos prazos de entrega incrementam significativamente o desvio padrão e assim o *stock* de segurança.

O dimensionamento do supermercado de cada referência passa pela determinação do nível de reposição que quando é atingido origina uma ordem de produção.

$$\text{Nível de Reposição} = \text{Lead Time Total} \times \text{Procura Média} + \text{Stock de Segurança} \quad (3)$$

O nível médio de *stock* a manter no supermercado de cada referência:

$$\text{Nível Médio stock} = \text{Stock de Segurança} \times (\text{Nível de reposição})/2 \quad (4)$$

E o nível de *stock* máximo a partir do qual é calculado o número de *kanbans* necessários a cada referência para o bom funcionamento do sistema.

$$\text{Stock Máximo} = \text{Nível de Reposição} + \text{Tamanho de Lote} \quad (5)$$

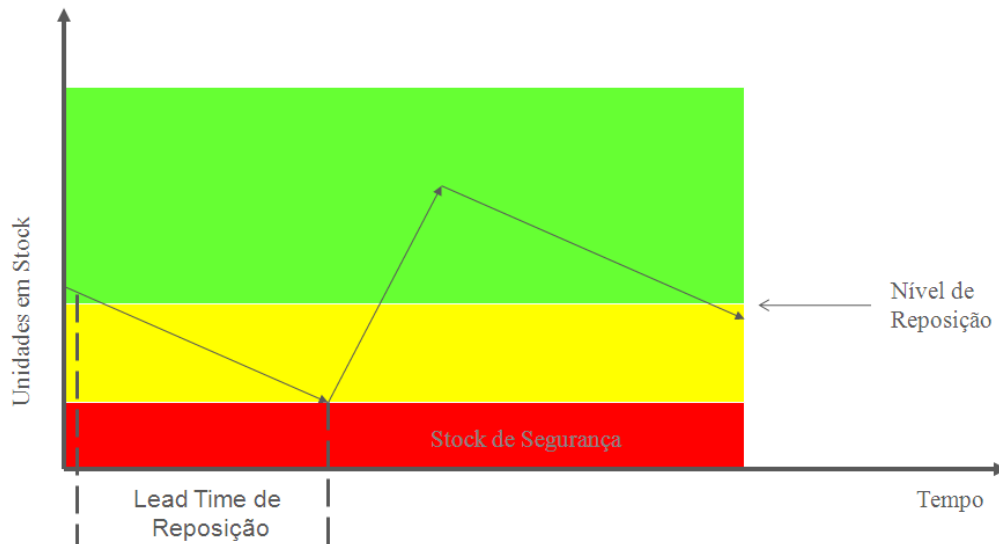
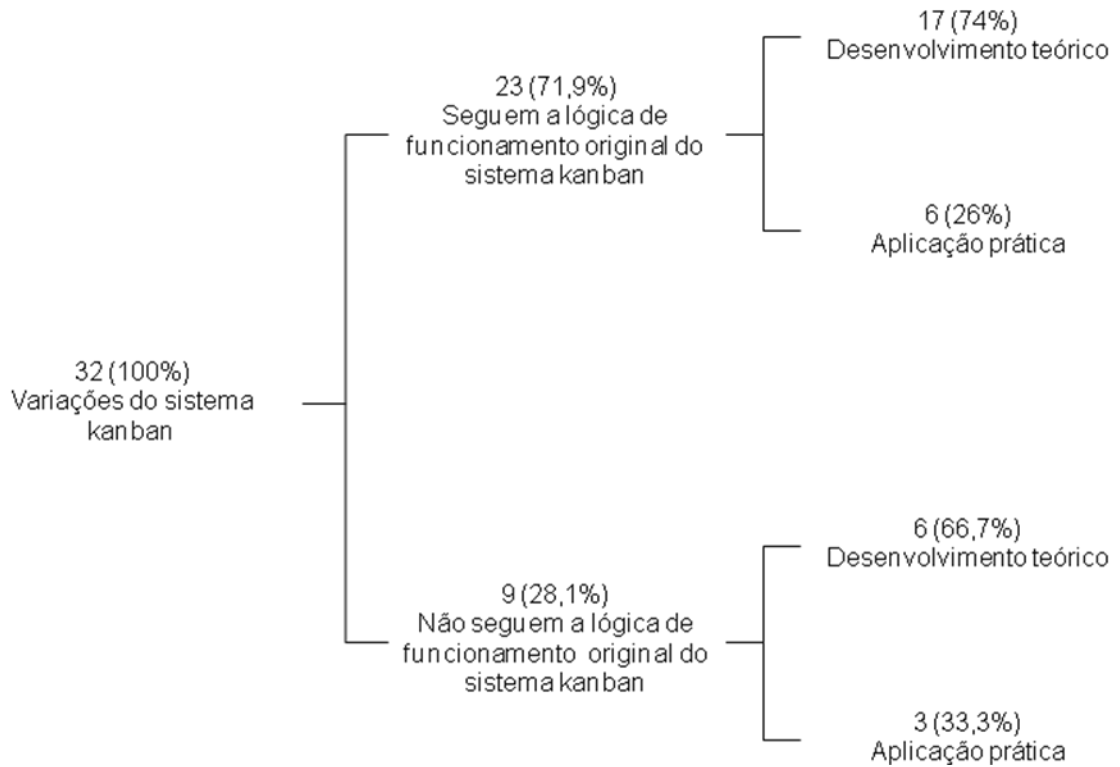


Figura 2.6 - Evolução do nível de *stock* ao longo do ciclo de reposição no supermercado.

#### 2.4.1 Variações do Sistema *Kanban*

O *kanban*, como muitos outros sistemas, foi criado para satisfazer necessidades específicas de uma empresa (Toyota), para que trabalhasse de forma eficiente face a condições de produção e de mercado específicas. Como estas condições não são idênticas em todas as organizações o sistema de controlo *kanban* apresenta algumas restrições que foram citadas por (Ohno, 1982; Monden, 1984; Aggarwall, 1985; Grunwald *et al.* 1989; Sipper & Bulfin, 1997): a sua utilização não é adequada em situações em que a procura seja instável, operações não *standard*, tempos de *setup* longos, grande variedade de itens e o fornecimento de matéria-prima incerto (Junior & Filho, 2010).

Dada a dificuldade na utilização do *kanban* na sua forma original em ambientes tão distintos, adaptações ao sistema de controlo original foram feitas de modo a ser possível a implementação em realidades específicas. Junior & Filho, (2010) analisam e classificam variações de sistema *Kanban* propostas por diversos investigadores. Foram identificadas e classificadas 32 variações da seguinte forma:



**Figura 2.7 - Classificação das variações em relação às características originais de um *kanban* e o tipo de aplicação (Junior & Filho, 2010).**

Segundo a pesquisa e estudo realizado observou-se que 23 (71,9%) das adaptações feitas ao sistema *kanban* seguem a lógica de funcionamento original. Dentro destas adaptações apenas 6 (26%) são passíveis de desenvolvimento prático.

Dentro das variações que não seguem os princípios de funcionamento original (total de 9 variações correspondentes a 28,1%), apenas 3 têm aplicação prática.

Conclui-se que existe uma grande dificuldade em manter as características originais do sistema *kanban* quando este é aplicado em sistemas reais de produção ou em sistemas de maior complexidade.

### 3 Caracterização e Análise do Problema

#### 3.1 O Produto

A BoF produz 3 famílias de produtos: Exedit, Vika e Lack. Dentro de cada família existem vários modelos perfazendo um total de 24 produtos diferentes disponíveis em cinco cores: branco, preto, castanho-escuro, efeito nogueira e efeito bétula.

Os produtos finais são constituídos por vários semi-produtos que podem ser de materiais diferentes (semi-produto melamina ou BoF). Nas figuras observam-se dois produtos finais e a descrição dos semi-produtos que os constituem.

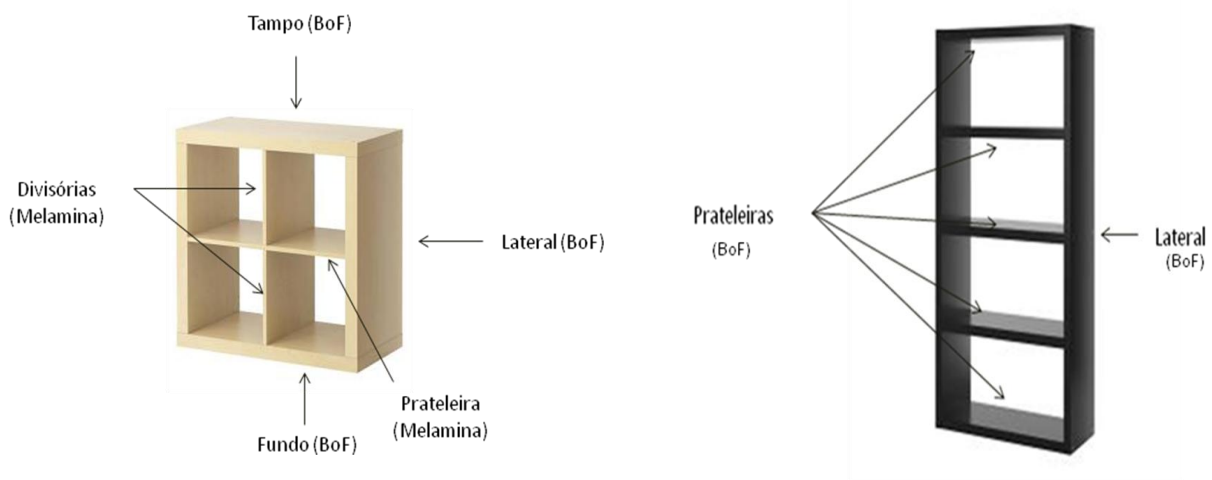


Figura 3.1 - Estante Exedit 79x79 e Estante Lack 105x190.

Estes componentes são produzidos individualmente e seguem processos produtivos diferentes.

#### 3.2 Descrição do Processo Produtivo

A unidade de produção BoF encontra-se organizada em 6 áreas que funcionam a três turnos. Cada uma das áreas é responsável por uma operação específica do processo produtivo. Seguidamente é feita uma descrição de cada uma das áreas.

##### Corte

No início da fábrica existe um armazém de matéria-prima, as placas de aglomerado de madeira (HDF, Melaminas e *Chipboard*) são armazenadas e na operação de corte são cortadas de acordo com um programa de otimização do corte. Dependendo da procura existente as placas de matéria-prima são cortadas de forma a garantir o máximo aproveitamento. Após a operação de corte dá-se a criação de dois fluxos de materiais, as placas de melamina (semi-produtos melamina) depois de cortadas são encaminhadas para um *buffer* onde aguardam a operação seguinte. Por outro lado as placas de *chipboard* são cortadas em ripas e cubos de dimensões específicas e encaminhas para a zona dos *frames* (semi-produtos BoF).



### ***Frames***

Nesta zona o trabalho é feito manualmente. Existem nove bancas de trabalho, em cada uma das bancas trabalham quatro operadoras cuja função consiste na construção dos caixilhos de madeira que são o esqueleto dos componentes do móvel final. As ripas de madeira são coladas a altas temperaturas e de acordo com um esquema pré-definido. Os tempos de *setup* nesta área são relativamente curtos e de fácil execução.



**Figura 3.2 - Exemplo de uma banca de trabalho na zona dos *frames* (montagem de caixilhos).**

Depois de montados, os caixilhos de *chipboard* são preenchidos com um papel em forma de “favo de mel” que vai conferir à peça a resistência necessária. No seguimento desta operação passa-se à colagem de uma placa de HDF em cada face da moldura.



**Figura 3.3 - Caixilho preenchido com “favo de mel”.**

### ColdPress

Para que esta colagem seja feita correctamente as peças são sujeitas a uma prensagem a frio. Esta operação é feita em oito prensas (*ColdPress*). O número de peças que cada unidade de movimentação leva em altura é definido pela altura máxima permitida na *Coldpress*.

Depois de prensadas as peças aguardam no mínimo duas horas para que se dê a cura da cola.



Figura 3.4 - Prensagem das peças e respectivo tempo de cura.

De forma a evitar que as peças estejam expostas ao ambiente fabril, durante os tempos de espera em fila e de transporte, elas são cobertas com plásticos protectores.

Cada uma das pilhas de semi-produtos é identificada ao longo da fábrica por uma etiqueta que vai sendo preenchida após cada operação e que contém o código do semi-produto, a hora em que ocorreu cada operação, a quantidade de peças, o turno de produção, a data e os níveis de qualidade.



Figura 3.5 - Exemplo de etiqueta de identificação.

### Orlagem e Furação

No seguimento destes processos iniciais apresenta-se a zona de *Edge Band & Drill*. Esta zona é formada por três linhas. A linha 1 encontra-se dedicada à furação e orlagem dos semi-produtos em melamina. As linhas 2 e 3 são responsáveis por orlar e furar os semi-produtos BoF.

Cada uma das linhas é composta por duas furadoras e três orladoras, intercaladas por mecanismos que vão rodando e reorientado as peças de modo a que as orlas sejam colocadas nas faces correctas e a furação seja feita no local exacto. Nesta secção a cor da peça fica definida de acordo com a orla que lhe é aplicada.

Nesta zona trabalham doze operadores por linha.

As peças que se encontram dentro das normas de qualidade estabelecidas são “empurradas” para o processo seguinte. Os semi-produtos BoF são encaminhados para a zona de pintura. Por outro lado, os semi-produtos melamina como não necessitam de ser pintados, logo no final desta operação são colocados no *buffer* a jusante.



Figura 3.6 - Linha de orlagem e furação.

### Pintura

Esta zona é formada por duas linhas de pintura idênticas. Cada uma destas linhas apenas pode pintar uma cor de cada vez o que implica que apenas duas cores diferentes podem ser pintadas em simultâneo.

Por razões estratégicas e na tentativa de diminuir os tempos de mudança de cor, as duas linhas nunca pintam a mesma cor em simultâneo.

Actualmente são pintadas três cores básicas (branco, preto, castanho-escuro) e são impressos dois efeitos diferentes, sendo eles o efeito bétula e efeito nogueira, ambos representando os veios e nós da madeira.

Nesta área trabalham vinte e sete operadores e o controlo da qualidade é feito visualmente no final de cada linha.



Figura 3.7 - Linha de pintura.

## Embalagem

A zona de embalagem é a parte final do processo produtivo. Nesta zona os semi-produtos são agrupados formando produtos finais. A operação de embalagem só é iniciada se uma determinada quantidade mínima de todos os semi-produtos constituintes de um produto final se encontrar disponível.

Nesta zona existem três máquinas, duas Genax que fazem embalagem em cartão, e uma Kalfass que embala em plástico.

Antes de serem embalados, os semi-produtos aguardam num *buffer* que se situa antes das linhas de embalagem. Os materiais são colocados em áreas específicas de acordo com a linha em que vão ser embalados.



Figura 3.8 - *Buffer* existente antes das linhas de embalagem.

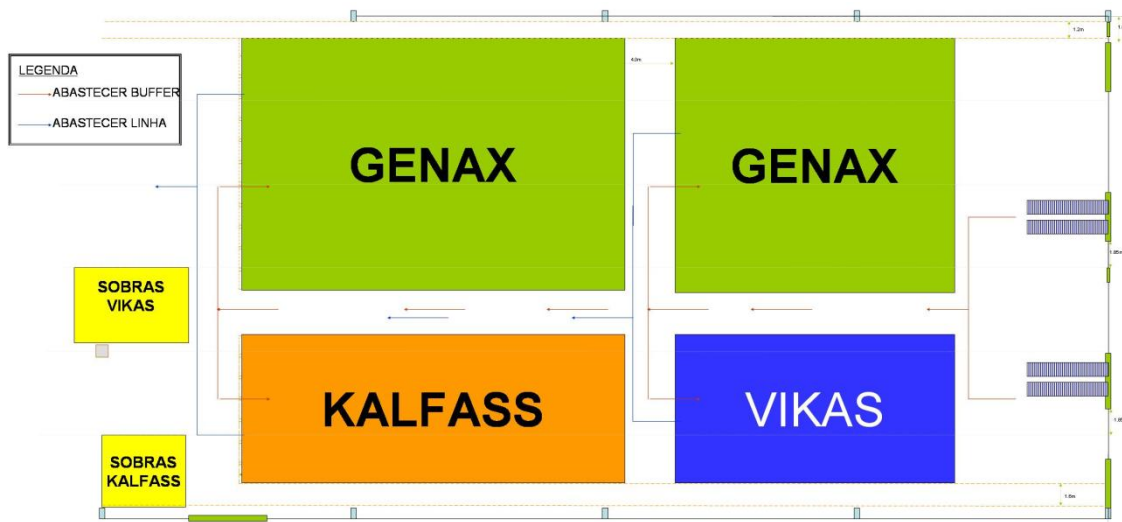


Figura 3.9 - Esquema da organização do *buffer* antes da zona de embalagem.

De acordo com o plano de produção, os semi-produtos são movimentados do *buffer* para as linhas de embalamento e colocados ao longo destas de acordo com a ordem de colocação na embalagem. Os semi-produtos são embalados juntamente com o manual de instruções, parafusos e outros componentes (pernas de mesas ou material de fixação).



Figura 3.10 - Linha de embalamento.

Enquanto um produto está a ser embalado os semi-produtos constituintes do produto final que será embalado em seguida, são movidos para junto da linha de embalamento de modo a minimizar o tempo de preparação da linha na mudança de produto.

Após embalados, os produtos são colocados em paletes e transferidos para o armazém de produto final.

**Fluxograma do processo produtivo**

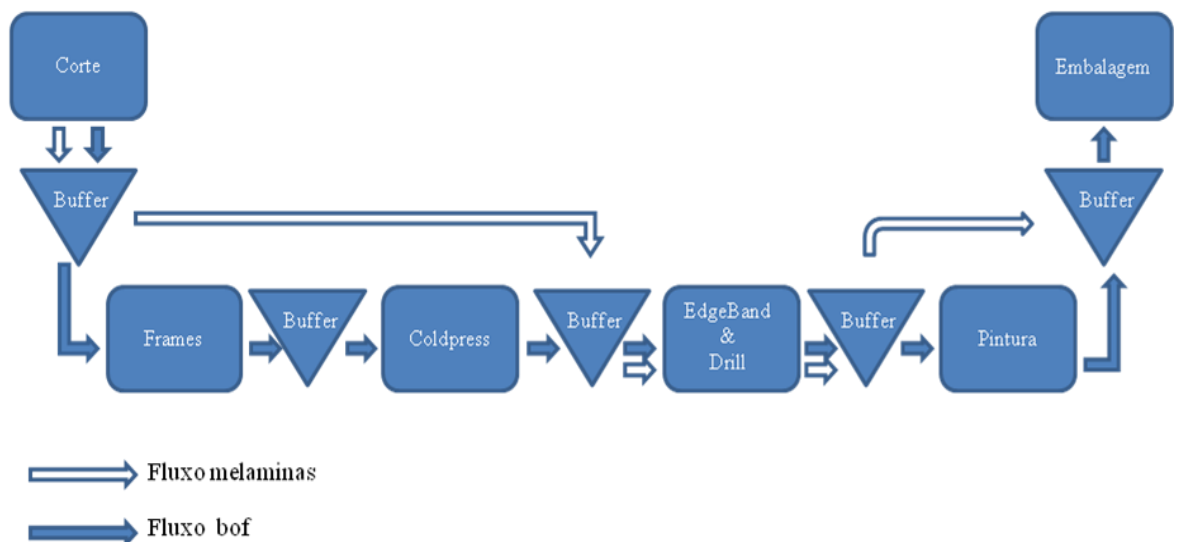


Figura 3.11 - Fluxograma do processo produtivo.

### 3.3 Casamentos nas Linhas de Embalamento

Uma das grandes dificuldades a resolver é a questão da sincronização das linhas de embalamento com o restante processo produtivo.

Nas embalagens de produto final são colocadas as quantidades de semi-produtos que, depois de montados, formam um móvel. Por exemplo, o produto Expedit 185x185 só será embalado se no *buffer* anterior às linhas de embalamento se encontrarem disponíveis todos os semi-produtos, numa quantidade mínima que garanta um embalamento contínuo.

**Tabela 3.1- Constituição da Estante Expedit 185x185.**

Semi-produto	Quantidade	Constituição
Divisória	20	Melamina
Prateleira	4	Melamina
Tampo/Fundo	2	BoF
Lateral	2	BoF



**Figura 3.12 - Estante Expedit 185x185.**

Como foi referido anteriormente, a linha 1 da zona de orlagem e furação encontra-se dedicada à produção de melaminas e as linhas 2 e 3 à produção de semi-produtos BoF.



**Figura 3.13 - Exemplo de semi-produto melamina e semi-produto BoF.**

No caso apresentado na Tabela 3.1, verificamos que o produto Expedit 185x185 é constituído por 2 semi-produtos melamina (divisória e prateleira) e por 2 semi-produtos BoF (tampo/fundo e lateral). Neste caso, a linha 1 da zona de furação e orlagem começaria a produzir as divisórias. Depois de produzidas seriam colocadas no *buffer* anterior ao embalamento e após um *setup* na linha, iniciar-se-ia a produção do outro semi-produto melamina (prateleiras).

Simultaneamente, na linha 2 iniciar-se-ia a produção das laterais que no final da operação de orlagem e furação seriam introduzidas numa linha de pintura. Entretanto ter-se-ia procedido à realização de um *setup* na linha 3 para que o semi-produto tampo/fundo fosse furado e orlado e por fim pintado. Note-se que o tampo e o fundo são semi-produtos iguais.

O produto final apenas é embalado quando o semi-produto tampo/fundo chega ao *buffer* anterior à zona de embalamento. Este tempo de espera, para que o casamento de todos os semi-produtos seja feito, provoca uma interrupção do fluxo de material na zona de embalamento podendo contribuir para a paragem das linhas.

Na realidade as paragens das linhas de embalamento são resultantes de micro-paragens e também de avarias. Tal como as restantes operações, a zona de embalamento recebe semanalmente um plano de produção com os artigos e ordem de embalamento. O cumprimento desse plano depende da disponibilidade dos componentes antes da zona de embalamento e, no caso de não se encontrarem disponíveis, o plano é contornado e outro artigo é embalado. Deste modo as linhas não param por falta de material porque são feitas alterações ao plano de modo a evitar essas paragens. Em suma, esta falta de cumprimento do plano faz com que a gestão das linhas de embalamento seja um processo não sistematizado, exigente e constantemente adaptável ao desempenho do processo a montante.

### 3.4 Paletes Pendentes para Embalamento

A dinâmica de produção actual da fábrica BoF segue uma filosofia que se apoia num planeamento *push*. O planeamento baseia-se em previsões da procura, que são introduzidas no ERP da empresa e “explodidas” em necessidades de semi-produtos correspondentes.

Como explicado anteriormente, os produtos finais são formados por quantidades específicas de semi-produtos diferentes, o que implica que para embalar um produto seja necessário garantir a disponibilidade desses semi-produtos no *buffer* nas quantidades requeridas e com os níveis de qualidade esperados.

Vejamos o seguinte caso:

É necessário embalar 4.000 Expedit 185x185 a que correspondem as quantidades de semi-produto descritas na Tabela seguinte.

**Tabela 3.2 - Quantidades de semi-produto.**

Semi-produto:	Quantidade
Divisória	80.000
Prateleira	16.000
Tampo/Fundo	8.000
Lateral	8.000

Uma vez que o processo produtivo não está ainda estabilizado, o controlo de qualidade rejeita uma percentagem significativa de peças produzidas. Consequentemente e para compensar este diferencial têm de ser dadas ordens de fabrico sempre superiores às quantidades acima descritas. A falta de estabilidade e controlo do processo levam a uma taxa de sucata elevada.

Na Figura 3.14 pode-se analisar a distribuição dos valores de sucata a partir do mês de Setembro comparados com o objectivo mensal.

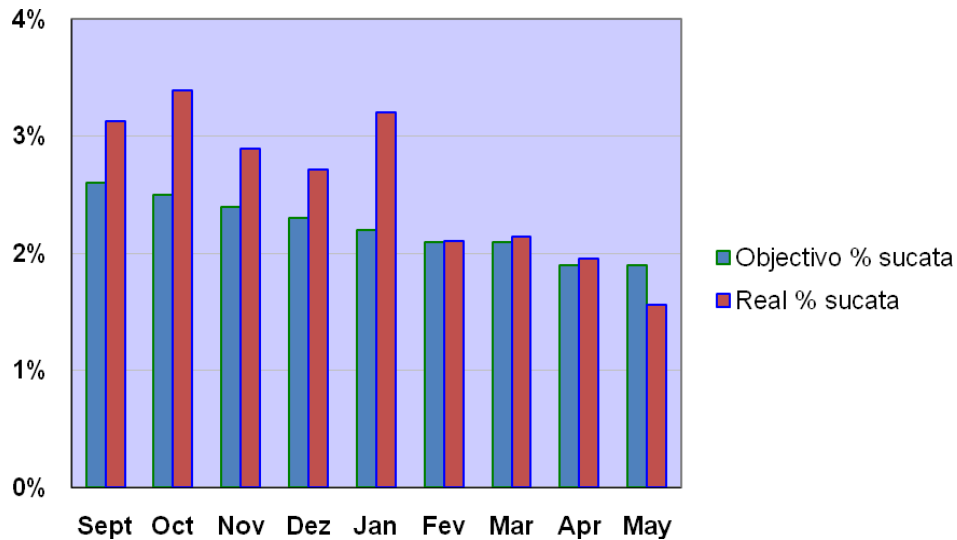


Figura 3.14 - Gráfico da evolução da sucata.

O panorama descrito leva a que no final do processo produtivo de cada um dos semi-produtos nem sempre se encontrem disponíveis as quantidades previstas inicialmente. Se após a produção tivéssemos disponíveis 80.000 divisórias, 16.000 prateleiras, 8.000 tampo/fundo mas apenas 7.000 laterais, só seria possível embalar 3.500 Expedit 185x185. Ficariam por embalar 10.000 divisórias, 2.000 prateleiras e 1.000 tampo/fundo e a procura não seria satisfeita em 500 unidades. As quantidades de semi-produtos que não são embalados são designadas por sobras.

De forma a garantir que a quantidade pedida é embalada e entregue, a produção fabrica sempre 10% acima da quantidade final pretendida. A título de exemplo, se for colocada uma encomenda de 1.000 Expedit 185x185 o planeamento da produção acrescenta 100 unidades (10%) e a esta quantidade irá ser subtraído o *stock* existente que diz respeito às quantidades de trabalho em curso de semi-produtos e ao *stock* de semi-produtos que ficaram por embalar na produção anterior, sendo a ordem de produção igual a:

$$1100 - (\textit{Stock existente}) = \textit{Quantidade a produzir} \quad (6)$$

Esta margem de segurança apenas tenta assegurar a entrega das quantidades pedidas mas não soluciona a questão das paletes de semi-produtos que ficam por embalar.

As paletes de semi-produtos pendentes são armazenadas e voltarão a ser utilizadas quando a estante Expedit 185x185 tornar a ser produzida.

Esta situação, criada pela dificuldade de fazer coincidir as quantidades de cada semi-produto, implica a existência de espaço disponível para a sua armazenagem. Actualmente o espaço utilizado para a armazenagem das sobras corresponde a cerca de 1386 m<sup>2</sup> (Figura 3.15).





Figura 3.15 - Armazenagem actual das paletes em sobra.

### 3.5 Outras Variáveis que Afectam o Planeamento da Produção

O planeamento depende de variáveis que condicionam e alteram constantemente o padrão de produção.

- Previsões pouco fiáveis.

Podemos definir o sistema de planeamento de produção da fábrica BoF como sendo um sistema *push*, baseado em previsões da procura que são o *input* ao modelo ERP (Movex).

Uma das grandes dificuldades do planeamento de produção passa pelo facto destas previsões não serem fiáveis. De acordo com um estudo realizado conclui-se que na grande maioria dos meses as vendas são superiores às quantidades previstas no início de cada mês. Esta imprevisibilidade é ainda agravada pelas acções dinâmicas de marketing desenvolvidas por cada loja.

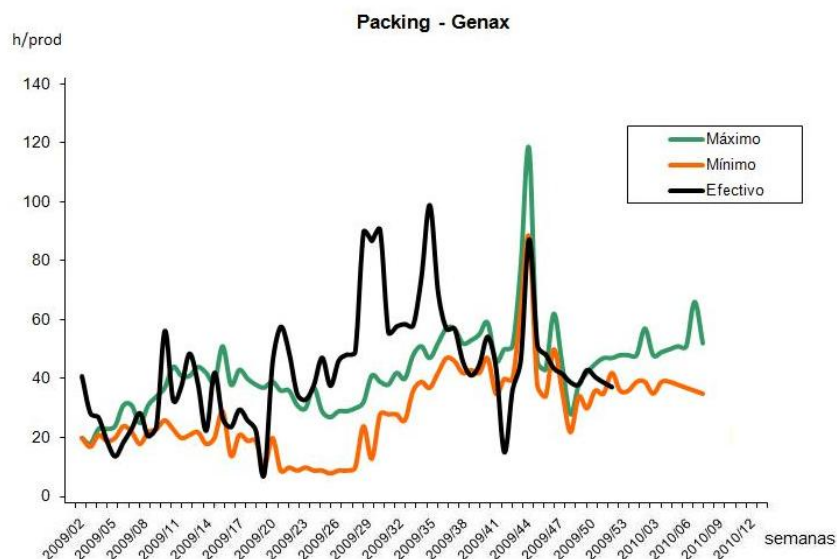


Figura 3.16 - Evolução das horas de produção efectivas comparativamente com as planeadas.

- Existência de grande diversidade de geometrias dos semi-produtos.

Os artigos finais são compostos por semi-produtos, que apresentam geometria, furação e orlagem diferentes perfazendo um total de 194 semi-produtos diferentes. Esta diferente geometria faz com que a mudança de produção tenha tempos de *setup* distintos. Ainda relativamente a este aspecto é de salientar que a sequência de geometrias de semi-produtos que otimiza a produção na zona de orlagem e furação e minimiza os tempos de mudança de referências, não coincide com a sequência que otimiza as linhas de pintura. Este facto obriga a que haja uma integração entre as duas áreas produtivas de forma a alcançar uma solução que, apesar de não otimizar cada uma das áreas individualmente, seja vantajosa para o processo produtivo como um todo.

- Fluxos de materiais que atravessam a fábrica.

A fábrica é permanentemente atravessada por fluxos de material. Assim, o fluxo de produção principal é cruzado pelo fluxo de *rework* (fluxo de material que necessita de passar duas vezes pela mesma operação) e pelo fluxo de sucata. Dada a intensidade com que estes fluxos atravessam a fábrica é essencial que o material se encontre devidamente identificado. Uma má identificação pode levar à ocorrência de trocas de paletes e consequentes falhas no processo.

- Tempos de *setup* elevados.

Quanto mais rápida for a passagem da produção de uma referência para outra, maior é o tempo disponível para a realização de um maior número de *setups*.

No início do projecto o tempo médio de *setup* na zona de orlagem e furação (*bottleneck*) era, nas linhas 1 e 2, igual a 30 minutos e na linha 3 de 60 minutos. Estes tempos de *setup* elevados tornam impossível um elevado grau de nivelamento, e levam à produção de grandes lotes de dimensões não constantes, isto é, o tamanho dos lotes varia todas as vezes que o semi-produto é revisitado.

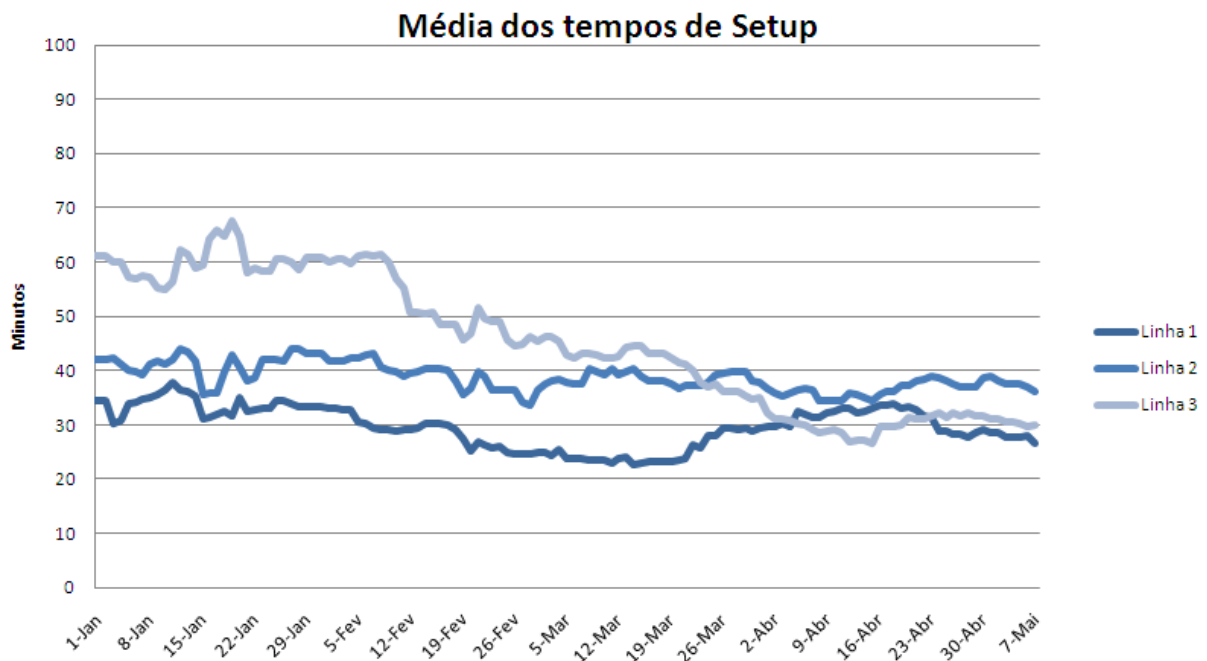


Figura 3.17 - Evolução dos tempos de *setup* nas linhas de orlagem e furação.

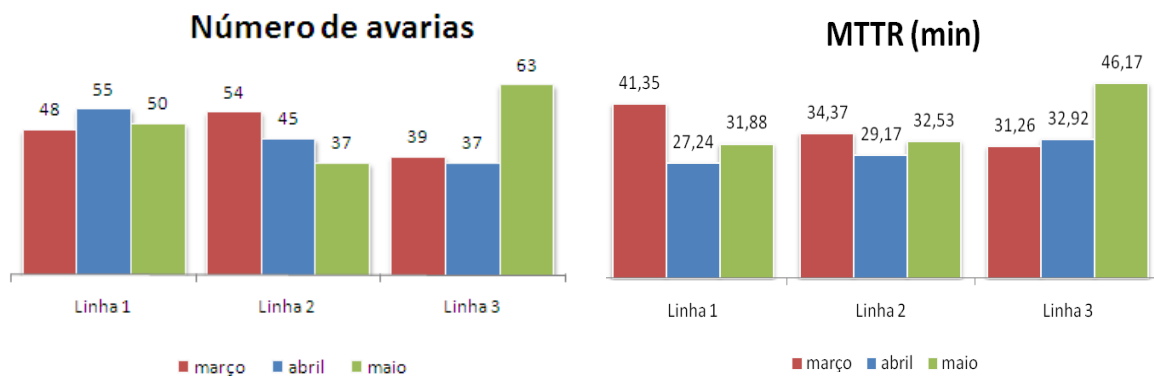
- *Lead time* elevado.

As grandes dimensões dos lotes de produção fazem com que os *lead time* de entrega sejam em média de 120 horas, equivalente a 15 turnos de produção

- Paragem por avarias frequentes.

O processo produtivo não se encontra ainda estabilizado, pois actualmente ainda ocorrem paragens das linhas de produção cujo motivo não é conhecido. É por isso necessário, perante a ocorrência de uma avaria, detectar a sua causa e depois de identificado o problema saber como proceder para o solucionar.

Sabendo que o tempo médio de reparação na zona de orlagem e furação é de 35 minutos, pode ser calculado, a partir do número de avarias, o tempo médio que a linha pára por mês devido à intervenção de manutenção.



**Figura 3.18 - Evolução do número de avarias ao longo do tempo nas linhas de orlagem e furação e tempos médios de reparação.**

Ainda relativamente às variáveis que condicionam o planeamento da produção é fundamental referir que a fábrica BoF da Swedwood Portugal foi construída à imagem das fábricas BoF existentes na Polónia. Estas fábricas foram pensadas para produzir uma pequena variedade de artigos, possuindo linhas de produção dedicadas a cada semi-produto e várias linhas de pintura dedicadas a cada cor, sendo a produção feita em massa. O *layout* da fábrica permite grandes zonas para produção em curso. Possibilitando que no final de cada operação de produção exista um *buffer* com capacidade suficiente para tornar as operações de produção praticamente independentes.

O que distingue as fábricas da Polónia da fábrica BoF em Portugal é o facto desta estar organizada em linha, de existirem *buffers* intermédios de capacidade não superior a 8 horas de produção estando as operações de produção interligadas. A ausência de linhas dedicadas à produção de semi-produtos e a considerável diversidade de artigos, torna o planeamento de produção e balanceamento das linhas um processo delicado e complexo no caso português.

## 4 Solução Preconizada

No seguimento da caracterização do processo e da exposição dos problemas apresentam-se neste capítulo as soluções estudadas e propostas.

### 4.1 Criação de Supermercado de Todas as Referências

Inicialmente, e tendo em conta a problemática apresentada, uma das soluções pensadas seria a criação de um supermercado de todas as referências de semi-produtos antes da zona de embalamento.

Esta implementação levaria à eliminação completa do tempo de espera das linhas de embalamento pelos semi-produtos em fabrico, conseguindo deste modo entregar os artigos embalados ao armazém de produto final mais cedo e de modo mais eficiente. O armazém de produto final colocaria a sua encomenda às linhas de embalamento e apenas as quantidades requeridas seriam consumidas do supermercado e embaladas. O tempo de entrega dos artigos ao armazém passaria a ser apenas o tempo de embalamento da quantidade encomendada.

À medida que os semi-produtos fossem consumidos do supermercado e o nível de reposição fosse atingido seria necessário o reabastecimento das quantidades consumidas.

Esta solução passaria pela definição de localizações fixas para cada uma das referências dos semi-produtos, correspondendo a 194 posições que cumpririam o requisito físico do FIFO.

Depois de determinado o número de referências e definido o número de posições passou-se ao cálculo do espaço que seria necessário.

Partindo das previsões de vendas do final do ano de 2010 e início de 2011 SPI, transformaram-se as quantidades de artigos finais em quantidades de semi-produtos. Para cada referência, calculou-se uma média móvel de forma a suavizar os picos de procura e tornar as quantidades mais homogéneas.

Seguidamente analisou-se a forma como os semi-produtos são movimentados ao longo das linhas de produção e o modo como seriam armazenados no supermercado para se poder determinar a área necessária.

Os semi-produtos são movimentados em placas de madeira que na zona anterior ao embalamento são colocadas sobre paletes. Cada placa tem 1,2 metros de largura e 0,7 metros de comprimento. Os componentes podem ser transportados em uma, duas ou três placas base dependendo das suas dimensões.



Figura 4.1 - Exemplo de placas base.

**Tabela 4.1- Dimensões das placas base.**

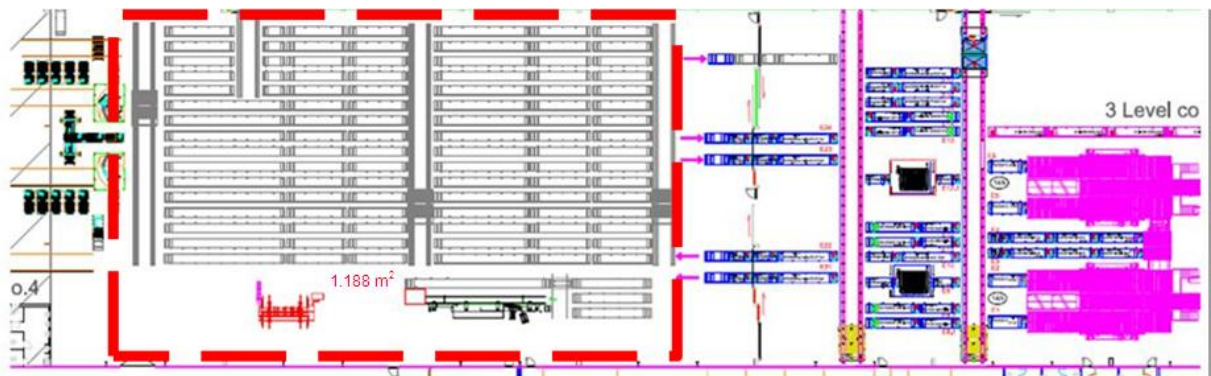
Nº de Placas	Dimensões (mm)	Área (m <sup>2</sup> )
1	1200x700	0,84
2	1200x1400	1,68
3	1200x2100	2,52

Apenas considerando as quantidades semanais de semi-produtos correspondentes ao SPI em estudo, calculou-se qual a área de supermercado necessária para garantir essa procura semanal. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela seguinte:

**Tabela 4.2- Área necessária ao supermercado de 194 semi-produtos.**

Área (m <sup>2</sup> )	Em Linha (m)
11.680	10.640

Analisando estes valores surge uma limitação de espaço uma vez que a área de chão de armazenagem anterior às linhas de embalamento é de 1.188 m<sup>2</sup>.

**Figura 4.2 - Planta da área antes da zona de embalamento.**

A forma de diminuir as quantidades necessárias em cada supermercado, e deste modo reduzir a área necessária, passaria por diminuir o tamanho dos lotes o que faria com que houvesse um aumento do número de *setups*. Consequentemente, para conseguir manter o mesmo nível de serviço na entrega de material às linhas de embalamento, a frequência de reposição dos *stocks* de cada referência no supermercado iria aumentar. Face ao ambiente produtivo, e ao facto de o planeamento de produção depender directamente das variáveis descritas no capítulo 3, este grau de nivelamento da produção não é, neste momento, possível de estabelecer.

## 4.2 Estudo de Solução Alternativa

De acordo a organização das linhas de produção, analisado o processo produtivo e dada a impossibilidade de colocar todas as referências de semi-produtos em supermercado, foram definidos três pressupostos a partir dos quais se determinaram as referências que devem fazer parte do supermercado anterior à zona de embalamento.

### Pressupostos

1. Referências comuns a vários artigos finais.
2. Apenas ficar pendente para produção um semi-produto melamina e no máximo dois semi-produtos BoF.
3. Semi-produtos com a menor área de armazenagem.

Enquanto que os pressupostos 1 e 3 se explicam a si próprios, o pressuposto 2 reúne vários pontos que serão explicados de seguida.

Na zona de orlagem e furação descrita previamente, existem 3 linhas, uma dedicada à furação e orlagem dos semi-produtos melamina e duas dedicadas à produção de semi-produtos BoF. Colocando em supermercado as referências de semi-produto necessárias para garantir que somente fique pendente para produção, um componente melamina e dois componentes BoF, o tempo de espera dos semi-produtos antes do embalamento será menor. Retomando o estudo do produto Expedit 185x185, colocando as divisórias no supermercado ficam pendentes para produção apenas as prateleiras (melamina), o tampo/fundo (BoF) e as laterais (BoF). Neste caso, quando fosse colocada uma encomenda, o planeamento daria ordem de produção das prateleiras na linha 1, do tampo/ fundo na linha 2 e na linha 3 das laterais. Após produção, as prateleiras seriam encaminhadas para a zona anterior ao embalamento, o tampo e fundo e as laterais seriam colocadas de modo alternado numa das linhas de pintura.

Estas duas referências são pintadas na mesma linha de pintura devido ao facto de nunca ser pintada a mesma cor em simultâneo nas duas linhas. Alternando as referências de tampo/fundo com as laterais torna-se possível dar início à operação de embalamento mais cedo do que se esperássemos que todo o lote de tampo/fundo fosse pintado e só depois se iniciasse a pintura das laterais. Na linha de pintura os componentes são introduzidos de forma intercalada. Sendo o componente tampo/fundo designado por referência A e as laterais referências B, a sequência na linha de pintura seria ABABABAB e não AAAABBBB.

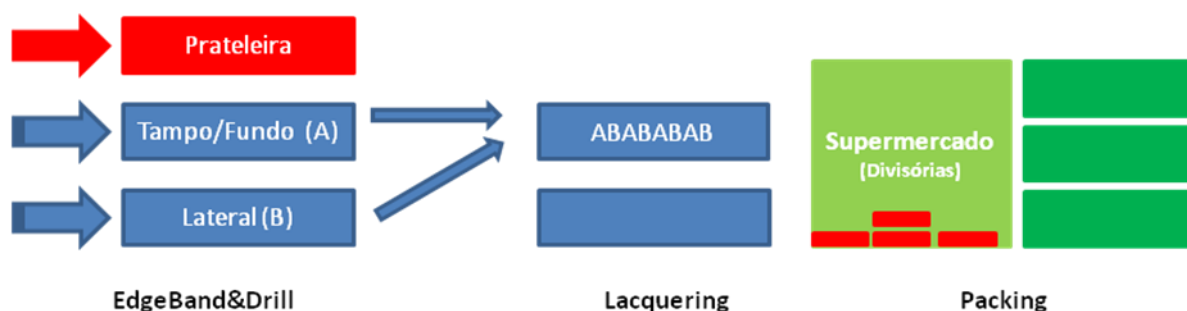


Figura 4.3 - Esquema do processo produtivo desde as linhas de orlagem e furação até à zona de embalagem.

Para uma melhor compreensão da solução proposta, partindo da situação actual de planeamento de 4 artigos, estudou-se o cenário da distribuição temporal da produção com e sem a implementação do supermercado de semi-produtos. Na Tabela 4.3 resume-se os resultados obtidos:

**Tabela 4.3 - Quadro resumo dos diferentes cenários**

Artigo Final	Actual (h)	Proposto (h)	Redução (h)
Expedit 185x185	53	19	34
Expedit 149x149	34	22	12
Lack 149x55	28	19	9
Expedit 89x149	29	19	10

Observem-se os seguintes cenários:

- **Produção de 4.000 estantes Expedit 185x185**

Recolheram-se os dados relativos aos tempos de produção de cada um dos semi-produtos e respectivas operações:

**Tabela 4.4- Tempo de produção por linha na zona de orlagem e furação.**

	Quantidade	Tempo de produção EB&D (horas)
Prateleiras	16.000	11,9
Divisórias	80.000	39,7
Tampo/Fundo	8.000	10,6
Lateral	8.000	8,3

**Tabela 4.5- Tempo de produção por linha, na zona de pintura.**

	Quantidade	Tempo de Pintura (horas)
Tampo/Fundo	8.000	8,4
Lateral	8.000	8,4

**Tabela 4.6- Tempo de embalamento.**

	Quantidade	Tempo de embalamento (horas)
Expedit 185x185	4.000	16

Recorrendo aos tempos obtidos traçaram-se os diagramas do planeamento correspondentes à situação actual e à implementação do supermercado.

A primeira sequenciação, representada na Figura 4.4, diz respeito à situação actual. Na linha 1 da zona de orlagem e furação (L 1 EB&D) são produzidas as melaminas, as prateleiras seguidas das divisórias. A linha 2 inicia a produção dos tampos e fundos e na linha 3 são produzidas as laterais. Depois de serem orlados e furados, os semi-produtos das linhas 2 e 3 são introduzidos na linha de pintura. A produção das divisórias só termina no primeiro turno de dia 3, assim, para que o processo de embalagem não seja interrompido, só pode ser iniciado a partir da 6ª hora do segundo turno do dia 2, sendo a encomenda entregue ao armazém final após 2 dias e 5 horas. Note-se, que perante esta situação, o intercalar de referências na linha de pintura (ABABABAB) não traz qualquer vantagem.

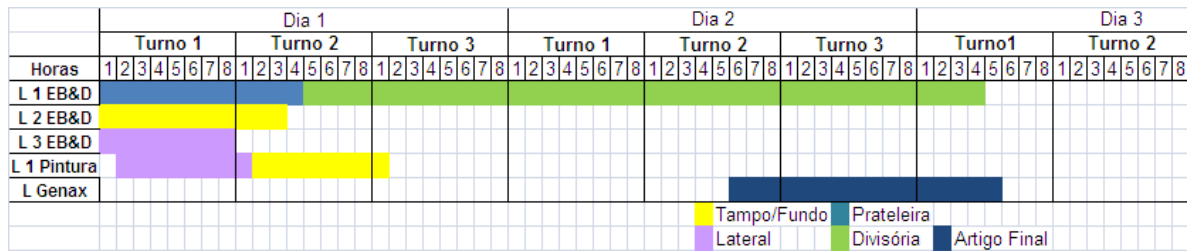


Figura 4.4- Distribuição temporal da produção dos semi-produtos Expedit185x185 actual.

Analisa-se em seguida o cenário da colocação das divisórias em supermercado. Como anteriormente, as prateleiras são produzidas na linha 1, a linha 2 produz tampo/fundo e a linha 3 as laterais. A partir do momento em que já decorreu uma hora de produção de laterais e tampo/fundo estes são introduzidos na linha de pintura de modo intercalado. Assim, a partir da 4ª hora do primeiro turno, o produto final pode começar a ser embalado pois uma quantidade mínima de todos os semi-produtos está disponível.

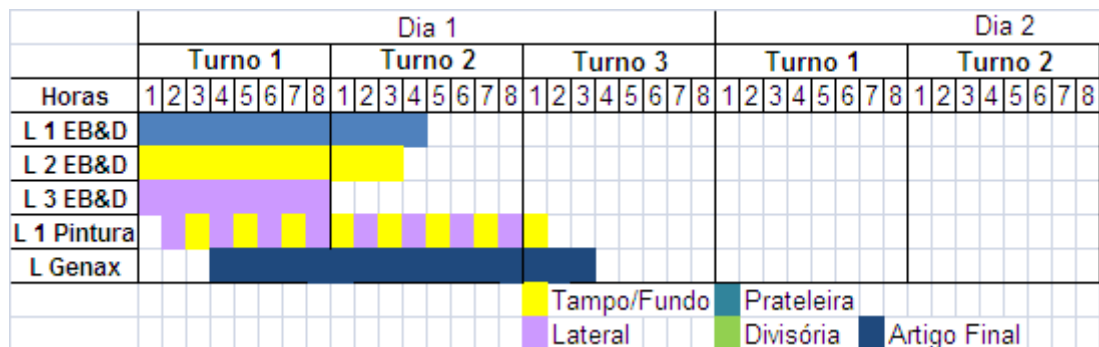


Figura 4.5 - Distribuição temporal da produção dos semi-produtos Expedit 185x185 com a implementação de supermercado.

Esta situação permite que o embalamento se inicie 34 horas mais cedo do que no caso anterior. A diferença deve-se ao grande número de divisórias que passam a estar disponíveis no supermercado. O tempo de entrega ao armazém de produto final passa a ser de 19 horas.

A mesma análise foi feita para os produtos que se seguem.



• **Produção de 4.000 estantes Expedit 149x149**

Neste cenário o embalamento só pode ser iniciado na 5ª hora do turno 3 de dia 1. Na L1EB&D são produzidas as prateleiras seguidas das divisórias. Na L2EB&D são produzidas as laterais e na L3EB&D o tampo/fundo. A encomenda é entregue ao armazém final passado 1 dia e 10 horas.

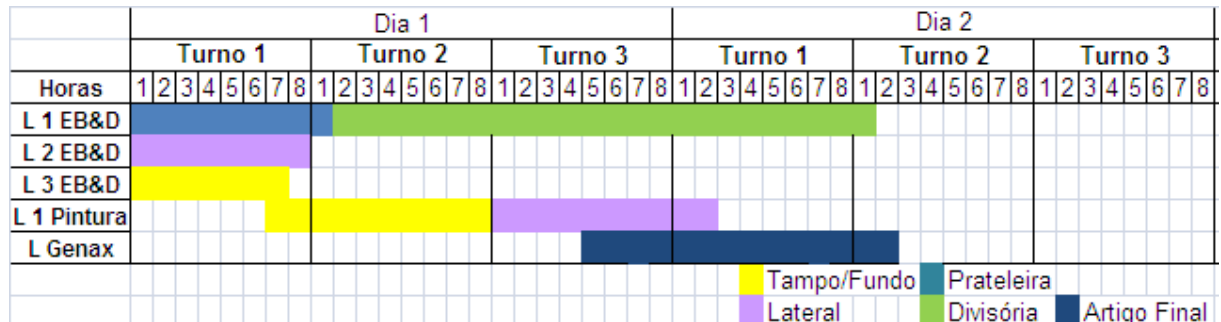


Figura 4.6 – Cenário actual da produção de 4.000 Estantes Expedit 149x149.

Com a colocação das divisórias em supermercado torna-se possível iniciar o embalamento na 1ª hora do segundo turno de dia 1 como se pode ver na Figura 4.7.

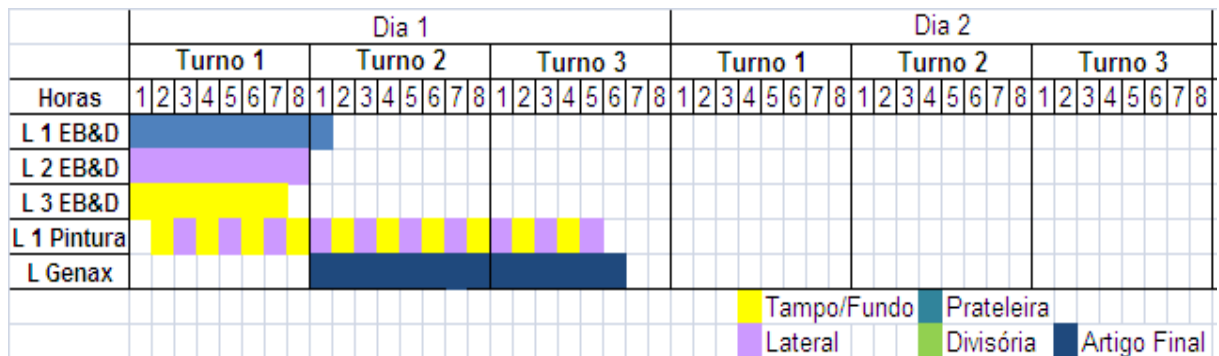


Figura 4.7 – Cenário da produção de 4.000 estantes Expedit 149x149 com supermercado.

O embalamento ocorre 12 horas mais cedo do que na situação actual e o artigo é entregue ao armazém no final do 3º turno do dia 1.

• **Produção de 4.000 móveis Lack 149x55**

Este artigo final não contém semi-produtos melamina, o que explica a ausência de material na linha 1 da zona de orlagem e furação. De acordo com este cenário inicia-se o embalamento na 5ª hora do segundo turno de dia 1, a encomenda é entregue ao armazém de produto final em 1 dia e 4 horas.

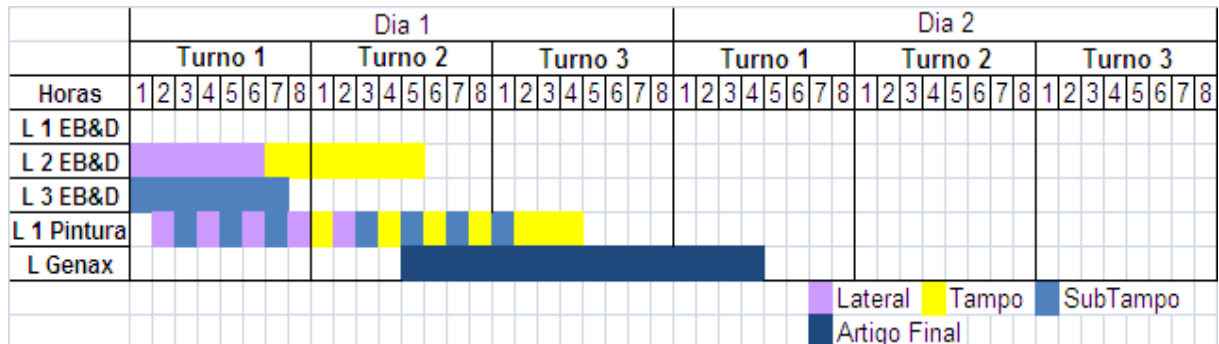


Figura 4.8 – Cenário actual da produção de 4.000 móveis Lack 149x55.

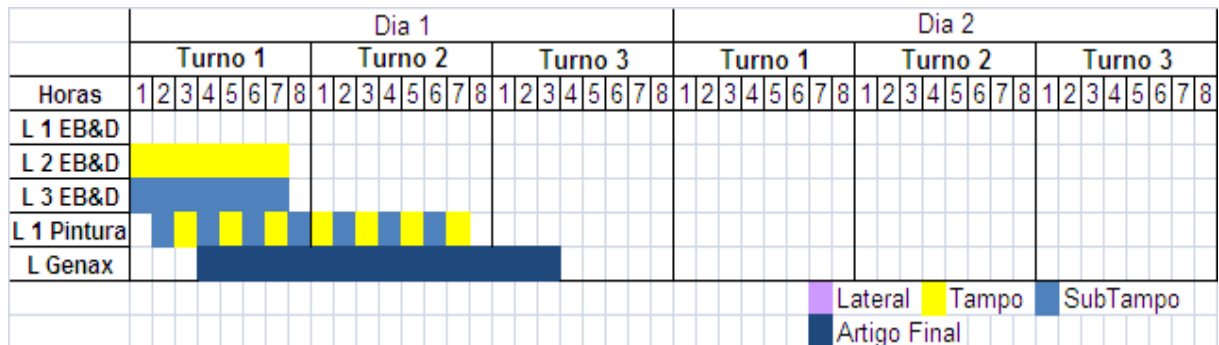


Figura 4.9 – Cenário da produção de 4.000 móveis Lack 149x55 com implementação de supermercado.

Ao serem colocadas as laterais em supermercado é possível uma antecipação de 9 horas, iniciando-se o embalamento na 4ª hora do turno 1 do primeiro dia. Na 3ª hora do terceiro turno de dia 1 a encomenda é entregue ao armazém de produto acabado.

• **Produção de 4.000 estantes Expedit 89x149**

Colocando em supermercado as divisórias, a divisória esquerda, a prateleira pequena e a lateral direita, deixando apenas pendente para produção 1 semi-produto melamina e 2 BoF, torna-se possível iniciar a operação de embalagem 10 horas mais cedo.

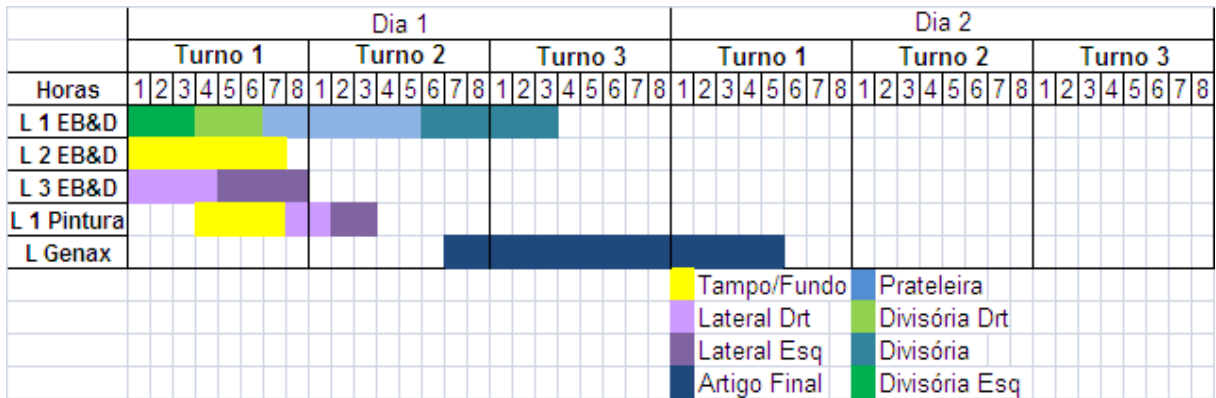


Figura 4.10 – Cenário actual da produção de 4.000 estantes Expedit 89x149

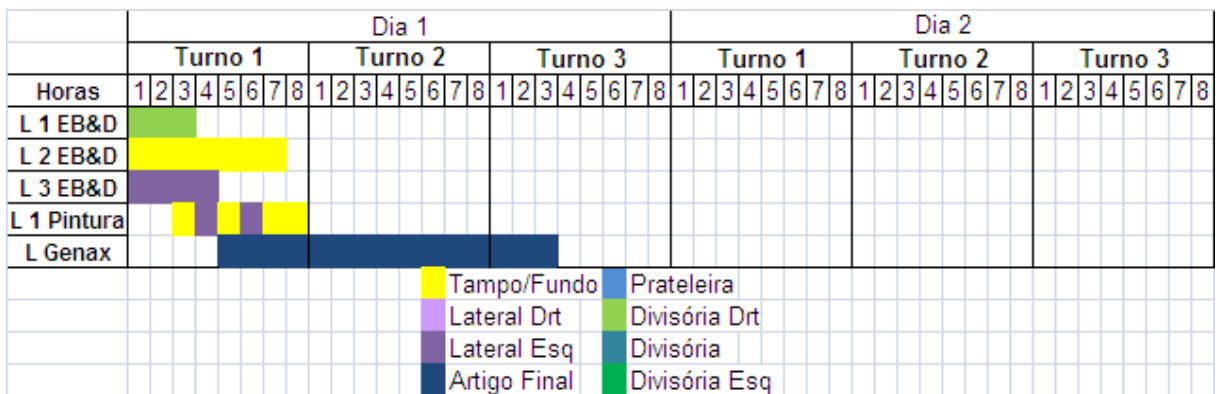


Figura 4.11 - Cenário da produção de 4.000 estantes Expedit 89x149 com implementação de supermercado.

Da análise destes gráficos conclui-se que o tempo em que se torna possível entregar os semi-produtos ao armazém de produto final, apesar de não ser sempre o mesmo, é sempre menor do que na situação actual.

#### 4.2.1 Selecção dos Semi-produtos em Supermercado

Foi criada uma base de dados com todos os artigos finais e recolheu-se a informação dos semi-produtos que os constituem e respectivas quantidades. Do estudo destes semi-produtos seleccionaram-se aqueles que contemplam os pressupostos estabelecidos e que por isso devem ser colocados no supermercado anterior à zona de embalamento.

Foram seleccionados os semi-produtos descritos na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7 - Semi-produtos seleccionados.**

Tendo em conta as cores em que cada um se encontra disponível, obtém-se um total de 26 referências diferentes a colocar no supermercado. Para que a reposição das 26 referências nunca seja posta em causa, o planeamento da sua produção passará a ser feito de modo diferente dos restantes semi-produtos. No plano de produção semanal passará a haver uma janela produtiva que será utilizada para repor o consumo do supermercado. Para cada referência a janela de produção é fixa e foi definida de acordo com os ciclos de revisita estabelecidos no dimensionamento dos supermercados de modo a evitar picos de produção.

Relativamente aos restantes semi-produtos, o seu plano de produção continuará a ser feito semanalmente e de acordo com as previsões de encomendas recebidas da IKEA. Estes semi-produtos são depois “casados” com os componentes em supermercado e, durante o período de preparação das linhas de embalamento, são colocados numa zona denominada zona de fluxo dinâmico.

Outra área que é fundamental caracterizar é aquela onde serão colocadas as paletes de sobra (paletes pendentes para embalamento).

Ficam assim estabelecidas as três zonas que a seguir serão dimensionadas.

Artigo Final	Semi-produto em Supermercado
Expedit 89x149	Divisória Esquerda
	Lateral Esquerda
	Prateleira Pequena
	Divisória
Lack Tv 149x55	Lateral
Vika Annefors 70x35	Tampo
	Fundo
	Prateleira
Expedit 149x79	Divisória
Expedit 185x185	Divisória
Expedit 79x79	Divisória
Expedit 149x149	Divisória

#### 4.2.2 Dimensionamento do Supermercado

Posteriormente a terem sido definidos os semi-produtos, passou-se ao dimensionamento do supermercado de cada referência.

De seguida irá ser explorado o dimensionamento de 4 referências respeitantes às diferentes cores de divisórias existentes, podendo a mesma análise ser estendida para as 26 referências.

- **Procura Média**

Tendo como base as previsões de vendas de artigos finais, de final de 2010 e início de 2011 (52 semanas), calcularam-se as quantidades semanais que cada semi-produto representa, multiplicando o número de vezes que o semi-produto entra no produto final pela quantidade semanal encomendada.

A distribuição da procura em função do tempo encontra-se representada no gráfico da Figura 4.12.

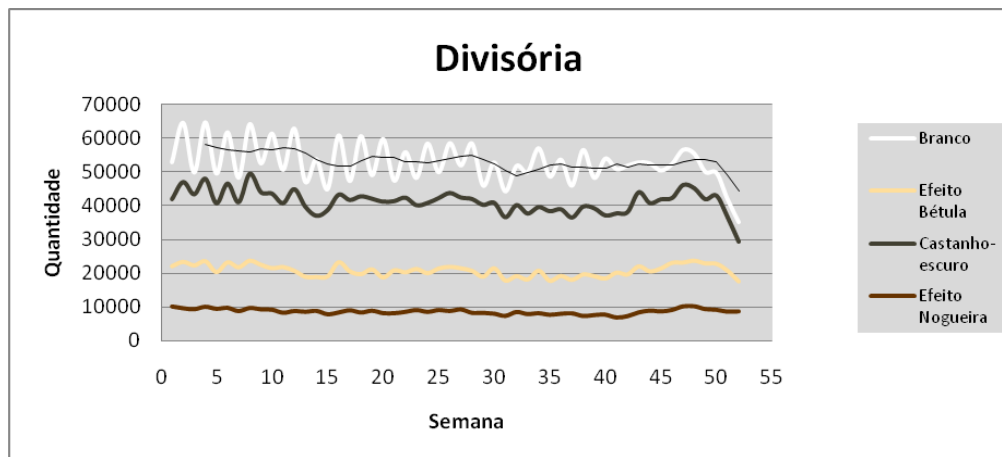


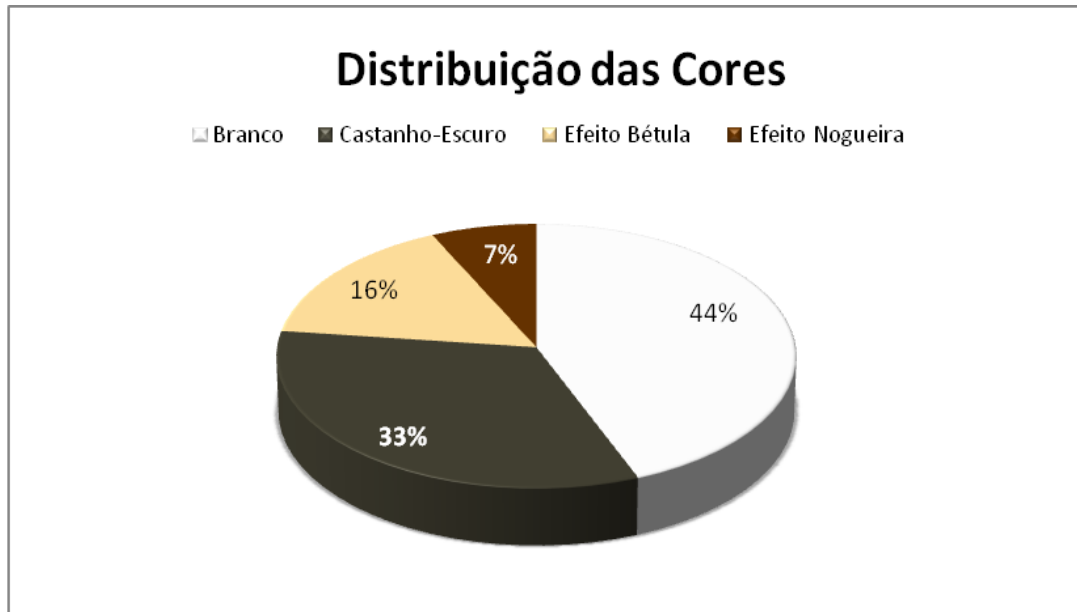
Figura 4.12 - Procura semanal das divisórias.

De modo a reduzir as oscilações e na tentativa de tornar o planeamento da produção uma tarefa mais estável determinaram-se as quantidades médias que contribuem para este nivelamento.

Tabela 4.8- Quantidade de consumo semanal.

Referência	Quantidade Semanal
Branco	64876
Castanho-Escuro	49308
Efeito Bétula	23740
Efeito Nogueira	10330

Observando a distribuição das curvas do gráfico da Figura 4.12, é notório que o consumo de divisórias de cor branca é superior às outras cores e conclui-se que a cor branca é a cor mais pintada, representa 44% da produção, seguida do castanho-escuro 33%, do efeito bétula 16% e por fim do efeito noqueira com 7%. Note-se, que a cor preta não entra nesta análise pois os produtos que contêm divisórias não são produzidos nesta cor.



**Figura 4.13 - Distribuição das cores nas divisórias (%).**

Dada esta distribuição, que se reflecte nas quantidades médias semanais de cada referência, definiu-se que as divisórias de cor branca e castanha devem ser produzidas duas vezes por semana, isto é, o nível de *stock* do supermercado destas referências deverá ser repostado duas vezes na mesma semana, enquanto que as divisórias de efeito bétula deverão ser produzidas uma vez por semana e por fim as divisórias efeito noqueira deverão ser produzidas de duas em duas semanas. Este ciclo de revisita a cada um dos supermercados foi definido juntamente com o planeamento da produção. Tiveram-se em conta as quantidades que seria razoável produzir em cada ciclo e o escalonamento destas reposições, de modo a não haver picos de reposição sobrepostos para os quais não existisse capacidade de resposta.

Na Tabela 4.9 apresentam-se as novas quantidades definidas de acordo com o ciclo de revisita.

**Tabela 4.9- Quantidades de semi-produtos por ciclo de revisita.**

Referência	Ciclo de Revisita	Quantidade
Branco	2 vezes p/ semana	32.438,00
Castanho-Escuro	2 vezes p/ semana	24.654,00
Efeito Bétula	1 vez p/ semana	23.740,00
Efeito Nogueira	2 em 2 semanas	20.660,00

- **Lead time de reposição**

É o tempo necessário para reabastecer o supermercado desde que a ordem de produção é lançada.

As componentes do *lead time* de reposição consideradas foram as seguintes:

- Tempo de informação: chegada da ordem de produção até ao planeamento de produção e espera até entrar em produção.
- Tempo de produção: tempo de produção do lote.
- Tempo de reposição: transporte desde a linha de produção até à respectiva posição no supermercado.

Estas componentes são comuns a todas as referências produzidas nestas linhas, totalizando cerca de 45 horas, equivalente a 2 dias. Estes 2 dias de *lead time* de reposição correspondem às quantidades de cada referência descritas na Tabela 4.10.

**Tabela 4.10- Quantidade relativa ao *lead time* de reposição**

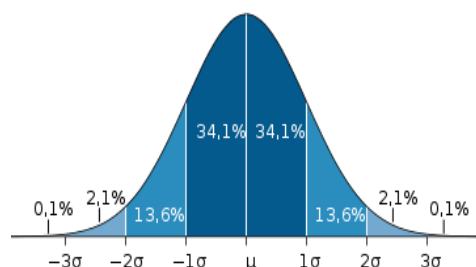
Referência	Quantidade relativa ao <i>lead time</i>
Branco	12.975,20
Castanho-Escuro	9.861,60
Efeito Bétula	9.496,00
Efeito Nogueira	8.264,00

- **Stock de Segurança**

A análise da variabilidade do consumo originou a necessidade de criação de um *stock* de segurança, calculado a partir da equação (1) (ver página 12). Na Tabela 4.11 apresentam-se os valores calculados:

**Tabela 4.11- Quantidades correspondentes ao *stock* de segurança do supermercado de divisórias.**

Referência	Stock de Segurança (peças)
Branco	6.174,85
Castanho-Escuro	3.370,24
Efeito Bétula	3.406,30
Efeito Nogueira	3.136,35



**Figura 4.14- Curva da Distribuição Normal.**

Admitindo que a procura segue uma distribuição normal, calculou-se o desvio padrão dessa procura e definiu-se um *stock* de segurança correspondente a 2 desvios padrões. Deste modo, com as quantidades determinadas, o risco da procura ser superior ao *stock* disponível é de 2,2%.

- **Nível de Reposição**

O nível de reposição é a soma da quantidade de peças referente ao *lead time* de reposição e o número de peças correspondente ao *stock* de segurança. Na Tabela seguinte encontram-se definidos esses níveis.

**Tabela 4.12- Quantidade de peças equivalente ao nível de reposição.**

Referência	Nível de Reposição (peças)
Branco	19.150,05
Castanho-Escuro	13.231,84
Efeito Bétula	12.902,30
Efeito Nogueira	11.400,35

Assim que o nível de reposição de cada referência é atingido é gerada uma ordem de produção para que as unidades consumidas sejam repostas no supermercado. No entanto, neste caso a ordem de produção não será dada quando estes níveis são atingidos pois o processo ainda não atingiu um grau de estabilidade e flexibilidade que lhe permita iniciar a produção de qualquer produto sem que esta seja planeada. Deste modo, serão definidas as janelas de produção fixas para produzir as quantidades de reabastecimento do supermercado de cada uma das referências. Ou seja, ao fixar o primeiro turno de segunda-feira, todas as segundas-feiras o planejamento irá verificar o que foi consumido da referência em questão e produzirá a quantidade necessária para o reabastecimento do supermercado. Ao contrário dos sistemas convencionais, os níveis de reposição serão definidos pelo consumo existente até à janela de produção onde o consumo será repostado. O espaço do plano que será reservado a cada referência de supermercado encontra-se intimamente relacionado com o ciclo de revisita definido.

É fundamental garantir que as quantidades de reposição dos supermercados não serão nunca colocadas em segundo plano, pois caso isso aconteça o supermercado entrará em ruptura e a procura não será satisfeita. No período do plano produtivo reservado à produção dos componentes em supermercado apenas a quantidade consumida será produzida.



- **Stock Máximo**

O valor do *stock* máximo existente em cada um dos supermercados é a soma do nível de reposição de cada referência com a procura média. De acordo com a equação (5) (ver página13) definiram-se os seguintes níveis máximos de *stock*:

**Tabela 4.13 - Nível máximo de *stock* de divisórias.**

Referência	Nível Máximo <i>Stock</i> (peças)
Branco	51.588,05
Castanho-Escuro	37.885,84
Efeito Bétula	36.642,30
Efeito Nogueira	32.060,35

Na fase de arranque do projecto, os supermercados de cada referência devem ser carregados e os níveis máximos de *stock* estabelecidos. Uma vez que no plano de produção actual não existe folga disponível para a produção dos níveis calculados será necessário recorrer a horas extra para a produção dos volumes definidos.

Na Tabela que se segue são apresentados a área e comprimento que são necessários para o armazenamento das quantidades definidas anteriormente e o tempo de produção equivalente.

**Tabela 4.14- Resumo da produção da quantidade máxima no supermercado de divisórias.**

Referência	Ciclo de Revisita (Semana)	Nível Max <i>Stock</i>	Comprimento (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Tempo Produção/Linha (h)	Turnos
Branco	1/2	51.588,05	120	144,45	25,6	3,41
Castanho-Escuro	1/2	37.885,84	88	106,08	18,8	2,51
Efeito Bétula	1	36.642,30	85	102,60	18,18	2,42
Efeito Nogueira	2	32.060,35	75	89,77	15,9	2,12
Total			369	442,9		

O tempo de produção apresentado foi calculado de acordo com o número de peças produzidas por hora numa linha da zona de orlagem e furação, gargalo da fábrica (2019 pcs/h). Dividindo a quantidade de semi-produtos pelo número de peças produzidas por hora obtêm-se o número de horas necessárias à sua produção.

Tendo este dimensionamento sido feito para os 26 semi-produtos seleccionados obtiveram-se os seguintes valores relativamente ao espaço necessário à implementação do supermercado:

**Tabela 4.15- Dimensionamento do supermercado das 26 referências.**

Área Total (m <sup>2</sup> )	Comprimento (m)
817	681

Este espaço deve:

- Assegurar posições dedicadas para as 26 referências,
- Respeitar o princípio físico do FIFO,
- Garantir um fácil acesso para *picking* e
- Ter fácil controlo visual.

#### 4.2.3 Dimensionamento da Área de Fluxo Dinâmico

As referências que não foram seleccionadas para fazer parte do supermercado, depois de produzidas são encaminhadas para a zona antes de embalamento onde vão ser “casadas” e embaladas com os restantes componentes. É crucial que a zona anterior às linhas de embalamento seja capaz de assegurar um espaço de armazenamento para receber as peças acabadas de produzir até que estas sejam embaladas. Após produzidos os semi-produtos serão colocados nesta zona de acordo com a linha em que vão ser embalados não sendo, por isso, determinadas posições fixas por referência.

Para determinar o espaço requerido que garante um fornecimento de material às linhas de embalagem, sem congestionamentos nem sobredimensionamento, estudou-se a capacidade das mesmas. Para uma linha de embalamento determinaram-se quantos artigos finais são embalados por hora. Em função dessa quantidade foi calculada a área correspondente aos semi-produtos constituintes desses artigos. Calculou-se, para uma hora de produção qual o artigo final que ocupava maior área e multiplicou-se essa área por 16 horas (2 turnos) e pelo número de linhas de embalagem. Os dois turnos foram estabelecidos de forma a garantir que o espaço é suficiente para que as linhas de embalamento estejam a embalar material que foi produzido no turno anterior e para que a produção do turno actual possa ser armazenada enquanto aguarda embalamento.

Para uma hora de embalamento o artigo que ocupa a maior área é a estante Expedit 185x185 (Figura 3.12- página 21). A área ocupada pelos seus componentes é de 40,52 m<sup>2</sup>, multiplicando este valor pelo número de linhas de embalamento e por 2 turnos de embalamento, obtemos uma área de 1.296,7 m<sup>2</sup>

No caso das placas base de semi-produtos serem colocadas em linha, seriam necessários 1.483m de comprimento de armazém para receber os componentes acabados de produzir e armazená-los enquanto é feita a preparação das linhas de embalamento.

**Tabela 4.16- Dimensionamento da zona de fluxo dinâmico.**

Área Total (m <sup>2</sup> )	Comprimento (m)
1.296	1.483

Este espaço:

- Deve ter linhas definidas de acordo com as linhas de embalamento em que os produtos vão ser embalados,
- Não possui localizações fixas,
- Deve ter um fluxo de material contínuo.

#### 4.2.4 Sobras

Em média três paletes de cada semi-produto ficam pendentes para embalamento. As paletes são utilizadas para que os conjuntos de placas onde as peças são colocadas sejam movimentados desde a última operação de produção até às linhas de embalamento. Cada paleta pode então levar uma, duas ou três placas dependendo do semi-produto que transporta. Definiu-se que cada semi-produto deve ter no máximo uma área correspondente a nove placas base dedicada à armazenagem de sobras.

Visto que a área de cada placa é de  $0,84 \text{ m}^2$ , a área de nove placas corresponde a  $7,56 \text{ m}^2$ . A área de armazenamento das sobras deve ser de  $1.195 \text{ m}^2$ .

**Tabela 4.17- Dimensionamento da zona de armazenagem das sobras.**

Área Total ( $\text{m}^2$ )	Comprimento (m)
1.195	995

Quando a operação de embalamento de um artigo final termina, nem sempre todos os componentes que foram colocados na linha são embalados. Isto deve-se ao facto descrito no capítulo 3 e também ao número de semi-produtos em cada paleta não ser exactamente coincidente com as quantidades necessárias para o embalamento. No final do embalamento, os componentes em sobra devem regressar à zona de armazenagem das sobras para serem utilizadas posteriormente. Na próxima revisita ao artigo os semi-produtos em sobra devem ser os primeiros a ser embalados.

Este espaço:

- Deve possuir localizações fixas por semi-produto;
- O princípio físico do FIFO não é um requisito.

### 4.3 Proposta de Modo de Armazenagem e Monitorização do Supermercado

A segunda fase do estudo realizado passou pela procura de uma solução de armazenamento que permita a implementação e correcto funcionamento da solução proposta.

De modo a clarificar os requisitos das áreas definidas realizou-se um documento descritivo das necessidades e das restrições existentes.

Uma das propostas apresentadas consiste na implementação de um sistema de armazenagem totalmente automático capaz de deslocar material em 3 direcções distintas.

Dada a sua estrutura, a área de chão requerida é menor comparativamente com um sistema convencional que utilize empilhadores como meio de transporte do material. O sistema possui quatro elevadores incorporados que transportam os semi-produtos até ao nível pré-estabelecido. Neste ponto, os semi-produtos são colocados em carros que movimentam os componentes ao longo dos corredores, e dos quais se destaca uma plataforma móvel que os deposita na posição definida pelo operador.

Os elevadores fazem a ligação com o interior e o exterior do armazém e realizam a sua trajectória no sentido vertical (eixo zz). O operador define qual o nível em que os semi-produtos serão colocados.

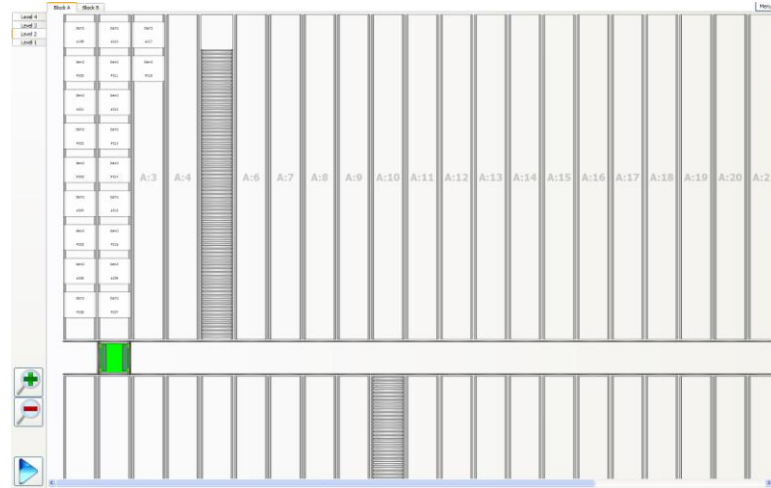
Os carrinhos que transportam os semi-produtos movimentam-nos ao longo dos corredores principais (direcção eixo dos xx). Cada um destes carrinhos contém 4 rodas que se movem sobre carris. Juntamente com os carrinhos é movimentada uma plataforma onde são colocados os componentes a armazenar. Assim que o carrinho se encontra alinhado com o corredor de destino final (direcção yy) a plataforma móvel avança com as peças e coloca-as na sua posição.



Figura 4.15-Sistema de movimentação dentro do armazém automático (elevador, carrinho e plataforma).

A gestão do sistema é feita pelo operador. É controlado através de uma interface de simples utilização.

Cada nível do armazém aparece representado num ecrã, todas as posições são visíveis tornando possível a localização exacta dos carrinhos e elevadores a cada instante.



**Figura 4.16- Interface do sistema de armazenagem.**

Quando os artigos chegam à zona anterior ao embalamento, são introduzidos num dos elevadores de entrada. É identificada qual a referência do artigo, o operador define qual a posição dentro do armazém e o nível onde será colocado. Os artigos podem ser movimentados sempre que necessário.

A capacidade do sistema deverá ser suficiente para armazenar as peças ao mesmo ritmo que elas são processadas pela operação anterior de modo a evitar a ocorrência de congestionamento à entrada do armazém. Do mesmo modo, deve ser capaz de fornecer as peças às linhas de embalamento a uma cadência que garanta um funcionamento contínuo das mesmas. Para que tal sincronização se verifique o armazém deve movimentar uma placa de componentes a cada 0,7 minutos, ou seja, de 42 em 42 segundos o armazém deverá ser capaz de introduzir ou libertar uma placa de semi-produtos.

A estrutura de armazenagem é formada por 32 corredores, cada corredor comporta um total de 27 conjuntos de placas base. Estende-se a 5 níveis de altura e armazena, no total, 864 conjuntos de placas base em cada nível. Esta disposição do sistema de armazenagem oferece 4.320 m de comprimento para armazenar e monitorizar os semi-produtos sendo este valor superior aos 3.323 m determinados no dimensionamento das três zonas.

À medida que as peças vão sendo fornecidas às linhas de embalamento os níveis de *stock* dos 26 semi-produtos vão baixando. Estes níveis são controlados pelo sistema e registados ao ritmo de consumo. As quantidades de reposição são produzidas nas janelas estabelecidas para cada referência. Estes ciclos de revisita aos supermercados de cada uma das referências são constantes e a tendência será a produção de quantidades cada vez mais estáveis de ciclo para ciclo. A uniformização das quantidades a produzir, de acordo com um padrão de reposição irá atenuar as flutuações e variações com as quais o planeamento lida actualmente.

## 5 Análise dos Ganhos Obtidos e Regras de Bom Funcionamento

### 5.1 Ganhos Obtidos

O maior benefício da implementação da proposta estudada traduzir-se-á na redução do tempo de entrega das peças ao armazém de produto acabado que, neste caso é o cliente final.

A grande mudança dar-se-á ao nível do planeamento de produção das 26 referências colocadas em supermercado. Actualmente o seu planeamento é feito com base nas previsões fornecidas pela IKEA, isto é, as quantidades de cada artigo final são decompostas em quantidades de semi-produtos que os constituem, sendo estes produzidos para satisfazer as quantidades de cada um dos artigos finais.

Com a criação do supermercado, o planeamento da produção das 26 referências passará a ser comandado por um sistema de controlo da produção. Os 26 semi-produtos serão produzidos numa janela fixa e em função das necessidades do cliente final (zona de embalamento), o planeamento reservará um espaço no plano que será exclusivamente para produzir as quantidades de reposição. O facto destas 26 referências passarem a fazer parte de um supermercado e a sua produção ser feita de forma independente permite que no plano de produção de cada artigo final apenas seja necessário ter em conta um semi-produto melamina e no máximo dois semi-produtos BoF. Este panorama torna possível uma entrega antecipada dos semi-produtos às linhas de embalamento e conseqüentemente ao armazém de artigo final. A antecipação da entrega dos produtos ao armazém final conduzirá a uma diminuição do *lead time* de entrega dos artigos.

O tempo que se consegue antecipar a entrega de um artigo que contenha semi-produtos em supermercado, é equivalente ao tempo de produção desse semi-produto mais tempo de *setup* necessário ao início da sua produção. Estudando-se as simulações apresentadas anteriormente fica bastante claro que com a implementação da solução proposta as linhas de embalamento iniciarão o seu funcionamento mais cedo.

### 5.2 Regras para o Bom Funcionamento do Sistema

A implementação e funcionamento correcto do sistema proposto pressupõem o cumprimento de regras básicas que deverão ser cumpridas por todos.

- Nenhum conjunto de placas base pode ser introduzida no armazém automático sem estar devidamente identificada e sem que tenha sido registada pelo operador no sistema de controlo à entrada e à saída.
- O controlo de qualidade das 26 referências a colocar no supermercado deve ser reforçado. É fundamental garantir que as peças que se encontram no supermercado estão em conformidade, de modo a não haver falhas no serviço ao cliente.
- O planeamento da produção terá de fixar no plano as janelas dedicadas ao reabastecimento do supermercado. Esta distribuição deverá ser escalonada de modo a evitar sobreposições de ciclos de reabastecimento criando-se assim um padrão no planeamento da produção que se torna agora um procedimento mais estável.
- No caso das referências em supermercado o princípio físico do FIFO deve ser assegurado.

- Apenas devem ser retirados do supermercado os semi-produtos necessários ao embalamento do produto final.
- Os semi-produtos que não se encontram em supermercado devem ser introduzidos no armazém de acordo com as linhas em que serão embalados, conduzindo assim a uma maior organização logística e optimização das rotas dos empilhadores.
- Se, porventura, uma palete de semi-produtos não for consumida na totalidade, deve ser retornada ao armazém e colocada na área definida para as sobras. É essencial que o operador se certifique que esta se encontra claramente identificada e que a quantidade de semi-produtos restante se encontra discriminada.

## 6 Conclusões

O problema que este projecto pretendia tratar era a necessidade da criação de um melhor fluxo de materiais antes da zona de embalamento. Perante a situação inicial estudou-se uma solução de melhoria.

Para uma melhor análise dos resultados e para se poderem tirar conclusões objectivas relativas ao projecto desenvolvido que este trabalho documenta, relembrem-se as principais problemáticas:

- Dificuldade na sincronização das linhas de embalamento com o restante processo produtivo.

Com a implementação da solução apresentada, o tempo de espera das linhas de embalamento para que o casamento de todas as referências seja efectuado será menor, o processo a montante das linhas antecipará a entrega dos semi-produtos. As linhas de embalamento podem iniciar a embalagem de um produto mesmo que a totalidade do lote dos seus semi-produtos não tenha sido entregue e se encontre ainda em produção.

- Sobras, a sua gestão e armazenagem.

Em relação às sobras, o sistema estudado irá permitir uma gestão automática deste *stock*, contabilizando de modo sistemático os níveis existentes e possibilitando a integração destas quantidades de modo automático no planeamento. A sua introdução no sistema automático de armazenagem libertará a área de chão utilizada actualmente (1386 m<sup>2</sup>) conduzindo a um melhor aproveitamento de espaço.

No caso das referências em supermercado, passamos a garantir que só são retiradas do mesmo, o número de placas base de semi-produtos necessárias ao embalamento. No entanto, a última das placas base retirada poderá não ser totalmente consumida. Esta placa base incompleta retornará à zona das sobras e será a primeira a ser consumida na próxima revisita ao produto.

- O não cumprimento do plano de embalamento por falta de material disponível.

Relativamente a este ponto, o sistema irá garantir um cumprimento mais regular do plano de embalamento, uma vez que o tempo de espera pelos componentes antes da zona de embalamento será menor. A redução do tempo de espera dos semi-produtos possibilitará o embalamento dos artigos previstos evitando assim alterações ao plano inicial.

A criação do supermercado e o modo de reposição das 26 referências irá levar à produção de quantidades niveladas que irão contribuir para uma estabilização do planeamento da produção.

Concluindo, é válido afirmar que o objectivo proposto foi alcançado. Contudo é essencial que seja feita uma análise económico-financeira do projecto de investimento relativo à implementação da proposta estudada. Apenas com esse estudo complementar será possível apresentar os ganhos reais do sistema.



## Referências

- Agrawal, N. (2010). Review on Just In Time Techniques in Manufacturing Systems. *Advances in Production Engineering & Management* .
- Guedes, A. P. (2006). Planejamento Integrado e Gestão de *Stocks*. FEUP e EGP.
- Junior, M. L., & Filho, M. G. (2010). variations of The *Kanban* System: Literature Review and Classification. *Int. J. Production Economics* .
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The Bullwhip Effect in Supply Chains. *Sloan Management Review* .
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large- Scale Production*. Productivity Press.
- Smalley, A. (2004). *Creating Level Pull: A lean production- System improvement guide for production-control, operations, and engeneering professionals*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- Takeda, H. (2006). *The Synchronized Production System: Going Beyond Just In Time Through Kaizen*. Kogan Page.
- Womak, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon & Schuster UK Ltd.

