



**João Alberto Veloso  
do Amaral**

**Melhoria de processos na expedição em produção  
por encomenda**



**João Alberto Veloso  
do Amaral**

**Melhoria de processos na expedição em produção  
por encomenda**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José António de Vasconcelos Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Aos meus pais e irmãos, por tudo.

## **o júri**

Presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Ernesto da Silva Carvalho Brito  
professor auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira  
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Este trabalho foi realizado com a orientação, paciência, apoio e amizade de algumas pessoas às quais desejo expressar os meus agradecimentos.

Professor Doutor José Vasconcelos  
Eng.º Armando Silva  
Eng.º Frederico Gonçalves  
Ricardo Carvalho  
Pedro Veloso  
Nuno Rocha  
Alzira Monteiro  
Olinda Caetano  
Susana Pereira  
Ivo Martins

**palavras-chave**

Sistemas de informação, logística, expedição, facturação, heurísticas, embalamento, embalamento em contentores, embalamento em palete.

**resumo**

A competitividade de muitas empresas no mercado actual passa pela revisão de processos internos que podem não estar a ser realizados de forma eficiente. Além de não acrescentarem valor para os clientes, provocam ineficiências que apenas contribuem para um pior resultado. A introdução de sistemas de informação põe a claro algumas dessas ineficiências, ajudando à simplificação e à coerência dos processos. O processamento de encomendas, fundamental para o nível de serviço prestado ao cliente, é uma das áreas que pode sair largamente beneficiada. Pretende-se o cumprimento dos prazos de entrega sem custos adicionais com back-orders. Este trabalho centra-se na Expedição, procurando contribuir para a melhoria dos processos envolvidos. O seu principal objectivo passa por identificar onde e como a inserção de sistemas de informação pode proporcionar um mais célere processamento de encomendas do ponto de vista de fluxo de informação. Nisto se centra a melhoria de processos de expedição.

**keywords**

Information systems, logistics, expediting, billing, heuristics, packing, container loading problem, pallet loading problem.

**Abstract**

Competitiveness in many companies depends on the update and revision of many internal processes that may not be efficient enough. Besides not adding value for the customers, they are the cause of much inefficiency that only contributes to a worst outcome. The introduction of information systems highlights some of those inefficiencies, aiding the simplification and coherence regarding those processes. The order processing, the central cause of the customer service level, is one of the areas that might be greatly enhanced. It is intended the fulfilment of delivery deadlines without any additional costs regarding back-orders. This work focuses in expediting, looking to contribute for better order processing results. The main goal is to identify where and how information systems insertion in order processing may provide faster order processing from an information flow point of view. This is the core issue regarding expediting processes enhancement.

## Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Motivação do trabalho.....	1
1.2. Apresentação do tema .....	1
1.3. Estrutura do relatório.....	2
2. Enquadramento teórico.....	4
2.1. A corrida contra o tempo.....	4
2.2. Fluxo de materiais e informação .....	6
2.3. Processamento de encomendas .....	9
2.4. A padronização, contentores e o seu embalamento .....	11
3. O processamento de encomendas na PREH.....	16
3.1. História do grupo PREH .....	16
3.2. Preh Portugal Lda.....	17
3.3. Distribuição de ordens nos processos internos.....	19
3.4. Implicações no <i>lead-time</i> .....	21
3.5. Perspectivas de melhoramento.....	22
4. Metodologia.....	24
4.1. Descrição dos processos e interacções entre cada departamento .....	25
4.2. Determinação das causas provocadoras de atrasos .....	25
4.3. Análise das tarefas efectuadas por cada departamento .....	25
4.4. Medição de trabalho .....	25
4.5. Criação de heurísticas de embalamento .....	26
4.6. Criação de sistemas de informação .....	27
4.7. Calendarização .....	27



5.	Resultados obtidos.....	29
5.1.	Ponto de situação de cada encomenda .....	29
5.2.	Processamento actual de encomendas para expedição.....	32
5.3.	Introdução de sistemas de informação .....	36
6.	Conclusões.....	41
6.1.	Reflexão sobre o trabalho realizado .....	41
6.2.	Perspectivas futuras.....	42
7.	Referências Bibliográficas.....	44

Anexo 1 – Exemplo de folha de cálculo com informações necessárias à Expedição E1

## Índice de figuras

Figura 1 – Potenciais reduções de tempo (Fonte: Adaptado de Carvalho et al., 2001).....	1
Figura 2 - <i>Lead-time</i> acumulado (Fonte: Adaptado de Carvalho et al., 2001) .....	5
Figura 3 - Confluência de materiais e informação (Fonte: Adaptado de Wedel & Lumsden, 1995). .....	5
Figura 4 - Fluxo de materiais entre departamentos (Fonte: Adaptado de Starbek & Menart, 2000). .....	6
Figura 6 – Principais queixas dos clientes (Fonte: Adaptado de Ballou, 2004) .....	9
Figura 5 – Esquema do lead-time com fluxo de informação e materiais (Fonte: Adaptado de Ballou, 2004).....	9
Figura 7 - Exemplo de embalamento de carga heterogénea e carga homogénea (Fonte: Nobre de Carvalho, 2008).....	12
Figura 8 - Exemplo de uso de <i>mixed pallet load</i> .....	13
Figura 9 - Localização das instalações da empresa Preh (Fonte: Web).....	16
Figura 10 - Alguns exemplos de produtos Preh (Fonte: Web) .....	17
Figura 11 – Exemplos de instalações e competências Preh (Fonte: Web) .....	18
Figura 12 - Esquema de recepção e distribuição de ordens entre departamentos.....	19
Figura 13 - Fluxo de informação necessária a cada departamento .....	20
Figura 14 – Fluxo de materiais entre cada departamento .....	21
Figura 15 - Exemplo de lead-time previsto com atrasos no processamento (Adaptado de Carvalho et al.,2001).....	22
Figura 16 – Embalagens utilizadas para expedição .....	26
Figura 17 – Diagrama de precedências do fluxo de informação entre cada departamento .	32
Figura 18 – Diagrama de precedências do fluxo de materiais entre cada departamento .....	33
Figura 19 – Diagrama de precedências do processamento de encomendas para expedição	34
Figura 20 – Informações necessárias para expedição .....	36
Figura 21 – Novo diagrama de precedência para processamento de encomendas .....	36

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1 - Processamento diário de encomendas total e com atraso.....	30
Gráfico 2 – Ponto de situação de atrasos no processamento de encomendas.....	31
Gráfico 3 – Tempo de processamento de encomendas.....	35
Gráfico 4 – Tempo de processamento de encomendas com sistemas de informação .....	39
Gráfico 5 – Diferenças entre tempo total de processamento de encomendas com e sem sistemas de informação.....	40

## **Índice de tabelas**

Tabela 1 – Dimensões das embalagens para expedição .....	26
Tabela 2 – Calendarização do trabalho.....	28
Tabela 4 – Número de ocorrências e Peso posicional .....	31
Tabela 3 – Identificação das tarefas a realizar por cada departamento no processamento de encomendas.....	33
Tabela 5 – Valores médios de medição de trabalho actuais .....	34
Tabela 6 – Valores médios de medição de trabalho com sistemas de informação .....	37
Tabela 7 – Nova identificação das tarefas a realizar por cada departamento no processamento de encomendas .....	38

## 1. Introdução

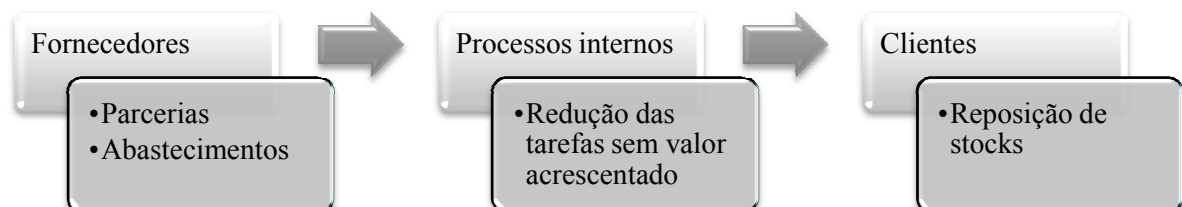
### 1.1. Motivação do trabalho

Este trabalho foi efectuado no âmbito da disciplina de Estágio/Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, tendo sido realizado na empresa Preh Portugal Lda., situada na cidade da Trofa no distrito do Porto. Esta empresa especializa-se na moldagem e produção de componentes plásticos e electrónicos, bem como na sua montagem, para a indústria automóvel.

O trabalho centra-se na reorganização do fluxo de materiais e informação para expedição de produto acabado com vista à melhoria da eficiência no processamento de encomendas, envolvendo a coordenação de vários departamentos.

### 1.2. Apresentação do tema

O nível de serviço de um fornecedor é um indicador muito importante da sua capacidade de satisfazer os pedidos dos clientes, tornando-se fundamental para o sucesso do negócio. O *lead-time* que consiste no tempo que decorre entre a recepção do pedido e a chegada dos produtos pedidos ao cliente, é um indicador importante de melhoria interno (figura 1).



**Figura 1 – Potenciais reduções de tempo (Fonte: Adaptado de Carvalho et al., 2001)**

A constante actualização dos processos torna-se essencial na redução dos custos internos associados a ineficiências no fluxo de materiais e informação entre departamentos.

A Expedição, último dos processos internos a realizar, reflecte os problemas que afectam o fluxo de materiais e de informação, podendo dar indicações preciosas para a melhoria global dos processos, alguns dos quais se mantêm inalterados há vários anos.

Os custos horários são o instrumento de análise seleccionado, ajudando-nos a entender o que realmente se passa. Tal análise nunca teria sido realizada, ressentindo-se disso a Expedição. Sendo que tal análise nunca foi realizada sofreu da negligência no processamento final de encomendas para expedição.

### **1.3. Estrutura do relatório**

Este relatório encontra-se dividido em 6 capítulos de forma a explicar faseadamente o conteúdo, sendo o primeiro capítulo uma explicação da importância no seu desenvolvimento.

O segundo capítulo mostra o estado actual da literatura sobre os vários assuntos apresentados neste trabalho, relacionando a teoria actual ao que depois será aplicado na prática.

Seguidamente, o terceiro capítulo, apresenta a empresa onde o projecto foi desenvolvido incluindo os processos internos esquematizados de forma a serem perceptíveis os problemas inerentes, sendo elaborada uma lista de objectivos a serem cumpridos.

O quarto capítulo remete-nos para a metodologia adoptada na tentativa de cumprir os objectivos propostos.

No quinto capítulo será apresentada a análise dos processos actuais e actualizados de acordo com a metodologia, sendo fácil a sua comparação nos resultados.

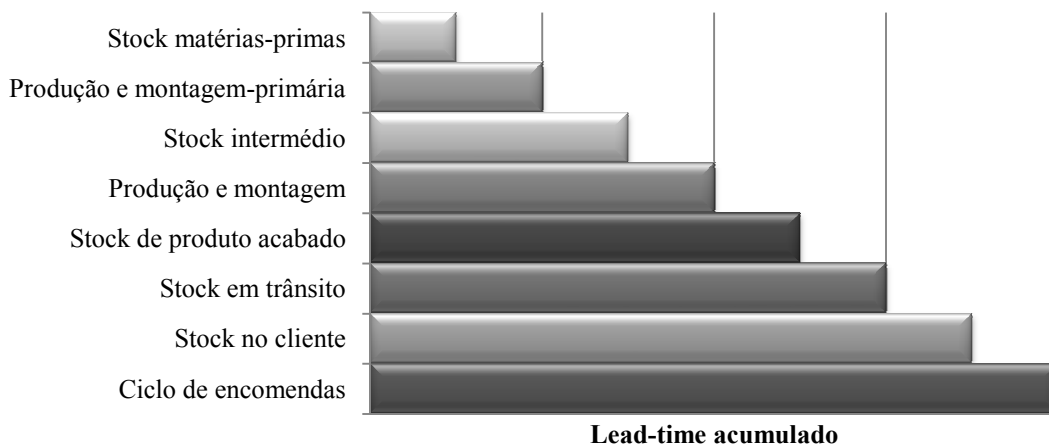
No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões a que os resultados nos permitiram chegar, incluindo possíveis estudos futuros sobre este tema.

## **2. Enquadramento teórico**

### **2.1. A corrida contra o tempo**

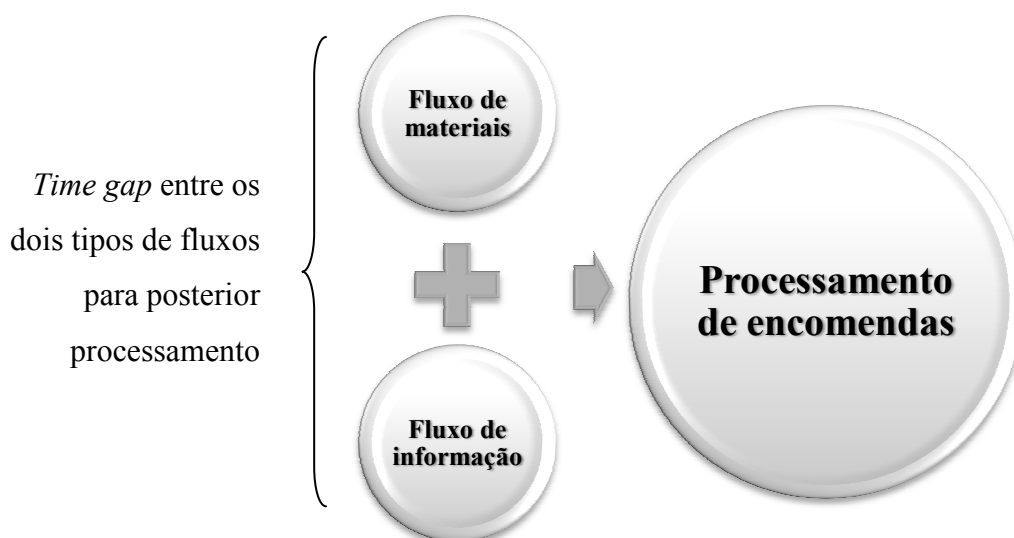
O factor tempo tem sido um constante alvo de estudos contribuindo para a evolução dos conceitos de produção, planeamento, logística entre outros (Ballou, 2004). A importância do *lead-time* e a sua melhoria tem sido discutida por muitos autores. Stalk & Hout (1990) referem a contínua redução do *lead-time* como medida de competitividade no mundo empresarial e o quanto esses índices, ao serem negligenciados, levam ao descontrolo dos processos, pois não são fiáveis quando não são actualizados frequentemente. Desde a recepção de uma ordem de encomenda até à entrega dessa encomenda no cliente, são efectuados planos e realizados processos para afectar os recursos necessários à realização desse projecto. Todas essas tarefas requerem interacções e tempo na sua realização envolvendo vários actores e departamentos tendo estes que partilhar várias informações sobre os seus planos e eventuais acontecimentos inesperados na sua realização (Vollman et al. 1992). Com o passar do tempo, estes processos, ao deixarem de ser acompanhados tornam-se estáticos e sofrem da falta de actualização necessária ao seu melhor funcionamento, embora na altura em que tenham sido implementados houvesse boas razões para fazer de certa maneira as tarefas, esses procedimentos podem não encontrar justificação hoje em dia (Carvalho et al. 2001).

Ao analisarmos a figura 2, podemos verificar que o acumular de tempo é um indicador de desperdício. Qualquer melhoramento de processos pode resultar na redução de um ou mais dos níveis representados. Os níveis representados na figura 2 significam operações gerais tanto internas como externas para o processamento de encomendas e *lead-time* culminando no ciclo completo.



**Figura 2 - Lead-time acumulado (Fonte: Adaptado de Carvalho et al., 2001)**

Tempos excessivos podem revelar a falta de desempenho e coordenação nos processos da empresa, podendo levar ao não cumprimento dos níveis de serviço requeridos e afectar a relação com os clientes. Mas, habitualmente, enquanto se procede de forma a reduzir os tempos de processamento e movimentação de materiais, relega-se para segundo plano as informações que devem acompanhar essas movimentações físicas, levando a ter produtos parados no ciclo de processamento. Como resultado, em vez de diminuir o tempo de processamento, este mantém-se sem melhorias (ver figura 3).

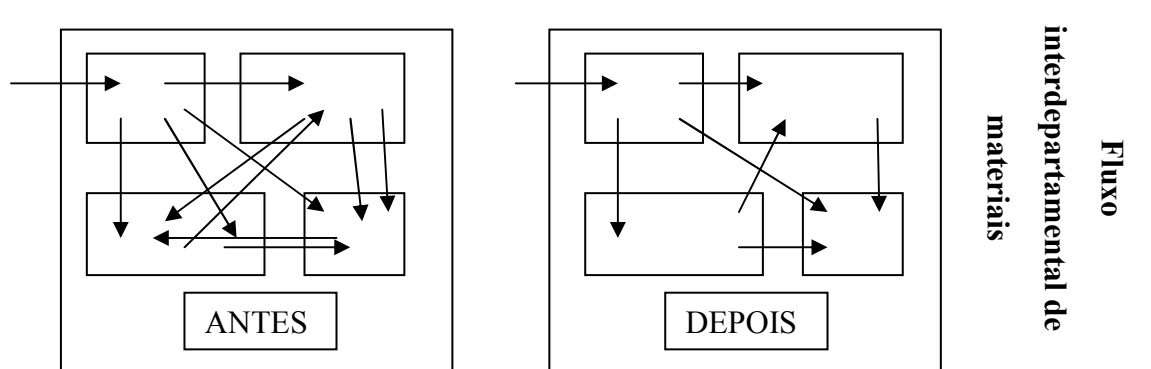


**Figura 3 - Confluência de materiais e informação (Fonte: Adaptado de Wedel & Lumsden, 1995).**



## 2.2. Fluxo de materiais e informação

A implementação de medidas de melhoramento das tarefas de um departamento deve ser antecedida de um exaustivo estudo envolvendo as interações e dependências com outros departamentos. Como referem Wedel & Lumsden (1995) nos seus estudos, a falta de coordenação entre os materiais e a informação correspondente afecta o desempenho da empresa. É preciso saber quem controla estas informações para podermos realmente perceber como e quando a comunicação e troca de informação deve ser feita (Wezel & Jorna, 2001; Strobel, 2002). Estas informações são tão importantes quanto o material em si, pois cada um individualmente não pode ser processado. Uma melhor organização deste fluxo está exemplificada na figura 4.



**Figura 4 - Fluxo de materiais entre departamentos (Fonte: Adaptado de Starbek & Menart, 2000).**

Starbek & Menart (2000) propuseram os seguintes passos para racionalizar o fluxo de materiais:

1. Análise do fluxo de materiais existente.
  - Estabelecer o fluxo entre departamentos,
  - Estabelecer o fluxo no departamento,
  - Estabelecer o fluxo através de métodos de *performance* individual.
2. Planear o fluxo ideal de materiais (figura 4).
  - Planear o fluxo entre departamentos (macro-análise),
  - Planear o fluxo no departamento (micro-análise),
  - Planear o fluxo através de métodos de *performance* individual.

3. Estabelecer os resultados da racionalização do fluxo de materiais.

- Redução dos custos internos de transporte,
- Redução do tempo necessário para preencher os termos de produção ou de movimentação num departamento,
- Redução no *lead-time*,
- Melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Embora o fluxo de materiais possa ser melhorado, pouco pode ser feito se os documentos inerentes à sua expedição não estiverem também coordenados para obter a máxima eficiência no processamento das encomendas. Estas informações são do domínio de cada actor na cadeia de abastecimento interno, distribuindo e partilhando o que de facto é da sua competência. De acordo com Lulay & Reinhart (1998) a decisão de quando partilhar as informações depende do seu estudo e simulação para perceber quando serão necessárias. Para a tomada de decisões subsequente será preciso ter em conta se todas as condições estão reunidas para proceder ao processamento de qualquer ordem. “A tomada de decisão é dominada por objectivos locais ou globais, dependendo de onde essas decisões são tomadas. Uma real coordenação e balanceamento entre ambos os tipos de objectivos não são conseguidos.” (Lulay & Reinhart, 1998), sendo este um problema que facilmente pode ser verificado de acordo com o que já foi discutido acima. Para podermos processar o envio de qualquer encomenda é preciso saber em que condição é efectuada, que material e quantidade devem ser expedidas e qual o tempo que demorará a finalizar os procedimentos necessários. Por outro lado, podemos saber qual o material a ser enviado e em que condições, mas não termos as informações referentes ao seu envio.

Nesta fase de incerteza são os próprios trabalhadores que tomam a iniciativa e recorrem eles próprios à análise dos efeitos dos atrasos verificados, fazendo planos alternativos ou procurando informações sobre os efeitos que poderão ter sobre os restantes processos de expedição. Lulay & Reinhart (1998) ainda sugerem a criação de modelos informáticos para simular os resultados pretendidos em tempo razoável e, por outro lado, serem *user-friendly* para permitir a sua facilidade de uso por qualquer interveniente no processo sendo também efectuada de modo rentável. Para dinamizar o uso destas ferramentas informáticas é preciso perceber quem precisa de qual informação e quando é

que esta deve estar disponível. É necessário quebrar as operações em pequenas tarefas de modo a poder verificar atentamente quais são as mais importantes e dividi-las de acordo com o processo que lhes é atribuído (Forza & Salvador, 2001; Willoughby, 2005).

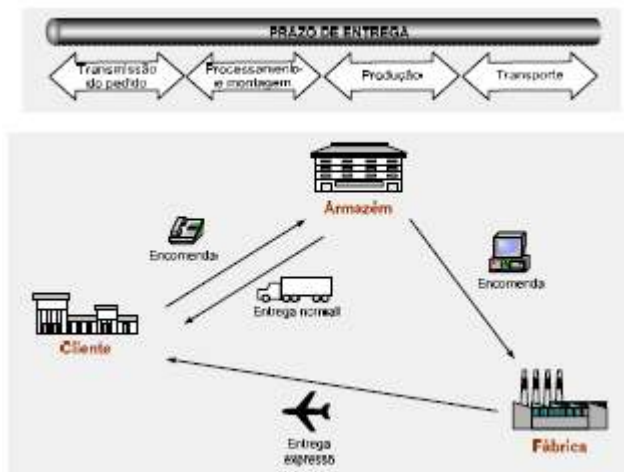
“Muitos actores pertencentes a departamentos diferentes partilham responsabilidades no fluxo de materiais ao longo do canal logístico. Então, assegurar grande nível de serviço a um custo reduzido envolve um grande nível de coordenação entre estes actores.” (Forza & Salvador, 2001).

O ambiente industrial é propício, hoje em dia, ao uso intensivo e criação de ferramentas informáticas (Applegate et al., 1997) que potenciem e ajudem na tomada de decisões de modo a otimizar os processos que em qualquer departamento podem atrasar o célere funcionamento de qualquer tarefa, diminuindo ou até eliminando o “*time-gap*” descrito por Wedel & Lumsden (1995).

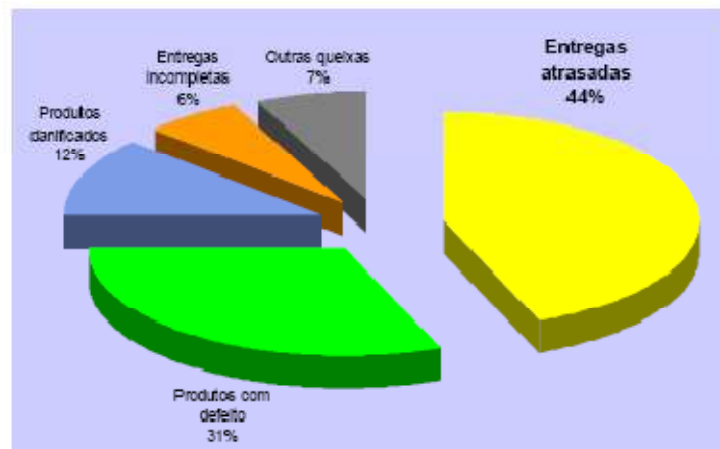
Para Nobre de Carvalho (2008) “ (...) coloca-se a necessidade de desenvolvimento de métodos sofisticados que permitam a utilização de computadores na resolução de problemas de empacotamento, proporcionando soluções de características competitivas quer ao nível da eficiência da solução proposta quer no tempo utilizado para as obter.” Esta citação demonstra como este problema pode ser resolvido através de meios informáticos, melhorando a eficiência dos processos e o tempo dispendido na procura de os melhorar.

### 2.3. Processamento de encomendas

O processamento de encomendas representa uma grande fatia do *lead-time* (figura 5), normalmente entre 50 a 70% (Ballou, 2004). A importância a nível de custos destes processos é evidenciada por este dado estatístico, sendo realçada pelas consequências a nível de vendas que a ineficácia nestes processos pode ter, podendo afectar a relação com os clientes. Estes queixam-se de vários factores indicados na figura 6. A inovação tecnológica tem vindo a melhorar o rendimento processual tornando as transmissões de informação mais eficientes, completas e padronizando esses sistemas.



**Figura 5 – Esquema do lead-time com fluxo de informação e materiais (Fonte: Adaptado de Ballou, 2004)**



**Figura 6 – Principais queixas dos clientes (Fonte: Adaptado de Ballou, 2004)**

O nível de serviço ao cliente é um factor essencial ao sucesso de qualquer empresa, podendo ser medido através de diversos indicadores:

- Prazo de entrega;
- Tempo de processamento da encomenda;
- Percentagem de transportes atempados;
- Percentagem de encomendas satisfeitas;
- Percentagem de *back-orders*.

Medindo estes factores poderão ser retiradas conclusões que visam o melhoramento de alguns factores que estarão a afectar o melhor rendimento das operações de processamento de encomendas. Retirando o transporte dos materiais, o processamento de encomendas sucede a nível interno com as comunicações de informação, produção, gestão de stocks, facturação e expedição. Para isso será também necessária a colocação de ordens de compra de componentes aos fornecedores.

Todas as fases necessárias ao processamento de encomendas são muitas vezes demasiado dependentes, tornando a sua sequenciação um factor de ineficácia. Segundo Ballou (2004) estas operações devem ser executadas em paralelo, permitindo uma mais célere execução das tarefas necessárias. As componentes de gestão de encomendas devem contribuir para a troca de informações entre departamentos, estabelecer planos de contingência, assegurar o crédito dos clientes e informá-los sobre o estado das encomendas. Para isso o grau de informatização no tratamento de dados e reunião de informações é essencial para tornar instantânea a tomada de decisões.

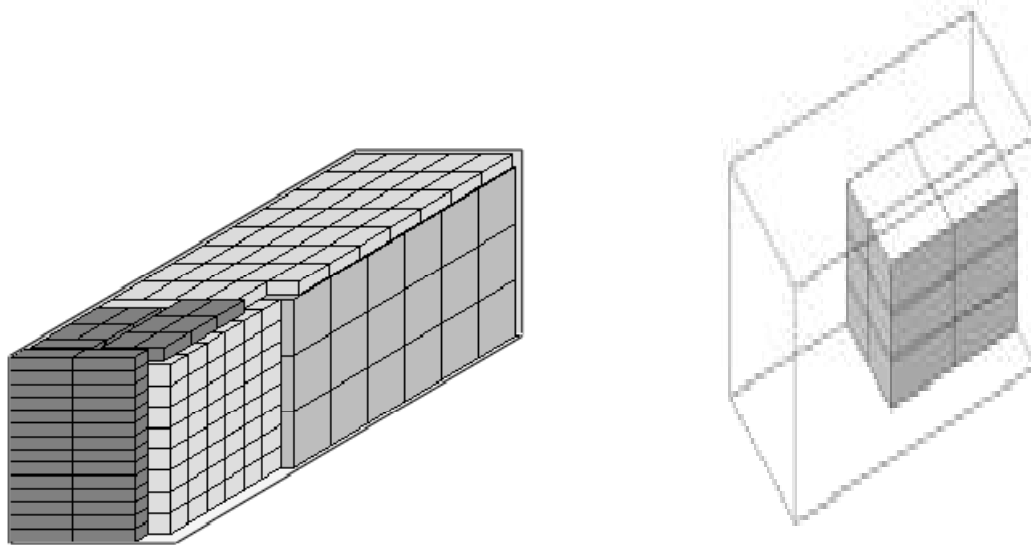
No processamento de encomendas a última fase de expedição depende das fases anteriores de compras, planeamento, produção e gestão de materiais. É sobre a expedição que se centra este trabalho, promovendo a facturação e embalamento das encomendas para envio.

## 2.4. A padronização, contentores e o seu embalamento

O problema de embalamento em palete tem vindo a ser estudado por alguns autores com o intuito de prever o espaço ocupado por qualquer tipo de embalagens resultando várias heurísticas para resolução deste problema. Normalmente, a sua resolução é imposta a empresas que requerem uma eficiente gestão do espaço ocupado em volume nos seus transportes, em que a simples organização e eficiente colocação de carga podem significar um ganho acrescido em cada serviço de transporte.

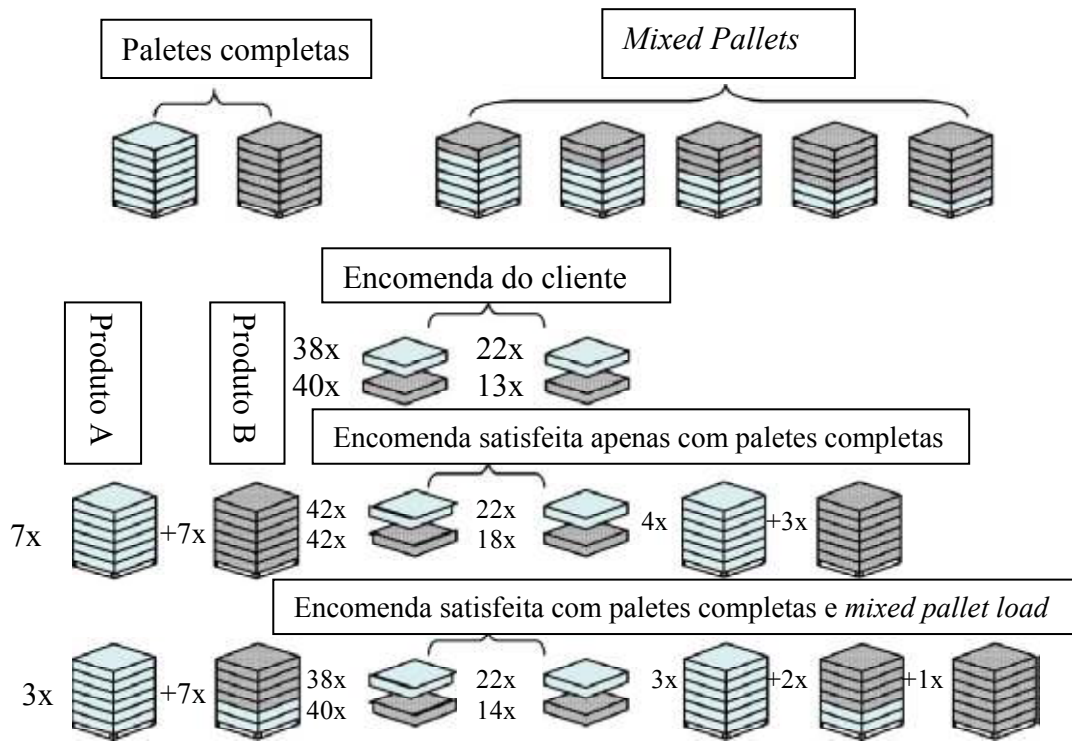
A literatura sobre este assunto é variada e dedicada a dois tipos de problema, o chamado *manufacturer's pallet loading problem* que consiste na optimização da colocação de peças idênticas numa palete ou contentor (Terno et al., 2000), e o *distributor's pallet loading problem* que consiste no embalamento de paletes com artigos heterogêneos, os quais provêm de uma ordem de um cliente que requer vários produtos diferentes que deverão ser aprovisionados numa palete ou contentor, tendo em consideração a orientação, peso e volume dos artigos para não haver problemas no seu transporte (Bischoff et al., 1995; Terno et al., 2000).

Em ambos os casos mostrados na figura 7 podem ser utilizadas heurísticas para proceder ao seu aprovisionamento. Segundo Nobre de Carvalho (2008) e Bortfeldt & Gehring (2001), normalmente, o objectivo principal destas heurísticas é o de maximizar a eficiência da utilização do espaço da carga. São várias as heurísticas descritas na literatura existente para a resolução destes problemas tendo em conta várias restrições impostas. Algumas dessas restrições englobam vários aspectos como centro de massa, rotação tridimensional, regras de precedência para prioridade de carregamento de cada carga (FIFO, LIFO, etc.), altura máxima, entre outros. As restrições podem ser consideradas genéricas, tendo uma robustez considerável pois podem ser aplicadas a inúmeros casos de embalamento, obtendo assim um elevado grau de flexibilidade para uma formulação base à qual depois podemos adicionar ou retirar restrições para conseguir a melhor solução possível.



**Figura 7 - Exemplo de embalagem de carga heterogénea e carga homogénea (Fonte: Nobre de Carvalho, 2008)**

Esta flexibilidade vem melhorar a eficiência para com o cliente que cada vez mais pede diferentes produtos em cada encomenda (Yaman & Şen, 2008). Para isso, é necessário criar a chamada *mixed pallet load* (figura 7), que agrega vários produtos diferentes na mesma paleta, remetendo-nos para o *distributor's pallet loading problem*. Nos trabalhos efectuados por Yaman & Şen (2008), estes investigadores referem um problema do envio de vários produtos alimentares, em que um desses produtos, muito procurado, ocupa várias paletes e os restantes produtos, com menos procura, são agregados na mesma paleta para se poupar espaço e para que não fiquem grandes volumes armazenados e sob o risco de perecerem. Como podemos observar na figura 8, ao usarmos este tipo de método, não é preciso usar uma sétima paleta como na encomenda usando apenas paletes completas de cada produto. A distribuição dos produtos é efectuada também de forma a satisfazer melhor as necessidades do cliente, sem enviar quantidades que este não encomendou.



**Figura 8 - Exemplo de uso de *mixed pallet load***

Esta distribuição requer que os produtos sejam analisados matematicamente para calcular previamente as condições de embalagem. Segundo Chen et al. (1995) existem várias condições que podem ser aplicadas na resolução de problemas de embalagem, podendo ser necessárias ou não de acordo com os resultados que queremos obter. A programação linear criada por Chen et al. (1995) é de seguida apresentada:

$$\min LWH - \sum_{i=0}^n (l_i \times w_i \times h_i) S_i - \text{Função objectivo}$$

Sujeito a:

$$x_i + l_i S''_i + w_i S''_i + h_i S'''_i \leq x_j + (1 - a_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$x_j + l_j S''_j + w_j S''_j + h_j S'''_j \leq x_i + (1 - b_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$y_i + w_i S''_i + l_i S''_i + h_i S'''_i \leq y_j + (1 - c_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$y_j + w_j S''_j + l_j S''_j + h_j S'''_j \leq y_i + (1 - d_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$z_i + h_i S'''_i + w_i S''_i + l_i S''_i \leq z_j + (1 - e_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$



$$z_j + h_j S''''z_j + w_i S''z_j + l_j S'z_j \leq z_j + (1 - f_{ij}) M \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$a_{ij} + b_{ij} + c_{ij} + d_{ij} + e_{ij} + f_{ij} \geq S_i + S_j - 1 \quad (\forall i, j, i < j)$$

$$x_i + l_i S'x_i + w_i S''x_i + h_i S''''x_i \leq L + (1 - S_i) M \quad (\forall i)$$

$$y_i + w_i S''y_i + l_i S'y_i + h_i S''''y_i \leq W + (1 - S_i) M \quad (\forall i)$$

$$z_i + h_i S''''z_i + w_i S''z_i + l_i S'z_i \leq H + (1 - S_i) M \quad (\forall i)$$

$$S'x_i, S'y_i, S'z_i, S''x_i, S''y_i, S''z_i, S''''x_i, S''''y_i, S''''z_i \in \{0, 1\} \quad (\forall i)$$

$$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}, e_{ij}, f_{ij}, S_i \in \{0, 1\} \quad (\forall i)$$

$$x_i, y_i, z_i \geq 0 \quad (\forall i)$$

$$M \rightarrow +\infty$$

em que :

**L, W, H**- Dimensões de comprimento, largura e altura do contentor;

**li, wi, hi** - Dimensões de comprimento, largura e altura da caixa “i”;

**xi, yi, zi** - Coordenadas de colocação da caixa “ i “ no contentor (vértice de referência);

**a<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está à esquerda da caixa j e o valor “0” se não;

**b<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está à direita da caixa j e o valor “0” se não;

**c<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está atrás da caixa j e o valor “0” se não;

**d<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está à frente da caixa j e o valor “0” se não;

**e<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está por baixo da caixa j e o valor “0” se não;

**f<sub>ij</sub>** - assume o valor “1” se a caixa i está por cima da caixa j e o valor “0” se não;

Variáveis binárias:

$S'_{xi}, S'_{yi}, S'_{zi}$  - assume o valor "1" se o comprimento da caixa  $i$  é paralelo ao eixo do X, Y ou Z e o valor "0" se não for paralelo;

$S''_{xi}, S''_{yi}, S''_{zi}$  - assume o valor "1" se a largura da caixa  $i$  é paralela ao eixo do X, Y ou Z e o valor "0" se não for paralelo;

$S'''_{xi}, S'''_{yi}, S'''_{zi}$  - assume o valor "1" se a altura da caixa  $i$  é paralela ao eixo do X, Y ou Z e o valor "0" se não for paralelo.

Esta formulação matemática de problemas de empacotamento, é bastante geral e como tal pode ser utilizada na sua totalidade para qualquer tipo de embalagens diferentes com as quais se pretende embalar utilizando o mínimo de espaço preciso. O seu objectivo é minimizar o espaço ocupado pela carga obedecendo às restrições impostas.

### 3. O processamento de encomendas na PREH

#### 3.1. História do grupo PREH

Esta empresa foi fundada em 1919 por Jakob Preh em Bad Neudstadt, Alemanha, concentrando-se na produção de componentes electrónicos. Quando começou a era da rádio, Jakob Preh enveredou por esta tecnologia, aproveitando este mercado e garantiu o crescimento da empresa nos anos 20. Nos seguintes anos ampliou o seu mercado criando brinquedos de controlo remoto e outros produtos electrónicos mas, com a crescente necessidade de componentes electrónicos para televisões e rádios, foi decidida a afectação de recursos nestes mercados abrangendo nos anos 70 a indústria de electrónica de consumo. Apenas no final dos anos 80 é que se dedica ao desenvolvimento e fabrico de componentes automóveis nomeadamente controlos electrónicos climáticos para a indústria automóvel. Hoje em dia, o grupo Preh é um consórcio internacional sediado na cidade alemã de Bad Neudstadt tendo em 2008 atingido valores de facturação na ordem dos 304.7 milhões de euros. Neste momento, o grupo Preh é representado em vários países (figura 9) através de instalações próprias e com vários serviços oferecidos, entre eles, o fabrico de componentes, investigação e desenvolvimento e serviços de apoio ao cliente.



Figura 9 - Localização das instalações da empresa Preh (Fonte: Web).

O grupo Preh conta com aproximadamente dois mil colaboradores espalhados pelo mundo garantindo os serviços a que se propõe. O principal mercado do grupo Preh é a indústria automóvel, contando para isso com o conseqüente investimento em desenvolvimento de produtos para vários fabricantes de renome deste ramo de negócio, entre eles, o grupo BMW, o grupo Audi-VW, Opel, entre outros. Como se pode observar na figura 10, os principais produtos produzidos pelo grupo Preh são sistemas de controlo complexos para condução, unidades de controlo electrónicas e sistemas de montagem. Estes produtos de mecatrónica são dispositivos presentes em qualquer automóvel.



**Figura 10 - Alguns exemplos de produtos Preh (Fonte: Web)**

### **3.2. Preh Portugal Lda.**

A Preh Portugal Lda, fundada em 1970, é uma unidade de montagem e fabrico de componentes pertencente ao grupo Preh. Esta unidade emprega cerca de 470 colaboradores e produz, maioritariamente, componentes plásticos e electrónicos para montagem subsequente de produtos para a indústria automóvel, como podemos observar na figura 11. Também possui instalações para fabrico de moldes, pintura e gravação a laser de componentes plásticos. Esta diversificação de operações permite que o fabrico de muitos componentes seja feito internamente de modo a não depender exclusivamente de fornecedores externos para muitas das operações efectuadas. Actualmente com um valor de

facturação anual próximo dos 95 milhões de euros é uma empresa com contínuo crescimento. Próxima dos acessos à auto-estrada A3 e da estrada nacional N14 Braga-Porto tem acessibilidades rodoviárias perfeitas para a movimentação de materiais para clientes e fornecedores, sendo a proximidade com o aeroporto Francisco Sá Carneiro e o porto de Leixões factores que também contribuem para essa rápida e eficaz movimentação de produtos.



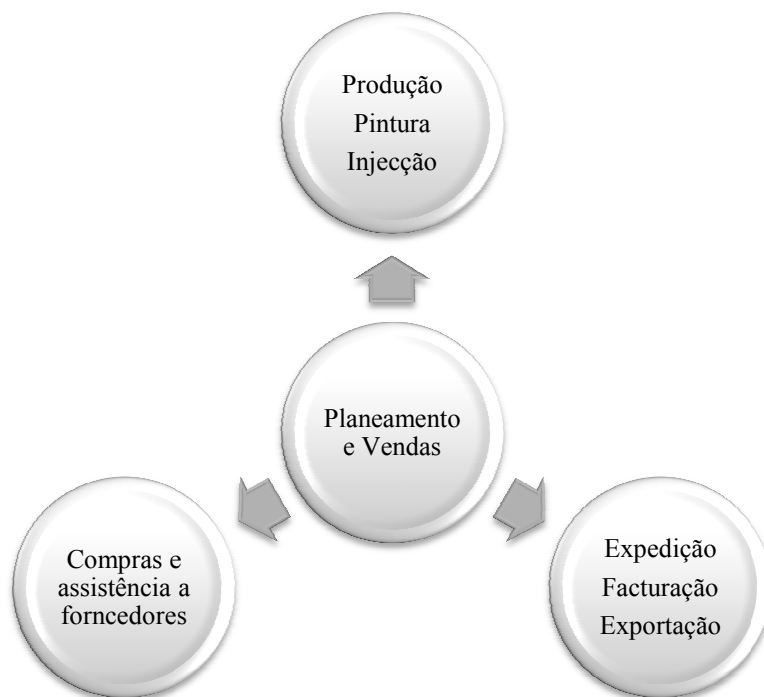
**Figura 11 – Exemplos de instalações e competências Preh (Fonte: Web)**

Esta estratégia permite a garantia de qualidade para componentes chave, sendo que os padrões exigidos pelos clientes são sempre os mais altos. Sendo assim, a coordenação entre os vários departamentos deve ser assegurada e constantemente melhorada para permitir o célere processamento e produção dos vários componentes, garantindo um melhor *lead-time* para os processos internos.

### 3.3. Distribuição de ordens nos processos internos

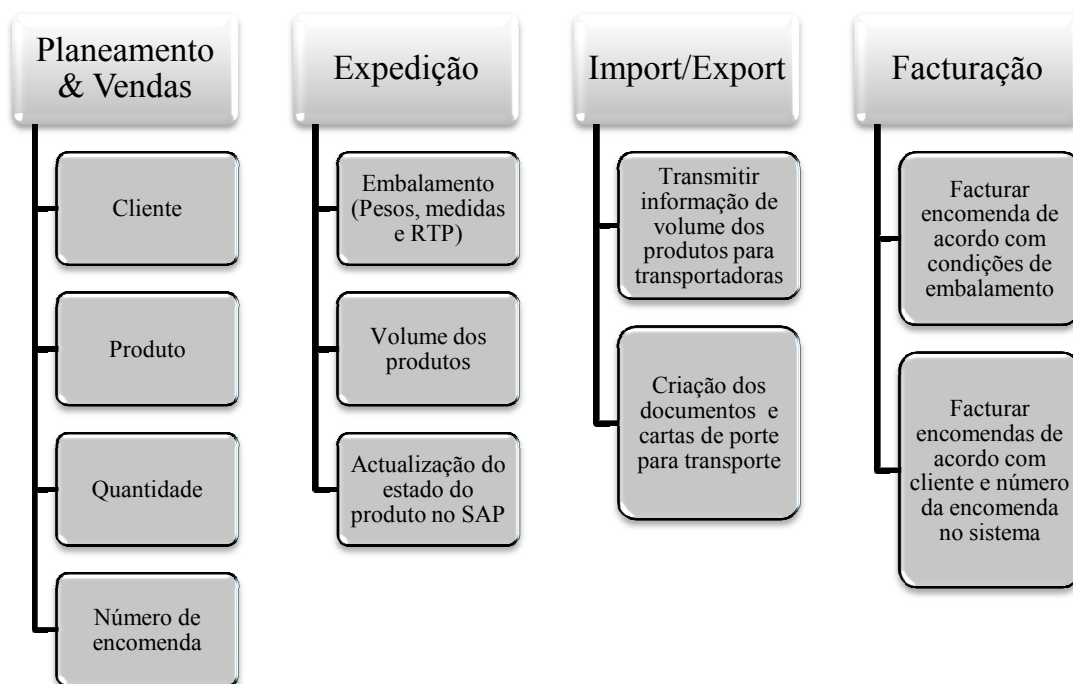
Neste contexto a comunicação entre departamentos e os processos e informação necessários têm de ser monitorizados de forma a prosseguirem hierarquicamente de acordo com as operações necessárias. Estas interações estão dependentes das operações anteriores, necessitando de um planeamento capaz de responder às actuais e futuras necessidades de coordenação entre departamentos.

Como acontece em muitas indústrias, as encomendas dos clientes são recebidas por vários métodos como EDI (*Electronic Data Interchange*), via e-mail, telefone, etc. Estes métodos vieram melhorar as comunicações entre empresas, estabelecendo plataformas padronizadas que melhoram a troca de informações. Estas necessidades dos clientes provocam a abertura de encomendas a satisfazer, remetendo para os vários departamentos as ordens a cumprir (figura 12) para o *lead-time* não ser ultrapassado. Estes processos podem ser esquematizados da seguinte forma:

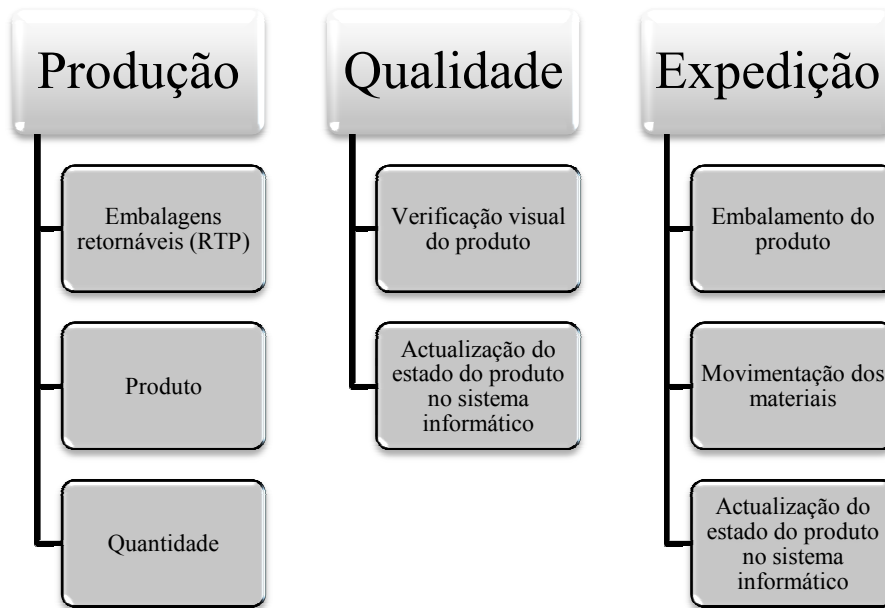


**Figura 12 - Esquema de recepção e distribuição de ordens entre departamentos**

Nesta configuração podemos observar o papel central do departamento de planeamento e vendas, pois este como receptor dos pedidos de encomenda dos clientes deve distribuir a informação referente a ordens de trabalho e pedidos de materiais para a produção dos produtos necessários. Actualmente as tarefas a realizar para expedição são precedidas por outras sobre as quais se distingue o responsável por essas tarefas. Mas é preciso distinguir o fluxo de informação (figura 13) do fluxo de materiais (figura 14), pois durante o processamento estes dois componentes conjugam-se para ser feito o processamento da encomenda, por isso é que a importância de verificar quem trata fisicamente dos materiais e quem processa a informação se torna relevante. Diferentes departamentos processam diferentes componentes da encomenda tendo em atenção o seu destino final. Cada cliente tem requisitos próprios de embalagem e facturação para cada ponto de descarga dos produtos. Neste aspecto o cliente utiliza a consolidação de encomendas para abastecer vários pontos de fabrico.



**Figura 13 - Fluxo de informação necessária a cada departamento**

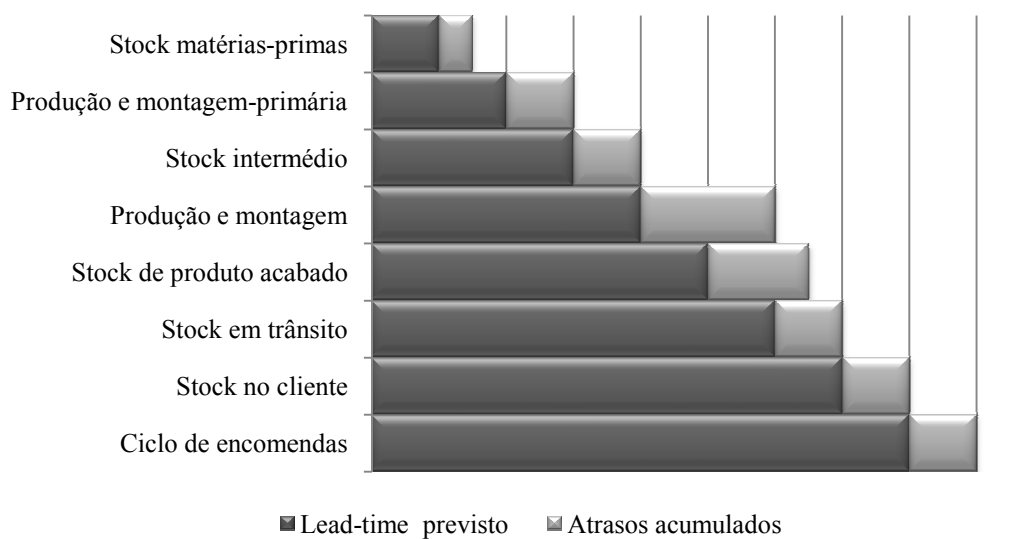


**Figura 14 – Fluxo de materiais entre cada departamento**

### **3.4. Implicações no *lead-time***

Estas operações acontecem de cada vez que uma encomenda é colocada e processada em ambiente *make-to-order*, significando que apenas se produz o material que satisfaz a encomenda, não criando *stocks* e armazenamento desnecessário, portanto, cada encomenda é única e necessita sempre de materiais diferentes a serem produzidos. Sendo assim, o acumular do *lead-time*, como mostrado na figura 2, pode gerar atrasos (figura 15) que se repercutirão nas operações a jusante do processamento de encomendas.





**Figura 15 - Exemplo de lead-time previsto com atrasos no processamento (Adaptado de Carvalho et al.,2001)**

A figura 15 tem como objectivo exemplificar o sucessivo acumular de atrasos no processamento de encomendas que pode ser verificado na PREH nas suas várias fases, criando situações em que o *lead-time* para a entrega de material no cliente não é respeitada, gerando com o cliente uma situação de incumprimento, que acontecendo repetidamente, pode levar à quebra de encomendas e a passar uma má imagem da empresa. Uma redução de encomendas dos clientes não é algo que interesse a uma empresa cujo objectivo é vender os seus produtos.

### 3.5. Perspectivas de melhoramento

Depois da análise efectuada como podemos melhorar a eficiência destes processos? Que processos podem ser afectados sem alterar por completo os processos actuais? Assim, podemos avançar para os seguintes objectivos:

- Diminuir o tempo total de processamento de encomendas;
- Eliminar ineficiências (*time-gap*) entre fluxo de materiais e informação;

- Criar sistemas de informação gerados automaticamente sem necessidade de serem processados por vários departamentos;
- Tornar os processos de expedição mais independentes e paralelos no seu processamento.

Com estes objectivos pretende-se uma sequenciação mais rápida e organizada dos processos, promovendo a troca de informações entre departamentos completa e célere. Isto pode levar à tomada de decisões com um maior grau de precisão nas previsões do nível de serviço para os clientes.

## 4. Metodologia

No desenvolvimento deste trabalho e de acordo com os objectivos pretendidos, a abordagem efectuada consistiu na medição de vários factores produtivos e no levantamento dos processos inerentes à expedição de produto acabado.

Para esse efeito, foi efectuada uma análise interna aos fluxos internos de produtos, organização do trabalho e sistemas de informação utilizados. Carvalho et al. (2001) determina como princípios fundamentais para a análise interna os seguintes:

- Gestão do sistema logístico:
  - Gestão de aprovisionamento, *layouts* e planeamento da capacidade;
  - Fluxo de materiais e movimentação de cargas;
  - Monitorização e manutenção da qualidade e acréscimo do valor;
  - Medição e controlo dos custos logísticos, interacção com o sistema e capacidade para desenvolver práticas comparativas para aprendizagem e pontos de partida para a criatividade.

Este último ponto serve como partida para a análise interna a realizar. A abordagem sistemática de vários factores inerentes ao processamento de encomendas deve então ser realizada. Para isso foi adoptado o seguinte esquema:

1. Descrição dos processos e interacções entre cada departamento;
2. Determinação das causas provocadoras de atrasos no processamento de encomendas;
3. Levantamento das tarefas efectuadas por cada departamento;
4. Medição de trabalho para cada tarefa de processamento de encomendas para expedição;
5. Criação de heurísticas de embalamento (*distributor's pallet loading problem*);
6. Criação de sistemas de informação inter-departamentais para expedição de produto acabado;

De seguida são explicados sucintamente cada um destes pontos para se perceber quais os procedimentos efectuados em cada um deles.

#### **4.1. Descrição dos processos e interacções entre cada departamento**

Neste campo determina-se o que cada departamento faz para efectuar o processamento da encomenda desde a recepção de pedidos de encomendas até à expedição dos produtos, passando pelo planeamento de produção, aquisição de produtos a fornecedores, stocks e processos internos de fluxo de informação e materiais. Para esquematizar estes processos utilizam-se esquemas de modo a perceber o fluxo interno de materiais e informação para expedição de produto acabado.

#### **4.2. Determinação das causas provocadoras de atrasos**

Para esta análise foi feita uma colheita de dados ao longo de várias semanas permitindo obter as razões que atrasaram o correcto processamento de encomendas em tempo útil. Assim, foi efectuado um estudo baseado na chegada do transporte do cliente obtendo o porquê da informação ou dos produtos não estarem prontos e em que fase do processo se encontram.

#### **4.3. Análise das tarefas efectuadas por cada departamento**

É necessário perceber qual o papel desempenhado por cada departamento e quais as tarefas que estes precisam realizar de maneira a proceder ao processamento de encomendas de forma rápida.

#### **4.4. Medição de trabalho**

Para obter valores mensuráveis é preciso verificar quanto tempo é dispendido em cada tarefa. Para isso foi medido o trabalho efectuado calculando o tempo normal para

cada operação. Com este procedimento é possível verificar eventuais melhorias e ter uma base de comparação dos modelos propostos.

Cada tarefa foi observada e temporizada permitindo, como qualquer processo produtivo, o registo do tempo utilizado. Calculando a média de várias medições pudemos estimar cada tarefa para depois calcular o tempo total de processamento.

#### 4.5. Criação de heurísticas de embalagem

As heurísticas de embalagem serão aplicadas a três tipos de embalagens mostradas na figura 16 e as suas medidas estão disponíveis na tabela 1. Estas não formam uma carga fortemente heterogénea sendo que não será preciso aplicar todas as restrições mencionadas na literatura sobre problemas de embalagem (Nobre de Carvalho, 2008; Chen et al., 1995).



Figura 16 – Embalagens utilizadas para expedição

Tabela 1 – Dimensões das embalagens para expedição

Tipo de embalagem	Comprimento (mm)	Largura(mm)	Altura(mm)	Factor de embalagem
1	600	400	300	1
2	300	200	150	0,125
3	600	400	150	0,5

Como verificado na tabela 1, o factor de embalagem determina qual o volume ocupado e a composição de *mixed pallet load* para expedição. O objectivo deste subcapítulo é a distribuição eficaz das referências por volumes individuais, mas quando é preciso pode ser criada uma *mixed pallet load*. Não são utilizadas restrições como rotação tridimensional dos volumes ou distribuição de peso. O primeiro factor é a quantidade de embalagens e de que tipo, de maneira à sua soma não exceder o valor 15 já que cada palete pode comportar no máximo 15 embalagens do tipo 1, 120 embalagens do tipo 2 ou 30 embalagens do tipo 3. Como se pode observar há um denominador comum para estas operações, sendo que se podem misturar vários tipos de embalagens na mesma palete, pois são compatíveis. Para cada ponto de descarga é verificado que paletes apenas comportam um produto de maneira a completar o valor máximo de 15 da sua soma, sendo que todos os “restos” são analisados conjuntamente para determinar se devem ser divididos em volumes individuais ou juntos numa *mixed pallet load*.

#### **4.6. Criação de sistemas de informação**

Neste ponto pretende-se a criação de sistemas de informação que reúnam toda a informação para ser distribuída pelos diferentes departamentos que dela precisem, diferenciando a informação de forma a não ser enviada a quem dela não precisa. Através de folhas de cálculo isso é possível aplicando heurísticas de embalagem, juntamente com as diferentes referências provenientes de uma base de dados.

#### **4.7. Calendarização**

As várias fases decorridas foram organizadas de forma a cada uma ser tratada individualmente tendo em conta o seguinte passo. O cronograma das várias fases é de seguida apresentado na tabela 2.

**Tabela 2 – Calendarização do trabalho**

<b>Fase</b>	<b>Set 2009</b>	<b>Out 2009</b>	<b>Nov 2009</b>	<b>Dez 2009</b>	<b>Jan 2010</b>	<b>Fev 2010</b>	<b>Mar 2010</b>
4.1.							
4.2.							
4.3.							
4.4.							
4.5.							
4.6.							

## **5. Resultados obtidos**

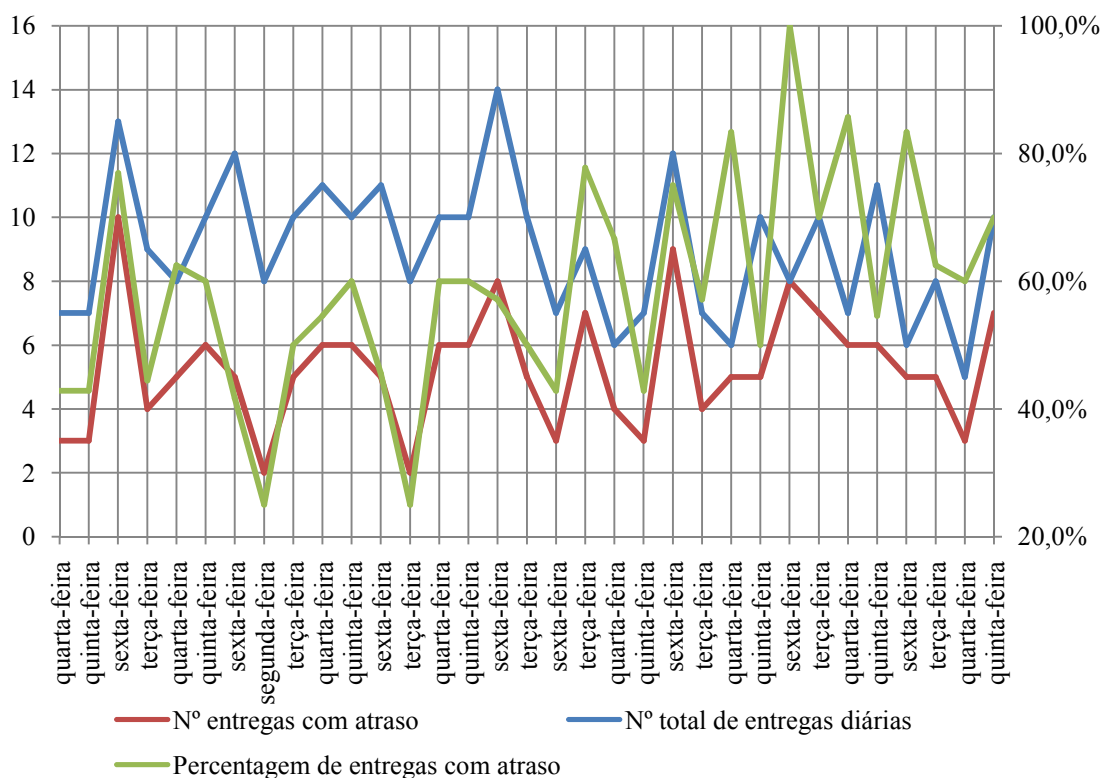
### **5.1. Ponto de situação de cada encomenda**

Quantificar e localizar pontos no processamento das encomendas pode revelar o que gera e o onde são dados os atrasos verificados. A verificação a montante do processamento revela aonde os atrasos ocorrem tornando possível o *back-tracking* das razões pelas quais se deram. Trabalhando sobre prazos para finalizar o processamento de encomendas, é no processamento final, nos departamentos de facturação, expedição e import/export que os atrasos verificados anteriormente se repercutem, tornando os prazos demasiado apertados ou até impossíveis de cumprir. Sem qualquer controlo sobre a morosidade destes processos, não é efectuada nenhuma acção para melhorar estes procedimentos, que levam o seu tempo tal como qualquer operação de montagem ou de fabrico de componentes. De acordo com a metodologia apresentada, criou-se um sistema de recolha de dados (gráfico 1). A recolha destes dados foi efectuada num período de sete semanas mostrando os valores diários de processamento de encomendas e quantas entregas foram afectadas por atrasos para expedição de produto acabado desde 9/9/09 até 23/10/09.

A análise do gráfico 1 permite observar o número de recolhas diárias e dessas as que sofreram atrasos. Isto permite questionar quais as razões que estarão a provocar esses atrasos, quer sejam nos próprios processos de saída de materiais ou se os atrasos se devem a processos anteriores.

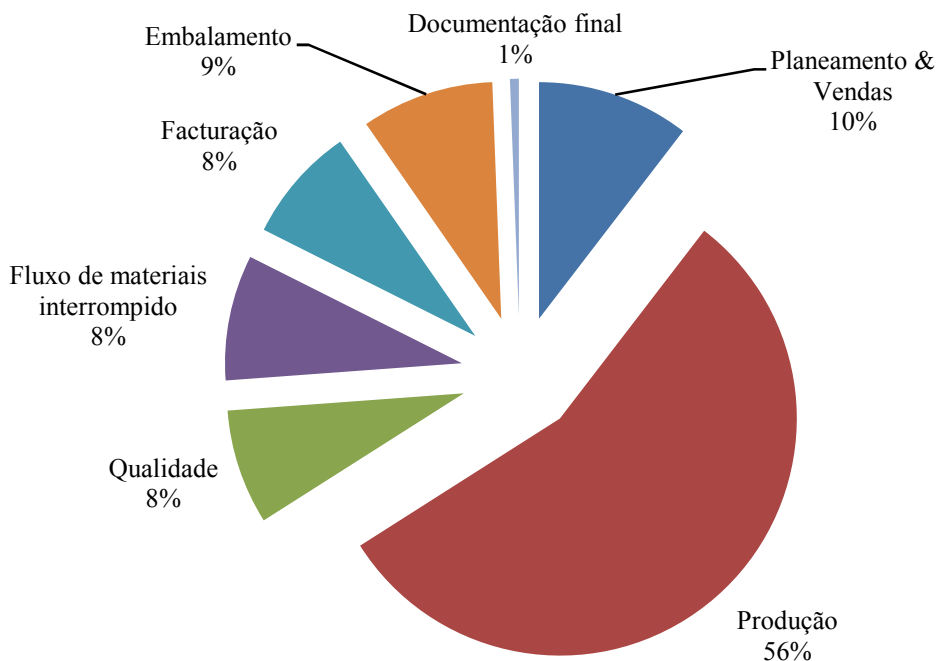
Como foi anteriormente referido, as consequências destes atrasos no processamento pode ter, além das referidas relações com os clientes, um custo adicional devido ao facto de terem de ser requisitados transportes adicionais com custos extra para enviar o que não foi preparado a tempo das encomendas. O objectivo deste trabalho não é quantificar estes custos, mas sim, melhorar e otimizar a eficiência do processamento de encomendas na fase final de preparação, e assim provocar uma diminuição destes custos adicionais com transportes requisitados com custos para a Preh Portugal.





**Gráfico 1 - Processamento diário de encomendas total e com atraso**

Para perceber onde se situam os principais atrasos no processamento das encomendas foi registado o ponto onde, quando atrasos são verificados, se situa a encomenda em termos departamentais no seu processamento. O gráfico 2 mostra que existe uma grande componente das encomendas, na altura em que já deviam estar prontas, ainda se encontram a serem produzidas, atrasando os restantes processos dos outros departamentos, como o processamento por parte do departamento de Qualidade, Expedição e Faturação, sendo que, também, se encontra no princípio do processamento e tem um maior peso posicional no diagrama de precedências da figura 19. Outra ineficiência encontrada é o Fluxo de materiais interrompido que explica como alguns materiais depois de serem produzidos e inspeccionados se encontram parados na respectiva linha de produção, não contribuindo para um célere processamento em termos de fluxo físico, embora a nível informático as suas operações sejam passíveis de serem efectuadas.



**Gráfico 2 – Ponto de situação de atrasos no processamento de encomendas**

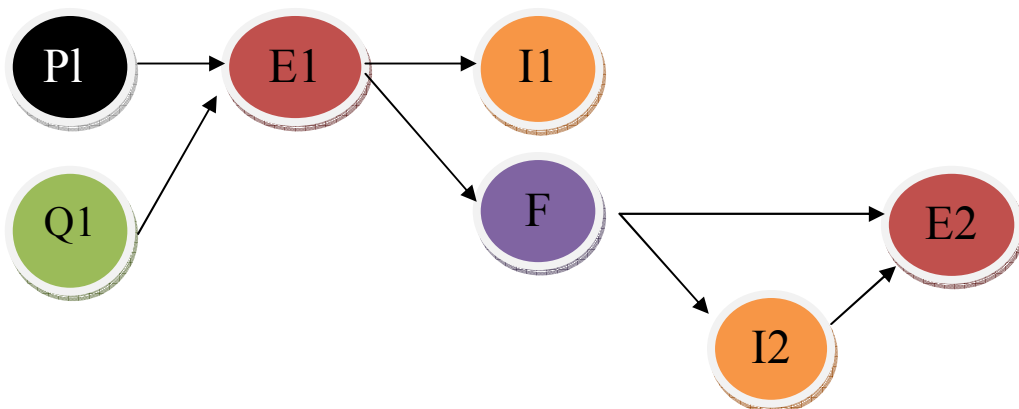
No cálculo do gráfico 2 foram utilizados valores para o peso posicional de cada componente relativos à percentagem do tempo utilizado, tendo sido estimados os valores de processamento das tarefas do departamento de qualidade, produção e planeamento (tabela 4).

**Tabela 3 – Número de ocorrências e Peso posicional**

Departamento	Nº ocorrências	Peso posicional
Planeamento	10	75
Produção	84	97
Qualidade	13	79
Fluxo interrompido	24	45
Facturação	45	39
Embalamento	79	16
Documentação final	86	1

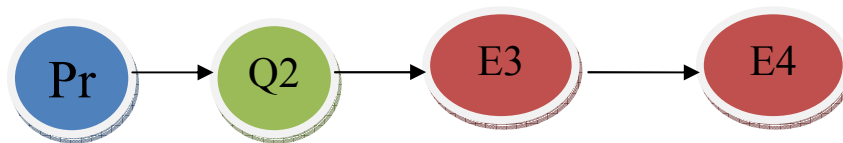
## 5.2. Processamento actual de encomendas para expedição

Em termos de processamento ao longo do ciclo verifica-se que em alguns casos existe o tratamento híbrido de informação e materiais. Essa é a conjugação que permite a realização de duas tarefas ao mesmo tempo, mas tal não se verifica pois cada uma tem de ser tratada de forma a avançar no processo como se pode verificar na figura 17. O diagrama de precedências é exemplificado de forma a ser distinta a visualização de movimentos de materiais (figura 18) e fluxo de informação. As siglas inscritas nas figuras 17 e 18 têm como objectivo identificar qual o departamento que é responsável por executar as tarefas precedentes. A tabela 3 identifica esses departamentos e quais as tarefas que têm de realizar.



**Figura 17 – Diagrama de precedências do fluxo de informação entre cada departamento**

Para o fluxo de materiais e processamento físico das encomendas para expedição temos o diagrama seguinte:



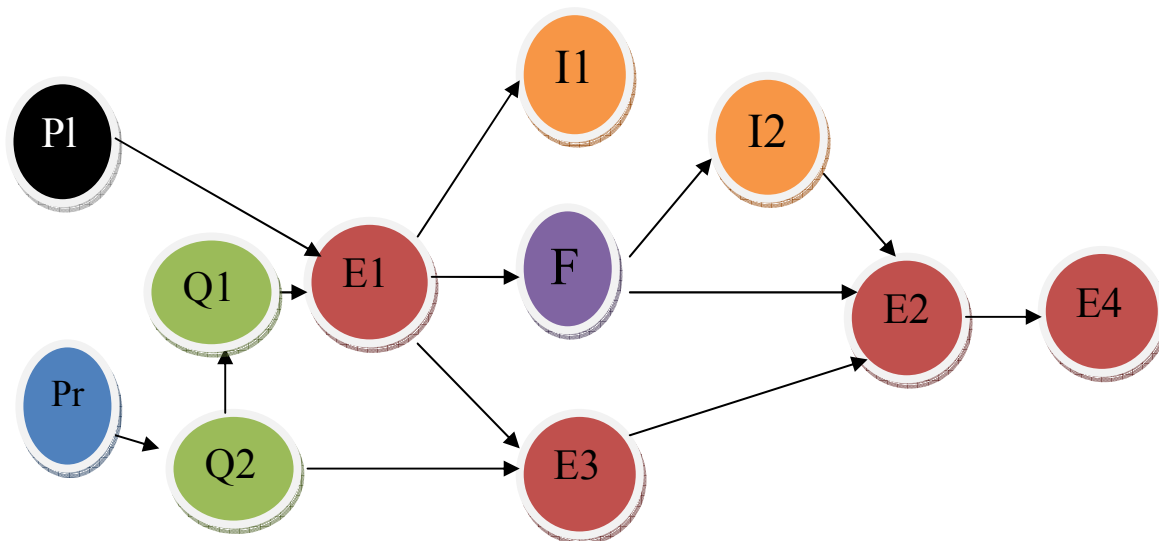
**Figura 18 – Diagrama de precedências do fluxo de materiais entre cada departamento**

**Tabela 4 – Identificação das tarefas a realizar por cada departamento no processamento de encomendas**

<b>Departamento</b>	<b>Tarefas</b>
<b>Pr - Produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pr - Produção de materiais para satisfazer encomendas dos clientes</li> </ul>
<b>Q - Qualidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Q2 - Verificação da conformidade dos materiais produzidos</li> <li>• Q1 - Actualização no sistema informático do estado da encomenda</li> </ul>
<b>I – Import/Export</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I1 - Coordenação com as empresas de transporte relativa ao número, volume e peso das encomendas</li> <li>• I2 - Criação de documentação para transporte</li> </ul>
<b>E - Expedição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E1 – Determinação do número de volumes, medidas e condições de embalagem</li> <li>• E2 – Inclusão de documentos identificativos da carga e para o transportador</li> <li>• E3 – Embalamento físico da encomenda de acordo com requisitos do cliente</li> <li>• E4 – Carregamento da encomenda processada</li> </ul>
<b>F – Facturação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F – Facturação das encomendas de acordo com requisitos do cliente e condições de embalagem</li> </ul>
<b>Pl - Planeamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pl – Divulgar informação sobre a encomenda realizada pelo cliente</li> </ul>

Nesta tabela estão divididas as várias tarefas inerentes ao processamento de encomendas para expedição.

Juntando todos estes processos obtemos o diagrama de precedências final (figura 19) que coordena a informação com o tratamento físico dos materiais.



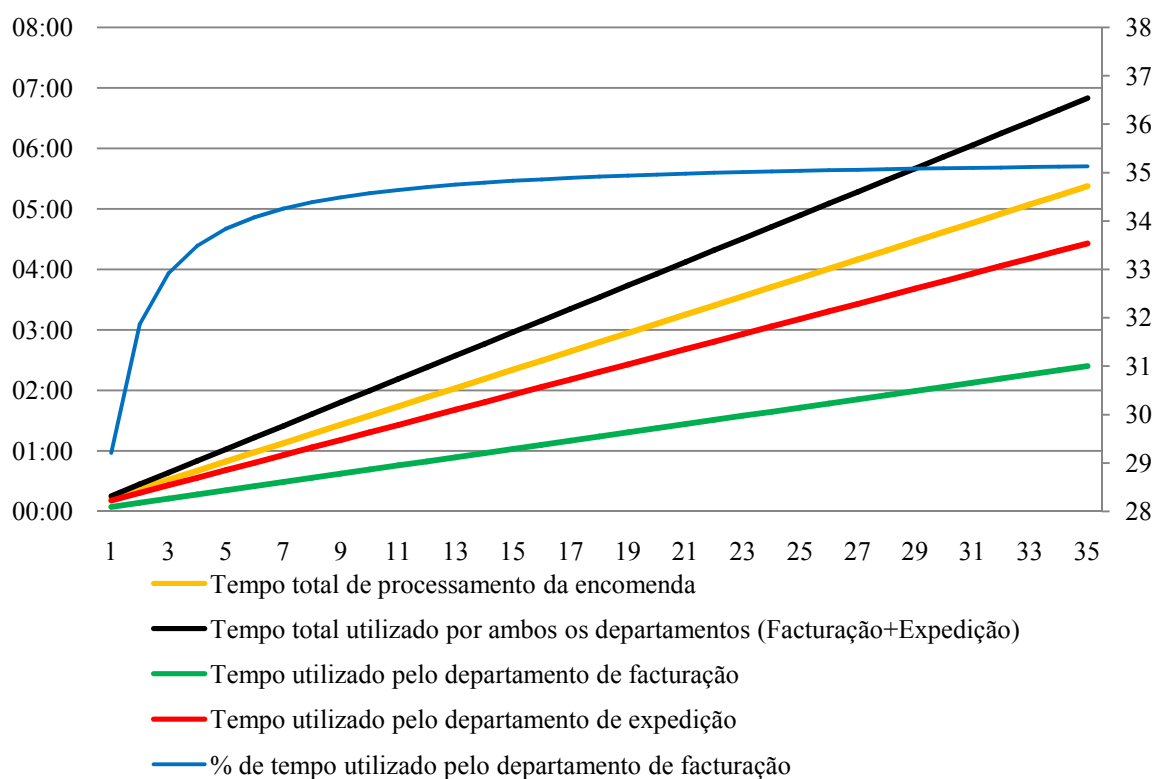
**Figura 19 – Diagrama de precedências do processamento de encomendas para expedição**

A análise dos dados recolhidos foi aqui apresentada de forma a mostrar os processos actualmente e com as modificações apresentadas. Com esta apresentação temos bases para comparar resultados e assim tirar as conclusões respeitantes às modificações apresentadas. Na tabela 5 estão apresentados os valores médios de processamento de cada tarefa para cada referência, no caso do processamento documental em termos de facturação, ou volume, para o caso dos processos de embalagem e expedição, que foram utilizados para calcular o tempo de expedição e facturação como mostrado na figura 19.

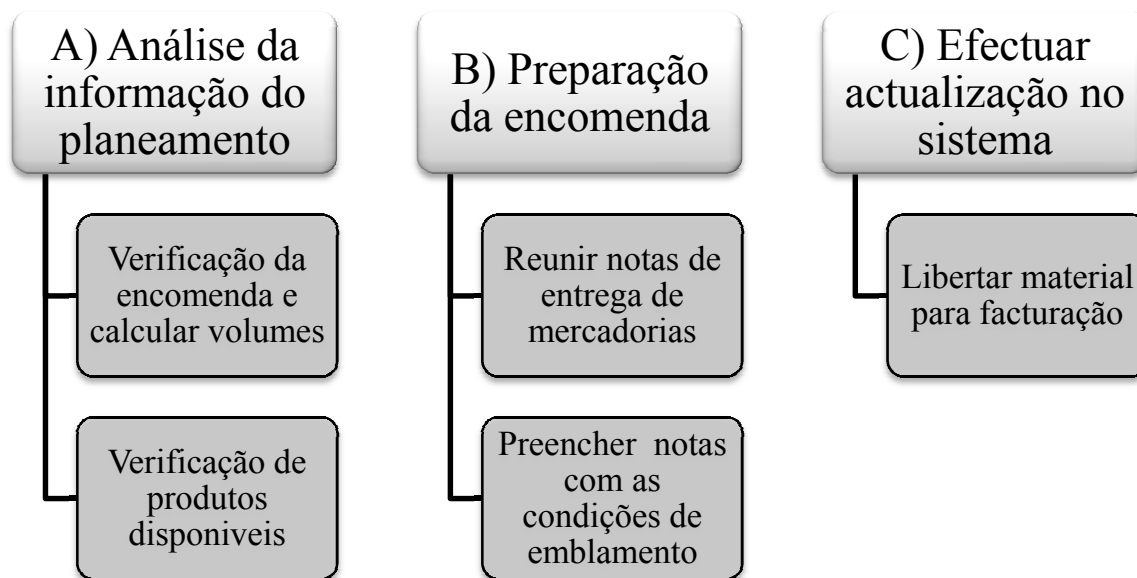
**Tabela 5 – Valores médios de medição de trabalho actuais**

<b>Processo</b>	<b>F</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
<b>Setup (min:seg)</b>	00:24	00:19	00:56	01:03	01:21
<b>Tempo de processamento (min:seg)</b>	03:42	00:15	00:45	02:42	02:48

Através da medição de trabalho foi obtido o gráfico 3 para as tarefas de expedição e facturação de encomendas. Este gráfico mostra o tempo de processamento de cada departamento consoante o número de volumes que têm de ser processados. Em média, para o cliente estudado e sendo também um dos mais importantes e morosos no seu processamento, daqui em diante designado por cliente A, o gráfico 3 mostra que quase 32% do tempo de processamento total para expedição é na facturação que é utilizado, sendo a expedição responsável por 68% do tempo total. Um dos objectivos é diminuir o tempo total de processamento introduzindo sistemas de informação que contenham a informação necessária (figura 20) para o célere processamento das encomendas. A conjugação das informações antes do processamento efectuado pela expedição requer a uniformização de procedimentos e práticas. Por exemplo, já sabemos que cada referência tem um processo de embalamento próprio, tem sempre a mesma quantidade, o mesmo peso e as medidas da embalagem correspondente, precisamos saber com que material irá ser acondicionada numa *mixed pallet load* ou em volume próprio.



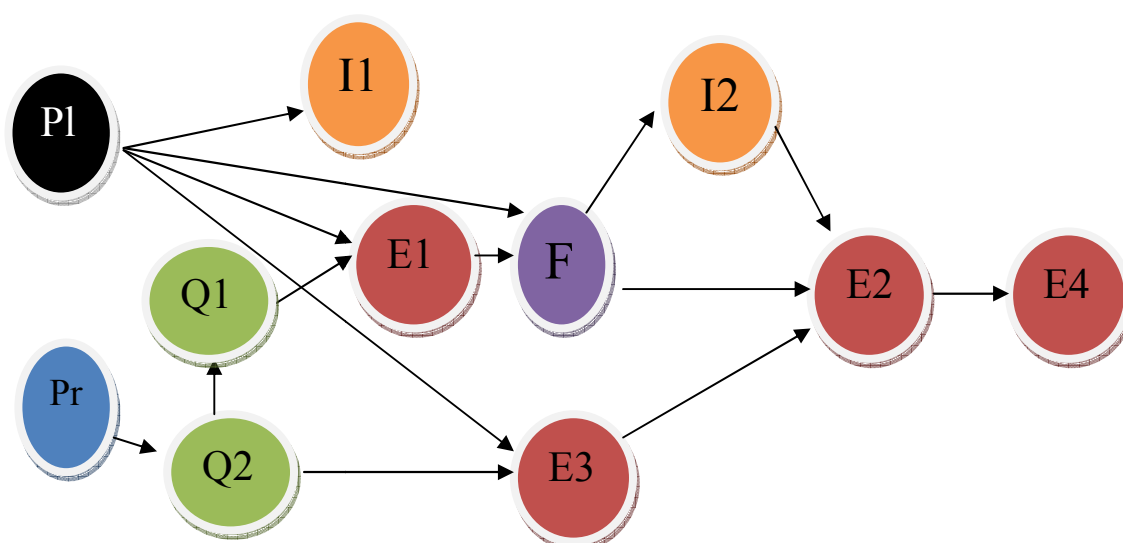
**Gráfico 3 – Tempo de processamento de encomendas**



**Figura 20 – Informações necessárias para expedição**

### 5.3. Introdução de sistemas de informação

Neste ponto torna-se necessário a introdução de um sistema de informação que comporte todas estas informações e, sendo criado, torna possível uma nova disposição nos processos tornando visível um novo diagrama de precedências (figura 21).



**Figura 21 – Novo diagrama de precedência para processamento de encomendas**

Com estas alterações é perceptível a distanciação entre o processamento físico e o processamento de informação, que são agora menos dependentes um do outro (tabela 6). A informação é tratada mais acima no processamento não sendo necessárias sequências que pouco a pouco acrescentam informação ao longo da cadeia de processamento em vários estágios. A informação é agora automaticamente completada quando é enviado o aviso de recolha pelo planeamento para os diferentes departamentos, sendo que cada um recebe a informação que precisa (tabela 7). Não é acrescentada qualquer tarefa para o departamento de planeamento pois o que antes seria a elaboração de um e-mail com apenas as referências, quantidades, pontos de descarga e clientes, é agora substituído por uma folha de cálculo que quando preenchida com as mesmas informações descritas anteriormente, calcula as informações necessárias que cada departamento vai precisar.

**Tabela 6 – Valores médios de medição de trabalho com sistemas de informação**

Processo	F	E1	E2	E3	E4
Setup (min:seg)	Não aplicável	00:19	00:56	01:03	01:21
Tempo de processamento (min:seg)	03:42	00:05	00:45	02:42	02:48

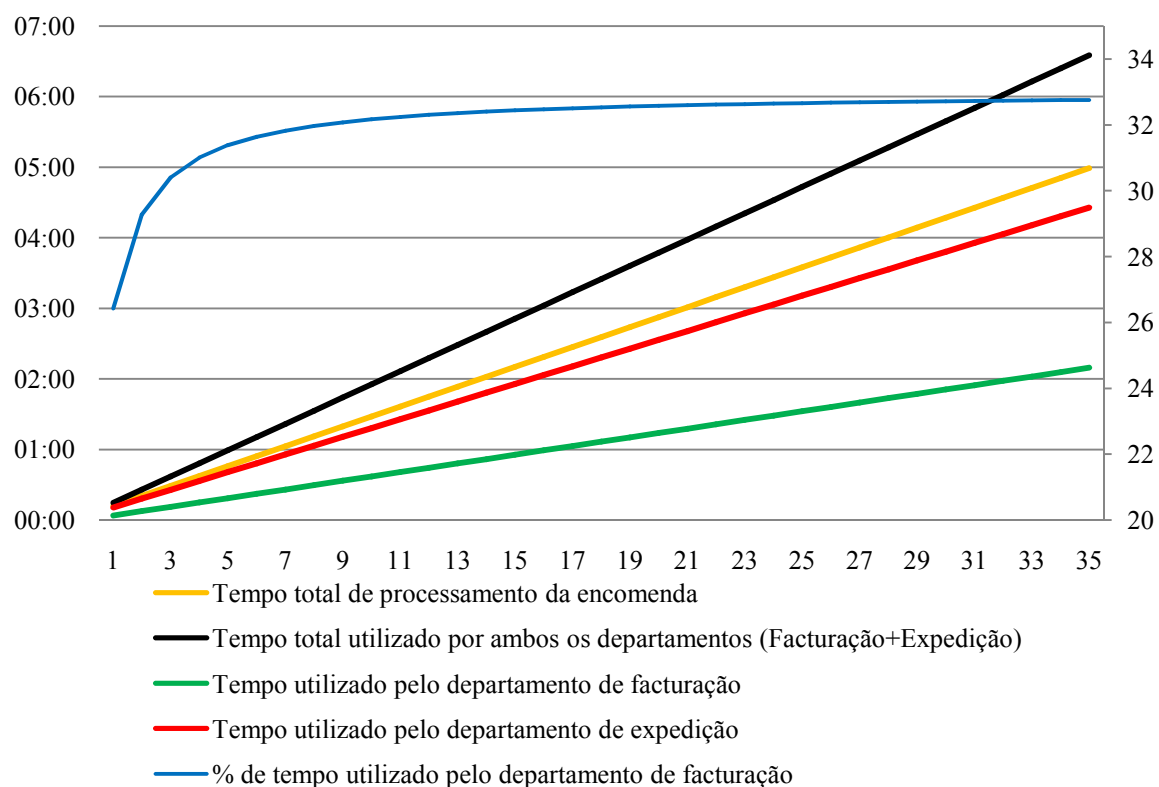
Como se pode verificar na tabela 6, algumas operações já não precisam de ser realizadas como a transcrição manual de números de encomenda na facturação e a operação de cálculo de volumes desapareceu deixando assim apenas uma tarefa na fase E1 como se pode verificar na tabela 7. Estes novos procedimentos implicam a realização de novos cálculos usando os métodos anteriores para efeito de comparação.



**Tabela 7 – Nova identificação das tarefas a realizar por cada departamento no processamento de encomendas**

<b>Departamento</b>	<b>Tarefas</b>
<b>Pr - Produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pr - Produção de materiais para satisfazer encomendas dos clientes</li> </ul>
<b>Q - Qualidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Q2 - Verificação da conformidade dos materiais produzidos</li> <li>• Q1 - Actualização no sistema informático do estado da encomenda</li> </ul>
<b>I – Import/Export</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I1 - Coordenação com as empresas de transporte relativa ao número, volume e peso das encomendas</li> <li>• I2 - Criação de documentação para transporte</li> </ul>
<b>E – Expedição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E1 – Actualização no sistema informático do estado da encomenda</li> <li>• E2 – Inclusão de documentos identificativos da carga e para o transportador</li> </ul>
<b>E - Expedição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E3 – Embalamento físico da encomenda de acordo com requisitos do cliente</li> <li>• E4 – Carregamento da encomenda processada</li> </ul>
<b>F – Facturação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F – Facturação das encomendas de acordo com requisitos do cliente e condições de embalamento</li> </ul>
<b>PI - Planeamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PI – Divulgar informação sobre a encomenda realizada pelo cliente</li> </ul>

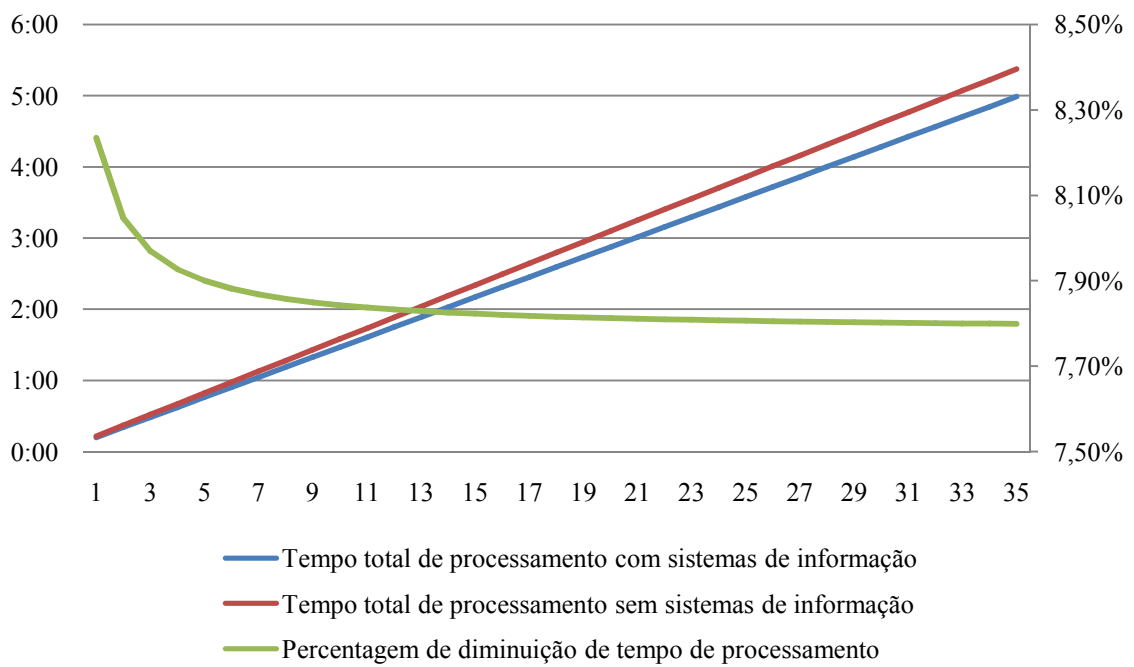
De acordo com este novo procedimento temos um arranjo novo nos processos, tornando-se clara a independência entre o processamento informático por parte da facturação e o processamento físico por parte da expedição. O gráfico 4 mostra que agora o tempo de processamento da encomenda é reduzido quase ao nível de apenas depender do tempo que a expedição demora a cumprir as suas tarefas, estando de acordo com a percentagem distribuída do tempo total necessário a ambos os departamentos de facturação e expedição, observável no gráfico 3.



**Gráfico 4 – Tempo de processamento de encomendas com sistemas de informação**

A diminuição das tarefas de expedição relacionadas com fluxo de informação para os restantes departamentos, torna o processo menos dependente desta fase, apenas tendo de processar informação a nível do sistema informático.

Estes novos valores permitem realçar a redução da percentagem de tempo utilizado pela facturação em relação ao tempo total utilizado pelos dois departamentos. O tempo utilizado nos processos de expedição mantém-se quase idêntico mas o que permite realmente comparar ambos os gráficos (gráfico 5) é a redução de tempo de processamento da encomenda, que por ter agora menos dependências entre cada processo, foi reduzido.



**Gráfico 5 – Diferenças entre tempo total de processamento de encomendas com e sem sistemas de informação**

## 6. Conclusões

### 6.1. Reflexão sobre o trabalho realizado

De acordo com os objectivos apresentados anteriormente e com os estudos realizados na literatura, quaisquer processos podem e devem ser revistos periodicamente para não serem provocadores de ineficiências e atrasos nos seus processos. Os níveis de serviço e redução de custos são imperativos para o contínuo aumento da competitividade empresarial. A utilização exaustiva de ferramentas informáticas que nos permitam acelerar e ajudar a diminuir custos relacionados com processos internos são importantes pois podem reduzir desperdícios e ineficácias entre departamentos, afectando vários factores que provocam em algumas situações custos acrescidos com *back-orders* ou mesmo a falha de serviço para com um cliente que, no extremo, pode mudar de fornecedor relativamente a certos produtos.

No tratamento de informação foi dispensado o seu processamento em cada estágio ao longo da cadeia interna de processos, sendo esta disponibilizada e diferenciada a partir da fonte primária de informação, o departamento de Planeamento & Vendas, que também, e com o intuito de ter uma plataforma *user-friendly*, apenas tem de preencher as mesmas informações relativas à encomenda para enviar, como tinha de preencher antes.

A utilização corrente de plataformas informáticas para recepção de encomendas é, segundo a literatura actual, a prática ideal para esses procedimentos. Mas enquanto é utilizada na ligação externa com o cliente, pouco acrescenta no seguimento interno dos procedimentos. O constante tratamento das informações é, todavia, necessário mas pode ser colmatado com a introdução de sistemas de informação relegando este tratamento ao longo de vários estágios para uma uniformização inicial apresentando todos os dados necessários para cada tarefa.

A diminuição do tempo de processamento de encomendas é atingida, mas continua a depender do fluxo de materiais da produção que, como foi estudado, é um grande entrave ao célere processamento das encomendas. O próprio sistema informático requer constantes actualizações, de modo a ser conseguido um controlo eficaz das movimentações físicas de

material entre departamentos, mas enquanto se actualizam as movimentações no sistema, também é preciso que o fluxo de materiais seja “actualizado” conjuntamente. A independência dos dois processos torna-se assim fundamental.

A padronização destes sistemas de informação torna a sua aplicabilidade noutros processos de outros clientes um aspecto a ponderar. De acordo com os resultados obtidos o melhoramento dos processos com outros clientes poderá ser implementado sendo baseado no mesmo principio de informação atempada.

## **6.2. Perspectivas futuras**

Uma aplicação para processos internos logísticos foi utilizada, sendo possível através de folhas de cálculo, como se pode examinar no anexo 1, melhorar a eficácia nessas operações. Operações que contribuíam para os *non-value-adding-time* são reduzidas e por isso, é possível pensar na aplicabilidade das heurísticas de embalagem e de empacotamento em contentores, não só para a minimização de custos e maximização de carga em transportes, mas também nestes processos internos de expedição e facturação.

Este trabalho permite focalizar projectos futuros de sistemas de informação internos para expedição, utilizando as tecnologias actuais de divulgação. O uso sistemático e fácil manuseamento permite uma rápida actualização das condições em que funciona e as informações necessárias a cada departamento. A utilização de embalagens retornáveis padrão do cliente permite também saber como o material vai embalado antes sequer de ser produzido, contribuindo para a rapidez de processamento. Como já foi dito anteriormente, cada referência é embalada numa embalagem designada pelo cliente, criando assim a obrigatoriedade e padronização das operações de embalagem que, antes de serem efectuadas fisicamente são tratadas informaticamente, permitindo que o processo seja antecipado na sua documentação, estando assim dependente em última estância do fluxo de materiais.

O uso intensivo e padronizado de embalagens retornáveis tem como objectivo contribuir para a redução de custos e aumento de produtividade no cliente, portanto o

fornecedor, ao ter de usar estas embalagens, deve desenvolver formas de também rentabilizar o seu uso. A questão é que um fornecedor tem de lidar com vários tipos diferentes de embalagens de vários clientes, enquanto cada cliente apenas lida com o seu tipo padronizado.

## 7. Referências Bibliográficas

Applegate, L.; McFarlan, F.; McKenney, J. (1997) “Corporate information systems management: Text and Cases – 4º Edition”. Irwin:McGraw-Hill.

Ballou, R. H. (2004). “Business logistics/Supply chain management – 5º Edition”. Bookman/Prentice Hall.

Bischoff, E. E.; Janetz, F.; Ratcliff, M.S.W. (1995). “Loading pallets with non-identical items”. European Journal of Operational Research, 84.

Bortfeldt, A; Gehring, H. (2001). “A hybrid genetic algorithm for the container loading problem”. European Journal of Operational Research, 131.

Carvalho, J.; Carvalho, V.; Ferreira, L.; Garcia, N.; Pedro, S.; Pereira, A. (2001). “Auditoria logística: Medir para gerir”. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.

Chen, C. S.; Lee, S. M.; Shen, Q. S.; (1995). “An analytical model for the container loading problem”. European Journal of Operational Research, 80.

Forza, C.; Salvador F. (2001). “Information flows for high-performance manufacturing”. International Journal of Production Economics, 70.

Lulay, W. E.; Reinhart, G. (1998). “Coordinating order processing in decentralized production units using hierarchical simulation models and web-technologies”. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.

Nobre de Carvalho, I. J. (2008). “Caracterização e formulação de problemas de empacotamentos tridimensionais”. Tese de Mestrado: Universidade de Aveiro, Aveiro.

Stalk, G.; Hout, T. (1990). “Competing against time”. Free Press: New York, NY.

Starbek, M.; Menart, D. (2000). “The optimization of material flow on production.” International Journal of Machine Tools & Manufacture, 40.

Strobel, M. (2002). “Flow cost accounting – System for reducing material costs.” 10<sup>th</sup> International conference of greening of industry network.

Terno, J.; Scheithauer, G.; Sommerweiß, U.; Riehme, J. (2000). "An efficient approach for the multi-pallet loading problem". *European Journal of Operational Research*, 123.

van Wezel, W.; Jorna, R. (2001). "Paradoxes in planning." *Engineering applications of artificial intelligence*, 14.

Vollman, T.; Berry, W.; Whybark, C. (1992). "Manufacturing, Planning and Control Systems". Irwin/McGraw-Hill: New York, NY.

Wedel, J.; Lumsden, K. (1995). "The influence of lead-time reductions on decisions and rules in the production planning process." *International Journal of Production Economics*, 41.

Willoughby, K. A. (2005). "Process improvement in project expediting: there must be a better way". *International Journal of Project Management*, 23.

Yaman, H.; Şen, A. (2008). "Manufacturer's mixed pallet design problem". *European Journal of Operational Research*, 186.



**Anexo 1 – Exemplo de folha de cálculo com informações necessárias à Expedição E1**

Pto. Desc.	Paletes Completas 120x100x100							
	Referência	QTD	Completas	Total CX	P. LIQ.	TARA	Peso total	
Pto de descarga X cliente A	A1	12						
	A2	270	3	45 CX	60 KG	95 KG	467 KG	
	A3	180	2	30 CX	60 KG	95 KG	311 KG	
Materiais Extra para MIX-LOAD								
Nº Cx Extra	P. LIQ.	TARA	Peso Total	Dimensões e Caixas				
2	8 KG	5 KG	13 KG	60x40x30 - CX Azul	Volume Individual	0	60x40x60	
				60x40x30 - CX Azul				0
				60x40x30 - CX Azul				0
					PesoLiq - 0 KG			
					TARA - 0 KG			
					Peso Total - 0 KG			