

Planeamento de um novo armazém numa empresa logística

José Nuno Almeida Monteiro

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2017-01-23

Resumo

Este relatório foi realizado no âmbito da dissertação em ambiente empresarial e tem como objetivo a descrição do trabalho desenvolvido durante a mudança do armazém de uma empresa logística. A empresa em questão, devido ao seu crescimento rápido, viu-se na obrigada a expandir a sua atividade logística para um armazém de maior dimensão e, ao mesmo tempo, colmatar algumas das falhas que tinha em alguns dos seus processos.

Parte dos problemas identificados estão relacionados com falhas de identificação de embalagens nas zonas de receção de mercadoria e de expedição, com a utilização de soluções de armazenamento não adequadas para alguns dos produtos, com a inexistência de uma classificação de produtos de acordo com o seu nível de rotatividade e de um *layout* para as zonas de *picking* não otimizado

A redefinição das zonas de receção de mercadoria e de expedição resultou do dimensionamento das mesmas, da melhoria do armazenamento de caixas nestas duas zonas (facilitando a identificação das mesmas) e na definição do *layout*. Para a zona de expedição foi também efetuada uma divisão do armazenamento de caixas por empresa transportadora.

A empresa compra e expede as suas próprias caixas. Isto implica que as medidas das caixas a encomendar, bem como as respetivas quantidades, devem ser bem definidas. Foi realizado um estudo que envolveu todos os envios num determinado período de tempo e, com base nessa análise, tirar conclusões sobre quais os tipos de caixas que seriam mais vantajosos de encomendar, bem como as respetivas quantidades necessárias (em função do aumento previsto das vendas).

Os produtos existentes no armazém pertencem a um conjunto de clientes da empresa e são de tamanhos e formas muito distintas. Isto implica uma classificação de produtos um pouco mais complexa do que uma análise ABC simples. Neste estudo foi utilizada uma análise ABC (COI) – *cube per order index* – e, além de se considerar os produtos de forma conjunta na mesma análise, teve-se também em conta uma análise do tipo ABC (COI) por cliente.

Para determinar qual o *layout* que seria mais adequado ao caso em questão (agrupamento por cliente – situação atual, ABC global ou ABC por cliente) procedeu-se a uma modelação do processo em *software* de simulação (*Anylogic*). Esta metodologia permitiu obter uma estimativa da distância percorrida pelos *pickers* para cada uma das estratégias de localização geográfica dos produtos no armazém referidas, podendo-se assim identificar qual a melhor solução.

O estudo realizado permitiu uma melhor armazenagem das caixas nas zonas de receção e de expedição e um dimensionamento adequado à área do novo armazém, o que deverá conduzir a uma redução do número de erros. Por outro lado, com a reformulação da encomenda de caixas de expedição conseguiu-se uma redução substancial no número de caixas utilizadas e, conseqüentemente, uma redução do valor da encomenda. A escolha de uma estratégia de localização geográfica otimizada (ABC global) permitiu uma redução de aproximadamente 16% na distância percorrida pelos trabalhadores em tarefas de *picking*.

Warehouse planning in a logistics company

Abstract

This study was conducted during a master's thesis in a logistics company and its main purpose was to plan the moving to a new warehouse. Due to its recent growth, the company's board decided to expand their logistics operations by moving to a larger warehouse and, at the same time, correct some of the flaws found in the old location.

Some of the problems that were identified are related to: flaws identifying the boxes on the reception and shipping docks; inadequate stock solutions to store some of the items; inexistence of a criteria regarding the lowest and highest rotation SKUs and a layout of the picking areas that was not optimized.

The redefinition of the reception and shipping docks consisted in their dimensioning according to the number of boxes that are received and shipped through a collection. It also included an upgrade in terms of the organization of boxes present in these areas (allowing an easier identification of their origin and destination) and a new layout (definition of the locations for each of these zones). For the shipping dock it was also implemented a division of the storage per shipping company.

The company in question buys and ships their own boxes. This triggered the need to define the dimensions of the boxes and the quantities needed for each season. A study was conducted involving all shipments made at a given period and, based on this analysis, a conclusion was reached regarding the number and type of boxes needed for the next collection (based on the sales projection for the following year).

All of the existing items in the warehouse belong to the company's clients and have different shapes and sizes. Therefore, a simple ABC analysis to classify the products was not indicated. In this study, the methodology used to do this categorization was the ABC COI (cube per order index), that allows to consider not only the volume of sales, but also the volume allocated to which SKU. It was also taken into consideration an analysis ABC COI per customer.

In order to determine which layout is the best for the case in question (current situation; ABC involving all products or ABC per customer), a simulation using process modeling was conducted (using *Anylogic* software). The distance travelled by the pickers in each layout configuration can then be computed.

This study allowed the company to obtain a better organization of cartons located in the shipping and receiving areas, as well as a proper dimensioning of these. This work should lead to a reduction in the number of mistakes, as well as to an increase of the productivity in the receiving and shipping processes. On the other hand, reformulation based on the revision of the used boxes allowed a substantial reduction in the number of boxes used and, consequently, a decrease in the value of the purchase order. Layout optimization of the storage areas permitted a reduction of approximately 16% in the total distance travelled by the workers allocated to picking tasks.

Agradecimentos

A toda a equipa da HUUB e, em especial, ao Eng. Pedro Santos e ao André Gomes pela disponibilidade total demonstrada no acompanhamento da dissertação;

Ao meu orientador prof. Manuel Pina Marques e aos professores Pedro Amorim e Mário Lopes pelos esclarecimentos de dúvidas e apoio durante o projeto;

Aos meus pais e à Joana pela presença e interesse demonstrado;

À HUUB pela bolsa de apoio à dissertação.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	A mudança de armazém na HUUB.....	1
1.3	Objetivos do projeto.....	2
1.4	Método seguido no projeto	2
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento teórico no planeamento de armazéns logísticos	4
3	Descrição do problema e definição de objetivos	8
4	Apresentação da solução proposta.....	10
4.1	Definição do <i>layout</i> das zonas de receção e expedição	10
4.1.1	Zona de receção	10
4.1.2	Zona de expedição	11
4.2	Formas alternativas para armazenamento	19
4.3	Definição dos tipos e das quantidades de caixas a encomendar	22
4.4	Classificação de produtos ABC (COI).....	26
4.5	Definição das localizações geográficas dos produtos no armazém	30
4.6	Análise financeira de algumas soluções implementadas	40
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	41
	Referências	44

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama de <i>Gantt</i> representativo das tarefas desempenhadas ao longo das 17 semanas (“S”) de dissertação na HUUB, desde o dia 19 de setembro de 2016 até 13 de janeiro de 2017	3
Figura 2 - Planta da zona de receção de mercadoria. 1 – Entrada e saída do armazém	11
Figura 3 - Gráfico com a representação do peso de cada classe no total dos envios efetuados	15
Figura 4 - Número de envios diários efetuados ao longo da última coleção.....	17
Figura 5 - Medidas da caixa expositora antiga (em cima) e da caixa expositora nova (em baixo)	19
Figura 6 - Comparação entre uma estante usando as caixas expositoras antigas (à esquerda) e uma estante semelhante com as caixas de exposição novas (à direita)	20
Figura 7 - Gráfico relativo à análise ABC (COI) para todos os produtos incluídos na última coleção.....	27
Figura 8 - Localizações geográficas das zonas A, B e C na zona de armazenagem	28
Figura 9 – Análise ABC (COI) de produtos por cliente.....	29
Figura 10 – Representação da situação atual (agrupamento dos produtos por cliente).....	31
Figura 11 - Representação da alternativa ABC (COI) por cliente.....	31
Figura 12 - Representação da alternativa ABC (COI) global.....	32
Figura 13 - Diagrama de blocos relativo ao caso 1 (agrupamento por cliente).....	36
Figura 14 - Diagrama de blocos relativo ao caso 2 (análise ABC global)	37
Figura 15 - Diagrama de blocos relativo ao caso 3 (análise ABC por cliente).	37
Figura 16 - Distribuição do número de produtos incluído em cada tarefa de <i>picking</i> e respetiva frequência absoluta.....	38
Figura 17 - <i>Layout</i> global do armazém que minimiza a distância percorrida pelos <i>pickers</i>	42

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classes de países criadas a partir da análise das cotações das empresas transportadoras.....	13
Tabela 2 – Países de destino para os envios da última coleção e respectivo número de envios	14
Tabela 3 – Número de caixas que seriam enviadas para cada um dos países de destino na última coleção, caso estivessem em vigor as cotações atuais (número de caixas por transportadora)	16
Tabela 4 – Número de envios efetuados na última coleção agrupados por tipo de caixa	18
Tabela 5 – Número de unidades incluídas em estantes com caixas novas e antigas.....	21
Tabela 6 – Tipos de caixas utilizadas nos envios relativos à última coleção e respectiva quantidade.....	23
Tabela 7 – Dimensões dos produtos de maior volumetria expedidos pela HUUB	24
Tabela 8 – Tipos de caixas mais utilizados com a inclusão da caixa 1000x600x600mm.....	25
Tabela 9 – Número de caixas que seriam utilizadas na última coleção, caso se incluíssem na análise os volumes 1000x600x600 e 600x400x600	26
Tabela 10 – Presença relativa de cada cliente nas zonas A, B e C	29
Tabela 11 – Distâncias percorridas por trabalhadores numa determinada tarefa de <i>picking</i> , tempo necessário para percorrer essa distância e cálculo da velocidade média para cada percurso	33
Tabela 12 – Tempos de <i>picking</i> medidos	34
Tabela 13 – Probabilidades de uma tarefa de <i>picking</i> pertencer a um cliente (com base nas quantidades vendidas).....	35
Tabela 14 – Probabilidade de um produto existente numa tarefa de <i>picking</i> estar incluído nas zonas A, B e C	35
Tabela 15 – Probabilidade conjunta de um item (numa tarefa de <i>picking</i>) pertencer a um determinado cliente e, em simultâneo a uma classificação (A, B ou C)	36
Tabela 16 – Resultados obtidos após simulação dos 3 diferentes <i>layouts</i>	39
Tabela 17 – Análise financeira ao caso das estantes e caixas de <i>stock</i>	40
Tabela 18 – Análise financeira ao caso das caixas de expedição.....	40

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Este projeto de dissertação consistiu na definição do *layout* de um novo armazém da HUUB. Esta empresa é uma *startup* que tem como função principal o armazenamento e distribuição dos produtos dos seus clientes. Mais do que o foco nas atividades desempenhadas no armazém, a HUUB atua em toda a cadeia de abastecimento, fornecendo apoio à gestão das marcas dos seus clientes. A empresa possui um armazém logístico onde recebe, organiza, armazena e expede os artigos que chegam dos fornecedores. Apesar de a maioria dos itens que passam pelo armazém serem de natureza têxtil, esta empresa tem vindo a diversificar a sua gama de clientes. Os envios efetuados podem ser para abastecimento de lojas (*Bulk Shipments*) ou diretamente para o consumidor final (*e-commerce*).

A mudança de armazém é vital para a empresa uma vez que, dado o seu acelerado crescimento, o armazém atual já não dispõe de espaço livre que permita a angariação de novos clientes. A mudança para um armazém de maior dimensão em vez da aquisição de outro armazém está relacionada com a obtenção de economias de escala. Existem estudos que provam que o desenho do *layout* de um armazém pode trazer uma redução de aproximadamente 60% do total da distância percorrida pelos trabalhadores, o que traz um grande impacto nos custos da operação (F., G. et al. 1998).

Esta dissertação foi desenvolvida no departamento de logística e operações da HUUB.

1.2 A mudança de armazém na HUUB

O armazém logístico está no centro de toda a atividade realizada pela empresa. É com base nas operações aqui realizadas que são definidos todos os KPIs (*Key Performance Indicators*) e a satisfação dos clientes. Apesar dos prazos de entrega estarem relacionados com o desempenho das transportadoras, é essencial que no armazém se consiga efetuar um processamento dos produtos no menor tempo possível.

De entre as diferentes operações que decorrem no armazém destacam-se três tipos:

1. Receção – Os produtos chegam dos fornecedores em caixas que são colocadas numa zona de descarga provisória;
2. *Split/Stockagem* – Depois de recebidos, os produtos podem seguir por dois caminhos diferentes: *split* (são colocados em caixas de expedição referentes a encomendas já existentes) e armazenamento (são colocados em posições de *stock* para poder ser efetuado o *picking* de encomendas futuras);
3. Expedição – As caixas de expedição são embaladas, identificadas e colocadas na zona de recolha das transportadoras.

Além da escassez de espaço livre, faltam também no armazém um planeamento bem definido das várias zonas onde se desenrola a atividade logística, soluções de armazenamento diversificadas para os vários tipos de produtos e operações normalizadas. Numa empresa que tem como objetivo aumentar o mais possível o número de clientes, a maior dificuldade logística está na grande diversidade de produtos, não só em termos de dimensão mas também no caso de estes precisarem de algum tipo de armazenamento especial.

O departamento de logística e operações tem a consciência disto mesmo e desenvolveu todos os esforços para que, em primeiro lugar, não existam problemas de espaço e, em segundo, não se repitam no novo armazém os mesmos problemas verificados no armazém anterior.

1.3 Objetivos do projeto

Com este projeto era pretendido, numa fase inicial, identificar todas as dificuldades existentes nos processos de receção, armazenagem, *picking* e expedição. Era necessário garantir condições de espaço para todas as operações existentes no armazém, bem como soluções de armazenamento adequadas para os vários produtos existentes na HUUB. Outro objetivo era encontrar uma forma de identificar as tipologias e quantidades de caixas de expedição a encomendar para a próxima coleção.

Em relação ao processo de *picking*, a seleção de um critério para definição das localizações geográficas e a sua aplicação ao armazém tinha como objetivo a minimização da distância percorrida pelos *pickers*.

1.4 Método seguido no projeto

Numa fase inicial, o objetivo era perceber o funcionamento global da empresa, desde a angariação de um novo cliente até à expedição de uma caixa para qualquer ponto do mundo. Esta etapa consistiu em reuniões com funcionários de todos os departamentos existentes na empresa com explicações sucintas do papel de cada um.

De seguida, o trabalho foi centrado na parte do armazém e foi efetuado o acompanhamento de todas as tarefas aí realizadas. Este processo teve como objetivo a identificação de dificuldades existentes e a procura de soluções para cada caso que não estivesse de acordo com o que era expectável.

Depois foi feita uma análise das necessidades de espaço para cada uma das operações e a seleção das tipologias das caixas a utilizar. Esta foi definida com base em dados históricos disponibilizados pela empresa, e teve em conta a capacidade máxima do novo armazém.

Por último, foram definidas várias estratégias alternativas para a localização geográfica dos produtos que poderiam resultar no novo armazém e, através de um *software* de simulação, foi definido aquele que minimizaria a distância percorrida e, conseqüentemente, o tempo despendido nas operações de *picking*.

O diagrama de Gantt representado na figura 1 permite uma identificação das etapas referidas e o período de tempo dispensado em cada uma destas. As 17 semanas de estadia na empresa estão representadas pela letra “S” (e.g. a primeira semana corresponde a S1).

Tarefa	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
Ambientação à empresa e conhecimento de todos os processos	■																
Identificação de problemas nos processos de receção, <i>picking</i> e expedição		■															
Pesquisa de soluções para a resolução dos problemas encontrados			■	■													
Planeamento do layout da zona de receção de mercadoria					■												
Planeamento do layout da zona de expedição						■											
Estudo relativo aos tipos e quantidades de caixas a encomendar							■	■									
Classificação de produtos ABC (COI)									■	■	■	■					
Definição de <i>layouts</i> alternativos para localizações de armazenamento												■					
Modelação do processo usando software de simulação													■	■	■	■	■

Figura 1 - Diagrama de *Gantt* representativo das tarefas desempenhadas ao longo das 17 semanas (“S”) de dissertação na HUUB, desde o dia 19 de setembro de 2016 até 13 de janeiro de 2017

1.5 Estrutura da dissertação

Na secção 2 é relatada a revisão bibliográfica que foi realizada, relevante para o problema em estudo. Esta inclui uma análise às várias formas existentes de *picking* e metodologias distintas para a classificação de produtos. É feita uma comparação entre as várias alternativas e selecionadas as que mais se adequam à empresa em questão.

Na secção 3 são descritos todos os problemas encontrados durante a realização desta dissertação, bem como os objetivos definidos para colmatar esses defeitos.

Nas secções 4.1 a 4.4 são apresentadas soluções para alguns dos problemas encontrados no armazém. As soluções encontradas surgiram na sequência de algumas visitas a armazéns tecnologicamente avançados e de grande dimensão, de pesquisa bibliográfica e de reuniões com alguns dos elementos da empresa ligados à parte de logística e operações. Nestas secções são abordados temas como: definição das zonas de receção e expedição; seleção das tipologias e das quantidades de caixas de expedição a encomendar; classificação de produtos segundo o seu nível de rotatividade; soluções de armazenamento para os vários tipos de produtos e definição da estratégia de localização geográfica para os mesmos.

2 Enquadramento teórico no planeamento de armazéns logísticos

A bibliografia encontrada não é muito direcionada para o *layout* do armazém propriamente dito, mas sim para os processos que neste existem. Considerações sobre o *layout* do armazém de uma forma mais geral, estão mais direcionadas para armazéns automatizados (AS/RS). Assim, para consulta de soluções existentes relativas a formas de armazenamento, disposição das estantes ao longo do armazém e automação de alguns processos, foram efetuadas algumas visitas a armazéns de empresas de referência. Algumas delas, porém, disponibilizam uma grande quantidade de informação *online* (através de vídeos e *websites* dinâmicos), o que permitiu facilitar este processo de recolha de informação.

O problema de definição do *layout* de um armazém é normalmente dividido em duas partes: a primeira consiste na escolha do local onde vão estar situados os vários departamentos (receção, armazenamento e expedição) e a segunda que está relacionada com o número e dimensões de cada bloco (conjunto de estantes) numa área de *picking*. Ao nível tático e operacional, é necessário tomar decisões relativas: ao desenho do *layout*, às políticas de *picking*; às políticas de definição de localizações de armazenamento e à forma de roteamento (Chan and Chan 2011).

Este estudo é mais focado nos processos existentes no armazém e, em especial no processo de *picking*. O *picking* consiste na extração de produtos de *stock* (definidos na encomenda) e na movimentação dos mesmos para a zona de embalagem, em boas condições e no mínimo tempo possível (Rushton, Croucher et al. 2014). A justificação para o foco estar neste processo é porque é aqui que normalmente existem grandes oportunidades de melhoria da eficiência e onde se define o nível de serviço. O nível de serviço é composto por vários fatores como: média e variância dos tempos das tarefas, integridade das encomendas e eficiência. Por vezes, uma alteração das localizações geográficas dos produtos pode resultar numa redução significativa da distância percorrida pelos colaboradores e, conseqüentemente, do tempo de resposta aquando da chegada de uma encomenda. O *picking* tem sido identificado como o processo mais intensivo em termos laborais para grande parte dos armazéns, tendo os custos inerentes a este processo uma representação significativa no total das despesas (cerca de 55% do total dos encargos relativos ao armazém) (De Koster, Le-Duc et al. 2007).

Existem diferentes estratégias de *picking* que podem ser implementadas num armazém logístico, nomeadamente: *pick-to-order*; *batch picking*; *pick-by-line*; *zone picking* e *wave picking* (Gu, Goetschalckx et al. 2007). O conceito de *pick-by-line* não é aplicável ao estudo em questão, uma vez que as encomendas de um determinado cliente podem ser bastante desfasadas no tempo, existindo incerteza nos momentos de *picking* de um determinado produto. O processo de *pick-to-order* consiste num trabalhador, ao qual é atribuído uma encomenda, fazer todo o percurso relativo a essa encomenda e, depois de finalizada, entregar os produtos na zona de embalagem/expedição. Esta forma tem um problema que é fácil de identificar, sobretudo em encomendas de *e-commerce*. Este tipo de encomendas consiste geralmente num número muito reduzido de produtos (não raramente apenas uma unidade), o que faz com que o *picker* tenha de percorrer, por vezes, uma grande distância para voltar com apenas um produto.

Existem casos para os quais faz sentido ter mais do que uma forma de *picking*. Para encomendas de *e-commerce* pode fazer sentido uma zona de *picking* rápido (próximo da zona de expedição) e uma estratégia de *pick-to-order* e para encomendas de grande dimensão uma zona e política diferentes. Esta “divisão” do armazém em duas zonas consiste no *zone picking*. O *batch picking* pode complementar o processo de *pick-to-order* na medida em que este permite o agrupamento de várias encomendas num trajeto de *picking*. Assim, se existir uma encomenda de pequena dimensão mas que se encontra distante da zona de expedição, é possível agrupá-la com outras, para que o número de peças a transportar justifique a grande distância percorrida. Existem duas formas fundamentais de *batch picking*: *proximity batching* – que agrupa várias encomendas baseando-se na proximidade das localizações das várias tarefas; *time window*

batching – que agrupa várias encomendas que tenham chegado no mesmo intervalo de tempo (fixo ou variável).

Resumindo, embora a metodologia de *picking* utilizada atualmente (*pick-to-order*) seja uma alternativa viável para encomendas de grande dimensão (*bulk shipments*), esta pode ser melhorada para o ramo de *e-commerce* através do processo de *batch picking* (agrupando várias encomendas deste tipo numa rota). Isto deverá permitir uma redução substancial da distância percorrida pelos trabalhadores.

Uma outra área relevante para este projeto é o *layout* da zona de *picking*. Um redesenho das localizações de armazenamento reduz a distância percorrida pelos trabalhadores, os custos totais e aumenta a eficiência dos processos que envolvem o inventário (Jemelka, Chramcov et al. 2016). As partições transversais de blocos de estantes (*cross aisles*) são soluções que permitem obter uma redução da distância média percorrida pelos *pickers*, e devem ser consideradas no desenho do armazém (Roodbergen and de Koster 2001). Além da disposição das estantes, são também importantes as localizações geográficas dos produtos. É conveniente que os produtos com maior rotação (que aparecem mais frequentemente em ordens de *picking*) estejam mais próximos da zona de embalagem/expedição e que os com baixa rotação (*slow movers*) ocupem as posições mais difíceis de alcançar (ou porque estão distantes da zona de expedição ou porque estão num local que exige a utilização de um escadote, por exemplo). Existem várias formas de definir as localizações onde serão colocados os produtos que chegam do fornecedor: aleatória; colocação na posição livre mais próxima; análise *Pareto* simples (classificação ABC) e COI (*cube per order index*).

A definição aleatória de localizações, implica que um determinado produto que chega ao armazém seja colocado numa posição arbitrária (todas as posições livres têm a mesma probabilidade). Quando se tem um *picker* que determina a posição onde irá colocar os produtos em armazenamento, obtém-se um sistema de colocação na posição livre mais próxima. Esta opção pode conduzir a um armazém que está sobrelotado nas posições mais próximas da zona de expedição e vazio nas mais distantes (caso exista capacidade de armazenamento excessiva). A outra opção é colocar as peças numa localização fixa, que foi previamente definida (armazenamento dedicado). Esta alternativa garante que todos os produtos recebidos são colocados em posições que, mais tarde, permitirão a minimização da distância de *picking*. Os itens são normalmente divididos em classes (A, B e C).

Definir as localizações geográficas dos produtos de forma aleatória, traz grande vantagem na receção dos mesmos para *stock*. Isto é justificado porque, ao receber os itens para colocação no armazém, não há preocupação com o local para onde essa peça vai, podendo-se fazer a receção de produtos para posições consecutivas. No entanto, o grande inconveniente deste método é na tarefa de *picking*, uma vez que é possível ter um produto de muito alta rotação que foi colocado no extremo oposto à zona de expedição, aumentando significativamente a distância percorrida pelos trabalhadores.

O agrupamento dos produtos em classes tem como principal inconveniente, a reserva de posições de armazenamento para produtos que não estão, num dado momento, em *stock*. A análise *Pareto* consiste numa curva acumulativa e que divide os produtos em três categorias (A, B e C). Os produtos classificados pela letra A apresentam alta rotação, os classificados como B são produtos com rotação média e os produtos C tratam-se dos itens com menor rotação (Jemelka, Chramcov et al. 2016). A limitação desta análise é verificada quando se tem produtos de tamanhos significativamente diferentes. Isto é, não faz sentido dar a mesma prioridade para uma localização “A” a um produto que ocupa um volume 10 vezes superior a um outro. No problema em questão nesta dissertação, existe essa disparidade de volume entre alguns dos produtos e, assim, faz sentido encontrar uma alternativa à metodologia *Pareto*.

A solução encontrada para contornar este problema é adotar uma classificação COI. Aqui, além da rotação do produto, é também considerado o volume que este ocupa na posição de *stock*

em que se encontra. O COI de um determinado produto é definido como o rácio entre o número de peças para satisfazer a procura num dado período pelo volume requerido para armazenar esse item, isto é:

$$COI = \frac{n^{\circ} \text{ de unidades incluídas em tarefas de picking}}{\text{volume alocado}}$$

Após a determinação do COI para cada um dos produtos presentes na análise, estes devem ser ordenados por ordem decrescente e, de seguida, deve-se atribuir a classificação ABC a cada um deles. A classificação é definida com base na percentagem de referências existentes de uma dada classe. Por exemplo, os produtos “A” correspondem aos primeiros 20% das referências. Para o estudo efetuado nesta empresa foi adotada a seguinte classificação:

- Produtos A – correspondem a 20% do número total de referências;
- Produtos B – estão entre os 20% e os 50% do número total de referências;
- Produtos C – correspondem aos últimos 50% do número total de referências.

Um dos problemas relativos à definição de classes (independentemente do critério utilizado) é que uma mudança (tal como a inclusão de um novo cliente) exige uma alteração das posições de armazenamento ao longo de praticamente toda a superfície do armazém. A solução para este problema é fazer alterações a este nível apenas quando se dá o término de cada coleção. Outra limitação existente na análise COI referida anteriormente é que, por vezes, uma deslocação a uma determinada posição implica o *pick* de mais do que uma unidade de um determinado produto. Isto significa que o cálculo do COI atrás apresentado não está a contabilizar corretamente a distância realmente percorrida pelos trabalhadores. Em vez de considerar o número de peças vendido, faz então sentido pensar no número de vezes que uma localização foi visitada (independentemente da quantidade incluída nessa visita). Assim, o novo COI foi definido como sendo:

$$COI = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas de picking em que a peça estava incluída}}{\text{volume alocado}}$$

As rotas de *picking* são também um fator importante a ter em conta aquando do planeamento do *layout* de um armazém logístico. O objetivo é criar a sequência dos produtos a recolher numa tarefa de *picking* a fim de minimizar a distância percorrida. A resolução de um problema deste tipo é feita normalmente recorrendo a um algoritmo ou heurísticas. As rotas são definidas automaticamente pelo sistema e dão ao picker a informação relativa à posição seguinte à qual este se deve dirigir. Existem algumas alternativas para as rotas de *picking* (De Koster, Le-Duc et al. 2007):

- Percorrer toda a superfície de picking num padrão tipo “S”, isto é, percorrer todas as posições de um lado do corredor até ao fim e, de seguida, passar ao outro lado do mesmo;
- Abordar todos os corredores a partir da mesma extremidade e terminar todas as tarefas de *picking* no mesmo extremo (*Return method*);
- O método do ponto médio – divide cada bloco em duas áreas distintas em que a metade inferior só pode ser acedida pelo corredor situado abaixo da mesma e produtos colocados na metade superior são acessíveis a partir do corredor no topo do bloco;
- Combinar duas das alternativas já referidas.

Uma rota é ótima quando conduz a uma distância mínima percorrida pelos trabalhadores. No entanto, esta pode implicar, por vezes, rotas muito complexas e confusas, pelo que as heurísticas são normalmente a forma utilizada para definir o roteamento dentro do armazém.

Estas heurísticas permitem, não raramente, uma solução que se aproxima muito da rota ótima, sendo bastante mais simples de implementar e de utilizar (Petersen and Aase 2004). Isto é, a solução resultante da aplicação da heurística pode não ser a solução ótima mas está bastante próxima desta, não exigindo um grande esforço computacional para a definir.

3 Descrição do problema e definição de objetivos

Os procedimentos realizados neste armazém logístico podem ser divididos em três grupos fundamentais: receção de mercadoria e armazenagem de produtos; *picking* de encomendas de clientes e a sua expedição. Na identificação de problemas é importante analisar os processos desempenhados no armazém em conjunto, uma vez que todas as tarefas aqui efetuadas estão interligadas. Por exemplo, a forma como se recebe os produtos para *stock* vai definir a posição onde estes se encontrarão e, conseqüentemente, influenciar a distância percorrida nas tarefas de *picking*.

O maior problema na zona de receção de mercadoria, está relacionado com a falta de informação para uma correta identificação dos produtos. Isso pode ficar-se a dever quer ao facto das caixas recebidas serem empilhadas e colocadas juntas, não permitindo assim visualizar todas as caixas que se encontram nesta zona, quer porque a identificação proveniente do fornecedor não é suficiente para uma receção correta dos produtos. A zona definida para a receção de mercadoria é também pequena para o volume de negócios que a empresa apresenta. Por último, é importante referir que cada fornecedor possui a sua forma de identificar as caixas que envia para a HUUB, o que traz maior complexidade ao processo de identificação dos produtos.

Logo, os objetivos principais definidos para esta zona são que esta ocupe o menor espaço possível, de forma a maximizar o espaço livre para armazenagem mas sem comprometer a fácil identificação de cada uma das caixas. Essencialmente, pretende-se garantir que esta zona possua condições de espaço, informação e organização que possibilitem um processo de receção de mercadoria eficiente.

Na HUUB o processo de receção e armazenagem é o processo mais crítico. São estes processos que tornam mais evidente a falta de espaço, e que têm associados outros tipos de problemas que terão de ser corrigidos no novo armazém. De entre esses problemas podem ser referidos os seguintes: caixas de armazenamento que não proporcionam o acondicionamento correto de alguns produtos; dificuldade na identificação de localizações e disparidades no número de posições de *stock* entre estantes. No que toca ao espaço disponível, é de salientar que os corredores atuais não têm a largura necessária para permitir o cruzamento de dois trabalhadores com os respetivos carros de transporte e que estes carros não possuem a capacidade que seria expectável para estas operações. No processo de armazenagem há que referir que as posições de *stock* são pequenas e frágeis (caixas de cartão) para alguns dos produtos aqui armazenados. Além disso, estas caixas encontram-se empilhadas, comprometendo assim a sua estrutura quando nestas se encontram produtos mais pesados.

Ainda no processo de armazenagem é importante mencionar que não existe uma posição predefinida para o armazenamento de um tipo de produto, o que resulta num processo de *picking* não otimizado (já que existe a possibilidade de ter produtos de elevada rotação em localizações distantes da zona de expedição). A ergonomia é também um ponto de análise relevante nestas tarefas e aqui foram identificados como críticos os seguintes pontos: dificuldade em colocar produtos de maior volume nas caixas de *stock* atuais; as ferramentas de trabalho encontram-se longe dos operadores; utilização recorrente de escadas para as posições mais elevadas e dificuldade na visualização de informação relevante em *tablet/PC*.

No processo de receção e armazenagem o principal objetivo prende-se com a redução do tempo das operações. Os carros de transporte de mercadoria dentro do armazém devem ter maior capacidade de carga e os corredores devem ter uma largura que permita o cruzamento de dois carros deste tipo. Cada trabalhador deve ter o seu *kit* de ferramentas, bem como uma forma para as armazenar.

O processo de *picking* é utilizado para *e-commerce* e encomendas que não estavam definidas antes da receção da mercadoria dos fornecedores. O problema com maior relevância

neste processo está relacionado com a distribuição aleatória dos produtos que, como já foi referido, faz com que os *pickers* tenham de percorrer distâncias exageradas. Além disso, as caixas de *stock* não são passíveis de serem retiradas da estante e, conseqüentemente, não se consegue ter uma visão geral de todos os produtos que se encontram numa localização. Por último, o carro de picking não permite que se façam múltiplas encomendas numa rota (esta é também uma limitação do sistema operativo desenvolvido pela HUUB).

O objetivo principal aqui é garantir que o *layout* do armazém seja definido para minimizar a distância percorrida nas tarefas de *picking* e que o processo de extração dos produtos das caixas de *stock* seja efetuado de uma forma mais eficiente. Para tal, é necessário encontrar uma solução de armazenamento diferente da atual e que garanta, para além de tudo o que já foi referido, uma maior flexibilidade, caso haja necessidade de alteração da localização de um produto.

Por último, é importante analisar o processo de expedição de mercadoria. Este é composto basicamente por um *picking* de conferência (verificar se a encomenda está completa e se tem os produtos certos), colocação de documentação, embalagem, medição e pesagem da caixa a expedir. Aqui, é evidente o desperdício deste último *picking*, uma vez que se está a repetir um processo que já foi efetuado. Outro problema tem a ver com o facto das bancas de trabalho serem pequenas e não possuírem todo o material necessário para impressão de documentação. A zona onde são colocadas as caixas de expedição têm os mesmos problemas que foram enunciados para a zona de receção de mercadoria.

Com vista a melhorar a eficiência deste processo, era importante eliminar algumas das etapas aqui referidas e substituí-las por automatismos que reduziriam tempo e recursos humanos dispensados nestas atividades. Este projeto não incluiu esse trabalho de automação mas ficou bem definido que será um dos próximos passos para o desenvolvimento desta empresa. A zona de colocação das caixas de expedição teve um tratamento semelhante ao referido na zona de receção.

4 Apresentação da solução proposta

4.1 Definição do *layout* das zonas de receção e expedição

4.1.1 Zona de receção

A zona de receção é o local do armazém onde são colocadas as caixas que chegam do fornecedor. Este local deve permitir uma arrumação eficiente das caixas e dispor de espaço suficiente para que, até nas alturas de maior afluência, se consigam identificar todas as caixas que se encontram neste local.

Um dos requisitos (e o principal) para atingir estes objetivos é que todas as caixas que se encontram neste local fiquem, pelo menos, com uma face à vista onde seria colocada a identificação da mesma. Assim é possível encontrar de uma forma rápida uma caixa e saber a que fornecedor e a que ordem de encomenda esta pertence. Sabe-se que a grande maioria das caixas que chegam por parte dos fornecedores têm as seguintes dimensões: 600x400x400mm (sendo a primeira o comprimento, seguida da largura e, por último, a altura exterior da caixa). As quantidades a receber ao longo da próxima coleção são também conhecidas.

Estas encomendas dos clientes não eram suficientes para preencher todo o espaço do armazém numa fase inicial e, assim, foi necessário extrapolar este valor e garantir que, mesmo quando o armazém atingisse a sua capacidade máxima, esta zona terá espaço para o armazenamento temporário das caixas.

A integridade e a forma de embalagem das caixas que chegam do fornecedor permitem que estas sejam empilhadas até uma altura alcançável pelo operador sem quaisquer problemas de estabilidade. O investimento em estantes para esta zona do armazém é, desta forma, dispensável. Uma solução que alia a uma elevada flexibilidade um custo reduzido é o armazenamento em palete. Tendo como referência uma euro-paleta (1200x800mm), foi determinado qual o número máximo de caixas 600x400x400mm que podiam ser armazenadas nesta (e alcançáveis por um operador), determinando-se quantas paletes seriam necessárias e qual o espaço que iriam ocupar no armazém.

Através de uma razão de proporcionalidade entre o espaço disponível de armazenamento e o número de caixas que chega do fornecedor foi calculado o espaço necessário para colocação de paletes no novo armazém. Tendo em conta que na localização atual o número máximo de caixas recebido no espaço de dois dias (tempo de processamento aproximado) foi de 100 caixas, é possível concluir que na nova localização esse número poderá atingir as 400 caixas (cerca de quatro vezes superior). A este valor foi depois acrescentado um coeficiente de segurança de 1.2, obtendo-se desta forma uma capacidade total de 480 caixas na doca de receção.

As euro-paletes foram dimensionadas de forma a obter um encaixe sem folgas de caixas de tamanhos normalizados, ou seja, colocando 4 caixas 600x400x400mm ocupa-se toda a área superficial de uma euro-paleta. Além disso, sabe-se que uma paleta deste tipo suporta até 6 caixas em altura, o que perfaz um total de 24 caixas por euro-paleta. Fazendo o quociente entre a capacidade total necessária e o número de caixas por paleta:

$$\frac{480 \text{ caixas}}{24 \text{ caixas/paleta}} = 20 \text{ paletes}$$

Em relação à zona de receção é importante perceber que esta deve estar localizada próxima da zona de entrada de mercadoria e que deve ocupar o menor espaço possível, permitindo uma maximização da área para localizações de *stock*. Por outro lado, as paletes não podem estar todas encostadas, uma vez que este pressuposto violava um dos requisitos do problema (iriam

existir caixas no centro do aglomerado de paletes sem faces visíveis). Isto permitiu concluir que seria necessária a existência de pequenos corredores entre cada linha de paletes (ver figura 2).

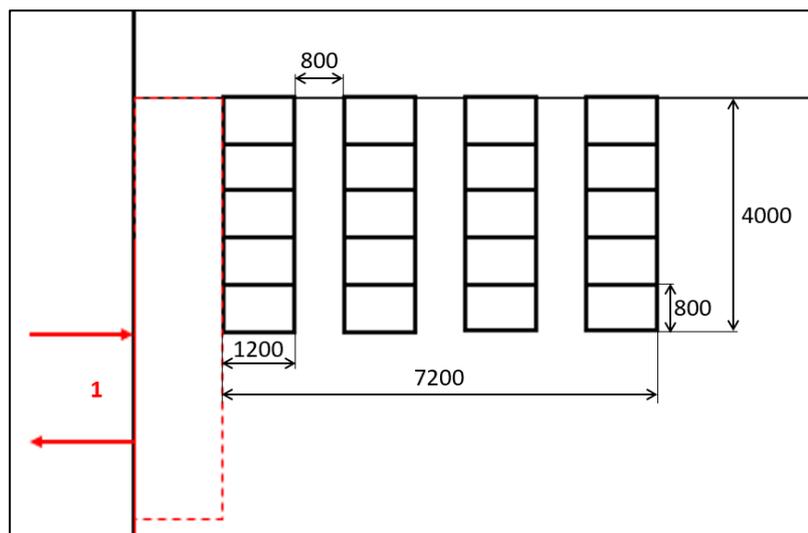


Figura 2 - Planta da zona de receção de mercadoria. 1 – Entrada e saída do armazém

Para dimensionar estes corredores foi efetuada uma experiência em armazém, de forma a perceber qual a largura mínima que garante a movimentação do trabalhador permitindo-lhe assim verificar a que fornecedor pertence uma determinada caixa. O operador tem também de ser capaz de a remover dessa posição sem ter de recorrer a movimentação de outros elementos.

A experiência consistiu na colocação de duas linhas de paletes com caixas recebidas do fornecedor separadas por um corredor de 500mm. De seguida foi pedido aos trabalhadores do armazém que, um a um, se deslocassem até à última caixa da linha, retirassem a mesma e a trouxessem até uma zona pré-definida. No final, foi pedido a estes que enunciasses quaisquer dificuldades que tenham verificado no processo e, caso existissem, era efetuado um incremento de 100mm no corredor. O processo foi repetido até que nenhum dos trabalhadores enunciasses qualquer entrave à realização da atividade proposta. Após a última ronda de deslocações concluiu-se que a largura mínima que garante a ergonomia recomendada para o processo é de 800mm.

Por último foi definida a localização para a zona de receção no novo armazém e desenhada a planta com todas as medidas necessárias para as marcações no solo. O resultado final pode ser visto na planta do armazém apresentada na figura 2.

4.1.2 Zona de expedição

A zona de expedição é a área onde são colocadas as caixas que se encontram prontas a serem recolhidas pela empresa transportadora. As exigências em termos de arrumação são semelhantes às referidas para a zona de receção, uma vez que um erro cometido (e.g. entregar a uma determinada transportadora um volume que deveria ser entregue a outra) acarreta custos elevados. O espaço definido para este local foi calculado tendo em conta o número de envios efetuados pela empresa, a transportadora utilizada na realização de um determinado envio e o tipo de embalagem onde os produtos serão expedidos.

Numa primeira fase, foram analisados todos os envios efetuados ao longo da última coleção em termos de volume enviado, país de destino, peso e empresa transportadora utilizada. As cotações destas empresas especializadas em transportes variam de ano para ano, o que implica que a solução utilizada deverá ter também alguma flexibilidade. Na altura da realização deste

estudo, essas cotações tinham acabado de sofrer alterações e, assim, os dados históricos de que se dispunha apenas poderiam ser utilizados para descobrir um padrão de envios ao longo de uma coleção. Dito de outra forma, o objetivo inicial deste subcapítulo é o de identificar, caso existissem as cotações atuais e com base na última coleção, qual seria:

- a distribuição do número de envios e dos volumes enviados ao longo de uma coleção;
- a distribuição do número de envios por empresa transportadora;
- a melhor forma de acondicionar esses volumes na zona de expedição;
- o espaço necessário para acomodar os envios de um dia (tendo em conta que existem recolhas diárias).

Com base nos resultados obtidos e tendo em conta a duplicação prevista de vendas para a próxima coleção, será simples calcular as necessidades de espaço a alocar a cada transportadora. Assim, o objetivo final deste subcapítulo é obter um desenho do *layout* da zona de expedição (tal como o representado para a zona de receção) e a área correspondente.

Na primeira fase procurou-se compreender como é que variam as cotações de uma determinada transportadora. O preço a pagar pelo transporte é normalmente definido pelo chamado “peso volumétrico” e pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Peso volumétrico (PV)} = \frac{\text{Comprimento} \cdot \text{Largura} \cdot \text{Altura}}{5000}$$

sendo as dimensões da caixa a enviar em centímetros.

Ou seja, para um determinado peso volumétrico (PV) e para um destino à escolha, é possível escolher uma empresa transportadora em detrimento de uma outra com base nas suas cotações. Sabe-se que para a próxima coleção a HUUB vai trabalhar com 5 empresas transportadoras diferentes (A, B, C, D e E) e pretende-se agora saber, com base nas cotações das mesmas, como teriam sido distribuídos os envios da última coleção por cada uma destas. Para tal, foram analisados os dados respetivos aos envios realizados e, para cada um destes, foi determinado qual a empresa ideal para realizar o transporte da mercadoria.

O país de destino foi o ponto de partida para este verificando-se, para cada país para o qual a HUUB fez envios, qual seria a transportadora mais vantajosa em termos de custos. Apesar de existirem alguns países em que a transportadora a utilizar será sempre a mesma independentemente do PV enviado, para grande parte dos países uma transportadora é a mais económica para envios até um determinado valor de PV e, após esse valor, passa a ser compensatória a utilização dos serviços de outra empresa. Averiguou-se assim, para cada um dos países de destino, qual seria o peso volumétrico a partir do qual se deve mudar de transportadora. As classes que se conseguiram criar com este processo estão identificadas na tabela 1.

Tabela 1 – Classes de países criadas a partir da análise das cotações das empresas transportadoras

Classe de países	Transportadora nº1	Transportadora nº2	Nº de países incluídos
1	PV <100cm ³ → A	B	9
2	A	-	13
3	B	B	3
4	PV <20cm ³ → B	A	6
5	PV <50cm ³ → A	B	2
6	25 < PV < 35cm ³ → A	B	2
7	PV <15cm ³ → B	C	1

A tabela 1 permite obter uma informação do seguinte tipo: para um país incluído na classe 1, se o peso volumétrico a enviar for inferior a 100 cm³ deve ser usada a transportadora A e, para os restantes casos, devo usar a transportadora B. O que se verificou na criação desta tabela é que países próximos em termos geográficos estão incluídos na mesma classe.

O próximo passo implicou o conhecimento dos países de destino com maior peso no número de envios realizados pela HUUB. Para tal, foi criada uma tabela com todos os países e procurou-se, para a última coleção, saber quantos volumes tinham sido enviados para cada um destes. De seguida foi feita uma análise Pareto, de forma a identificar os destinos com maior peso no número total de envios. Estas informações estão representadas na tabela 2.

Tabela 2 – Países de destino para os envios da última coleção e respetivo número de envios

País	Classe	Nº	%	% acum.
Reino Unido	1	444	19.06%	19.06%
Alemanha	1	415	17.82%	36.88%
EUA	3	320	13.74%	50.62%
Japão	2	149	6.40%	57.02%
França	1	149	6.40%	63.42%
Coreia do Sul	2	127	5.45%	68.87%
Itália	1	110	4.72%	73.59%
Bélgica	1	80	3.43%	77.03%
Suécia	2	63	2.71%	79.73%
Hong Kong	2	58	2.49%	82.22%
Islândia	3	55	2.36%	84.59%
Holanda	1	53	2.28%	86.86%
Canadá	3	52	2.23%	89.09%
Austrália	4	42	1.80%	90.90%
Suíça	5	38	1.63%	92.53%
Dinamarca	2	27	1.16%	93.69%
Áustria	1	24	1.03%	94.72%
Kuwait	4	20	0.86%	95.58%
Espanha	1	18	0.77%	96.35%
Taiwan	2	10	0.43%	96.78%
Nova Zelândia	4	10	0.43%	97.21%
China	2	9	0.39%	97.60%
Grécia	6	8	0.34%	97.94%
Emirados Árabes Unidos	2	7	0.30%	98.24%
Finlândia	6	6	0.26%	98.50%
Arábia Saudita	4	6	0.26%	98.75%
Irlanda	2	5	0.21%	98.97%
Letónia	2	5	0.21%	99.18%
Polónia	2	5	0.21%	99.40%
Noruega	5	3	0.13%	99.53%
Bahrain	4	3	0.13%	99.66%
Singapura	2	2	0.09%	99.74%
Eslováquia	2	2	0.09%	99.83%
Luxemburgo	1	2	0.09%	99.91%
Malta	4	1	0.04%	99.96%
México	7	1	0.04%	100.00%

Através das percentagens obtidas na tabela 2 é possível fazer um agrupamento das mesmas por classes, o que permite saber quais seriam as transportadoras mais utilizadas. Esta informação foi introduzida no gráfico apresentado na figura 3.

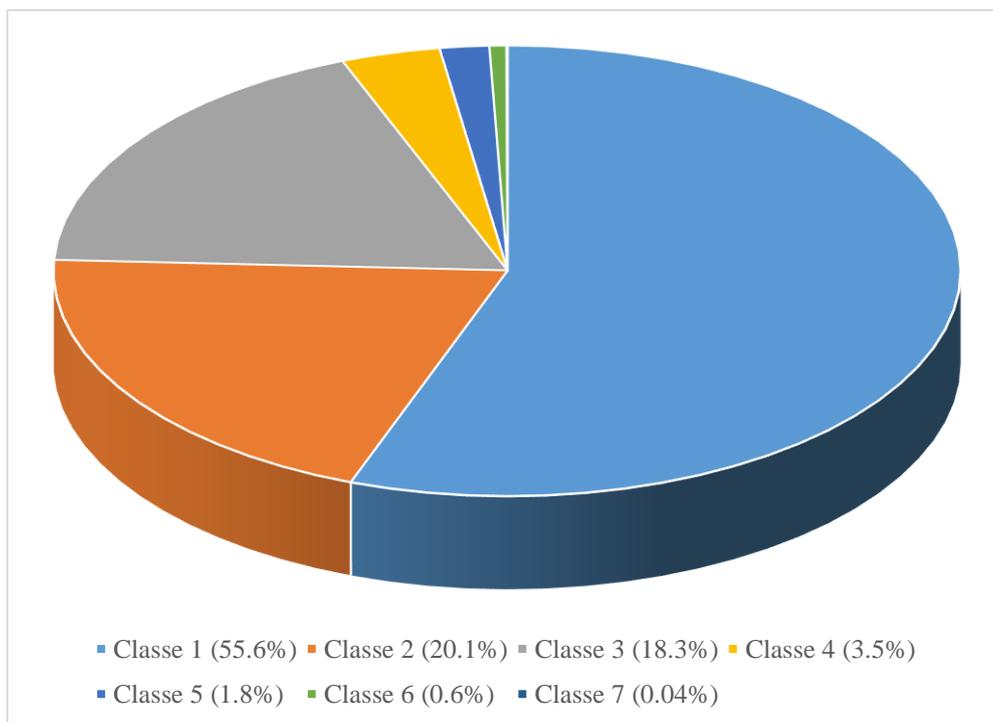


Figura 3 - Gráfico com a representação do peso de cada classe no total dos envios efetuados

Através do gráfico ilustrado na figura 3 é possível concluir que as classes 1, 2 e 3 (relativas às transportadoras A e B) representam a maioria dos transportes efetuados pela empresa (94%). Como foi visto anteriormente, a escolha da empresa transportadora depende não só do país de destino mas também do peso volumétrico. É assim necessário fazer uma segunda análise em que se terá em consideração o volume enviado para cada um destes destinos. Isso permitirá obter uma distribuição dos pesos volúmicos por destino e, conseqüentemente, a utilização real de cada transportadora.

Pretende-se agora determinar, para cada país, o número de volumes enviados pela transportadora nº1 e pela transportadora nº2 com base na tabela 1. Por exemplo, para o Reino Unido (classe 1), é necessário saber quantas caixas com PV <math><100\text{cm}^3</math> foram enviadas (este número seria enviado pela transportadora A) e quantas tinham um PV >

A tabela 3 permite agora perceber quantos volumes seriam enviados por cada uma das transportadoras na última coleção, considerando as cotações atuais. Obtiveram-se assim os totais de caixas transportadas por cada uma das transportadoras: para a empresa transportadora A um total de 1961 caixas e para a B um total de 368. Isto significa que a transportadora A assegura aproximadamente 84% de todos os envios efetuados daqui para a frente, para os clientes incluídos neste estudo. De notar que a transportadora C, que teve grande relevância na coleção passada, deixou de a ter (nenhum envio justifica agora a sua utilização).

Tabela 3 – Número de caixas que seriam enviadas para cada um dos países de destino na última coleção, caso estivessem em vigor as cotações atuais (número de caixas por transportadora)

País	Classe	Transportadora n°1	Transportadora n°2	Nº Caixas 1	Nº Caixas 2
Reino Unido	1	A	B	387	57
Alemanha	1	A	B	209	206
França	1	A	B	89	60
Itália	1	A	B	110	0
Bélgica	1	A	B	72	8
Holanda	1	A	B	53	0
Áustria	1	A	B	24	0
Espanha	1	A	B	18	0
Luxemburgo	1	A	B	2	0
Japão	2	A	-	149	-
Coreia do Sul	2	A	-	127	-
Suécia	2	A	-	63	-
Hong Kong	2	A	-	58	-
Dinamarca	2	A	-	27	-
Taiwan	2	A	-	10	-
China	2	A	-	9	-
Emirados Árabes Unidos	2	A	-	7	-
Irlanda	2	A	-	5	-
Letónia	2	A	-	5	-
Polónia	2	A	-	5	-
Singapura	2	A	-	2	-
Eslováquia	2	A	-	2	-
EUA	3	B	-	320	-
Islândia	3	B	-	55	-
Canadá	3	B	-	52	-
Austrália	4	B	A	37	5
Kuwait	4	B	A	13	7
Nova Zelândia	4	B	A	6	4
Arábia Saudita	4	B	A	4	2
Bahrain	4	B	A	1	2
Malta	4	B	A	1	0
Suíça	5	A	B	21	17
Noruega	5	A	B	3	0
Grécia	6	A	B	8	0
Finlândia	6	A	B	6	0
México	7	B	C	1	0

No entanto, a HUUB trabalha atualmente com 5 transportadoras. Além da transportadora C, também as D e E fazem parte do portefólio de empresas com quem a HUUB conta para realização de envios. A utilização das empresas D e E revela-se essencial pois, devido à angariação recente de dois clientes com necessidades muito específicas de embalamento (produtos de muito pequena dimensão e pesos igualmente reduzidos), estas se mostram mais económicas que as demais.

Seguidamente foi feito o levantamento do número de envios e da tipologia dos mesmos ao longo de uma coleção. Sabendo que as recolhas por parte das transportadoras são diárias, é importante conhecer quais os dias com maior número de saídas para assim se dimensionar uma doca de expedição para o dia com mais envios. A figura 4 representa um gráfico com o número de volumes enviados por dia ao longo da última coleção. Os quatro picos diários representados no gráfico estão relacionados com encomendas de grande dimensão que, por ordem do cliente, foram todas expedidas no mesmo dia.

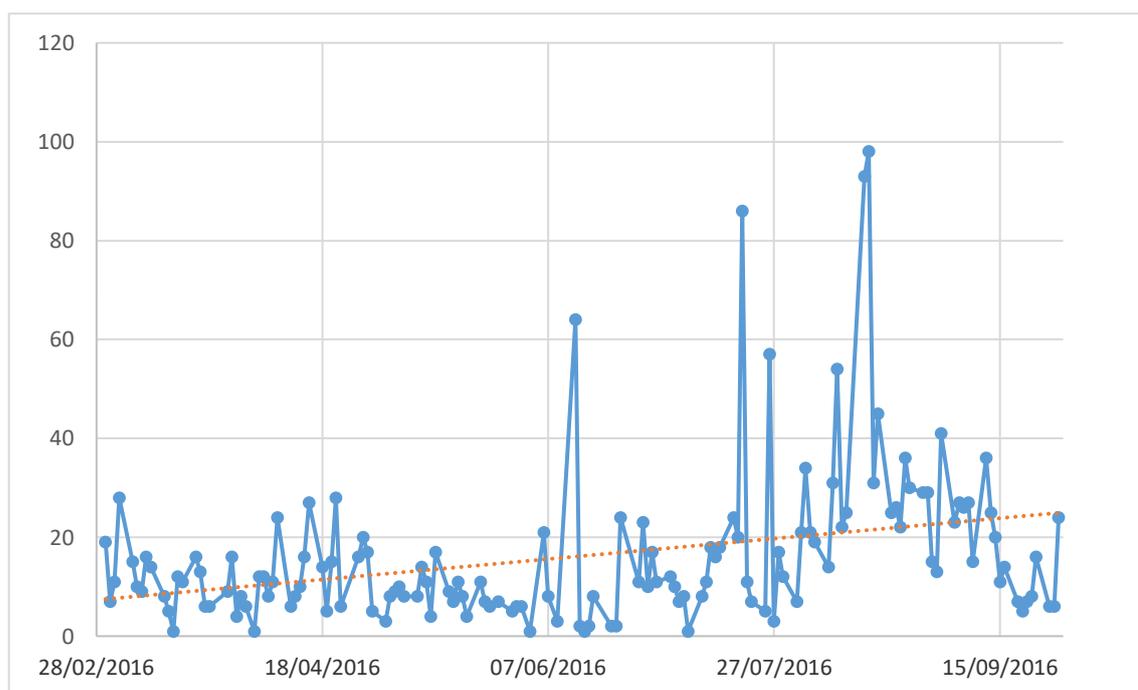


Figura 4 - Número de envios diários efetuados ao longo da última coleção

Da análise da figura 4 é possível concluir, além dos referidos máximos diários, que o número de volumes enviados tende a aumentar à medida que a coleção decorre. Deste gráfico retirou-se que o dia com maior número de caixas enviadas foi a 17/08/2016 com 98 volumes enviados (este dia representou o maior pico dos quatro já mencionados). Seguidamente verificou-se quais eram os tipos de caixas utilizados num dia típico desta coleção. Para esse efeito foram agrupados por tipo de caixa todos os dados, tendo-se obtido a tabela 4. De notar que nesta tabela foram retirados todos os volumes com um número de envios desprezável (menor ou igual a 10 no total da coleção).

Tabela 4 – Número de envios efetuados na última coleção agrupados por tipo de caixa

Tipo de caixa	Nº Caixas	%	% acum.	Nº caixas/dia atual	Nº caixas/dia futuro
600x400x400	706	30.9%	30.9%	31	70
<i>Flyer</i>	580	25.4%	56.3%	24	57
400x300x200	285	12.5%	68.8%	12	28
600x400x300	265	11.6%	80.4%	10	26
600x400x200	197	8.6%	89%	9	19
S	135	5.9%	95%	6	13
L	55	2.4%	97.4%	3	5
M	33	1.4%	98.8%	2	3
1000x700x700	27	1.2%	100.0%	1	3

Na primeira coluna da tabela 4 são apresentados os tipos de caixas mais utilizados na última coleção. Os tipos de caixa com medidas representam as medidas exteriores da caixa (em milímetros) sendo o primeiro número o comprimento, de seguida a largura e, por fim, a altura. Um *flyer* trata-se de uma espécie de envelope onde pode circular um número reduzido de peças (normalmente utilizado para *e-commerce*) e as caixas S, L e M representam caixas de um determinado cliente que exige que todos os seus envios sejam efetuados nestas. A segunda coluna fornece o número total de caixas de cada tipo utilizadas para a última coleção e as terceira e quarta colunas, as percentagens correspondentes a esse número sobre o total de volumes utilizados. A coluna número 5 resulta da multiplicação da terceira coluna por 98 (número máximo de envios num dia) e a última coluna surge da seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ caixas/dia futuro} = N^{\circ} \text{ caixas/dia atual} \times 2 \times 1,15$$

em que “2” representa a duplicação prevista de vendas e “1,15” é um coeficiente de segurança.

A última coluna da tabela 4 será assim usada para efeitos de dimensionamento da zona de expedição, de uma forma semelhante à já apresentada para a zona de receção de mercadoria. A diferença em relação à zona de receção é que na zona de expedição existem caixas de tamanhos significativamente diferentes para colocar nas paletes de expedição. Por outro lado, os *flyers* e as caixas do cliente devem ter uma forma de armazenamento distinta para que não haja o risco de colocação de uma caixa de cartão pesada por cima destas.

Para as caixas normalizadas (com medidas) foi calculado o número de paletes que seriam necessárias para alojar este volume, obtendo-se um total de 6 paletes. Destas 6 paletes, sabe-se que aproximadamente 84% estarão destinadas à transportadora A, o que resulta num total de 5 paletes para esta empresa. A restante palete estará destinada à empresa transportadora B. Para as restantes transportadoras e para as caixas de pequenas dimensões e *flyers*, pensou-se numa estrutura do tipo estante em que cada prateleira corresponde a uma empresa especializada em transportes.

4.2 Formas alternativas para armazenamento

A solução de armazenamento utilizada atualmente na grande maioria dos produtos da HUUB são caixas expositoras colocadas em estante, às quais se atribuem localizações definidas. Estas caixas possuem a forma e dimensões representadas na parte superior da figura 5 e, apesar de apresentarem boas condições de armazenamento para produtos de pequena dimensão (tais como roupa de criança), o seu uso é limitado para produtos maiores. Quando são colocados aqui produtos como roupa de adulto, o orifício de introdução de peças é pequeno, bem como a largura e comprimento das caixas, o que implica a dobragem de algumas peças. Além disso, devido ao empilhamento de 3 caixas numa prateleira, estas não são passíveis de serem retiradas da estante e, conseqüentemente, não se consegue ter uma perspetiva de topo dos itens que nelas se encontram.

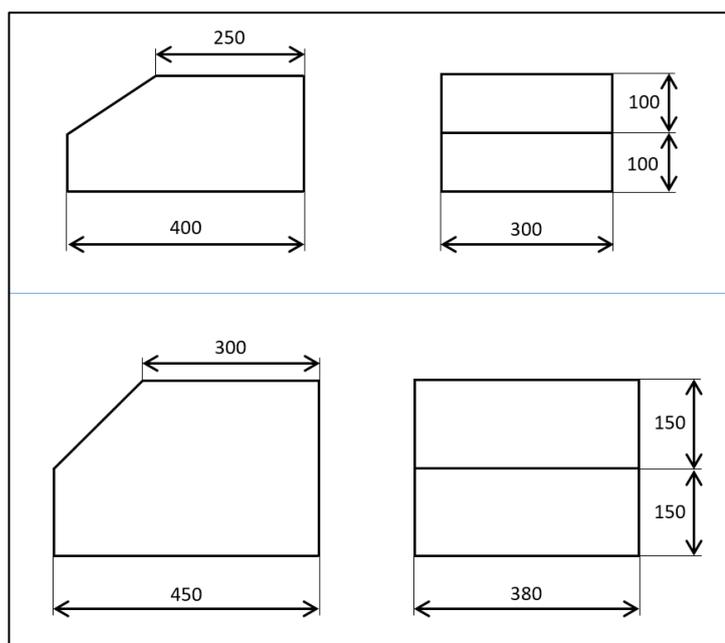


Figura 5 - Medidas da caixa expositora antiga (em cima) e da caixa expositora nova (em baixo)

Para contornar os problemas indicados, procedeu-se a um redimensionamento das caixas expositoras (ver parte inferior da figura 5), garantindo as dimensões necessárias para alojar uma peça nas devidas condições. Ao mesmo tempo pretendeu-se que fosse possível um movimento tipo “gaveta”, tornando exequível a tarefa de retirar uma caixa de armazenamento da estante e, desta forma, facilitar a introdução, pesquisa e retirada de produtos.

Na figura 6 apresentam-se fotografias de ambas as caixas expositoras (antiga e nova). Torna-se evidente a melhor organização dos produtos nas caixas de armazenamento de maior dimensão. Na fotografia à esquerda é visível um maior desgaste das caixas antigas devido ao empilhamento de caixas, e a possibilidade de se desencaixarem, provocando a queda de produtos. Dada a maior volumetria das caixas novas, uma estante necessita de menos caixas (21 em comparação com as 48 necessárias anteriormente), o que reduz substancialmente o tempo de montagem das mesmas. A estante com caixas de armazenamento novas garante que a posição de *stock* mais alta está a um nível mais acessível aos operadores (2.33m em comparação com 2.54m).



Figura 6 - Comparação entre uma estante usando as caixas expositoras antigas (à esquerda) e uma estante semelhante com as caixas de exposição novas (à direita)

É importante, no entanto, compará-las em termos de capacidade. Para tal, foram analisadas todas as estantes relativas a este cliente (MA) e verificado o número de peças armazenadas em cada uma delas. Na tabela 5 representam-se a os números de produtos por estantes para os dois tipos de caixa. A existência de apenas 4 estantes com caixas grandes deve-se ao facto deste novo modelo ainda estar em fase de testes.

A análise à informação incluída na tabela 5 permite concluir que, utilizando as caixas novas consegue-se (em média) colocar 271 produtos numa estante, enquanto com as caixas antigas, essa média cai para as 153 unidades. Isto representa um ganho relativo de 77% de capacidade (por metro quadrado) com a utilização de caixas de armazenamento de maiores dimensões. Foi realizada também uma análise de custos com vista a perceber, para uma quantidade de 10 mil peças, qual seria a diferença de investimento necessário para as duas soluções apresentadas. Utilizando as caixas de armazenamento maiores, é necessário comprar prateleiras extra para as estantes mas, por outro lado, reduz-se substancialmente no número de caixas expositoras e no total de estantes necessárias. Para o caso em questão (simulação de 10 mil peças para o cliente MA) conseguiu-se uma poupança de 59% no custo total da encomenda, utilizando as posições de armazenamento com maior capacidade (estantes e caixas expositoras).

Este estudo permitiu garantir uma melhoria global nas soluções de armazenamento para o cliente MA. Para os restantes clientes (dado que comercializam peças mais pequenas) são necessários testes adicionais para comprovar a validade desta solução. Uma vez que é possível armazenar muitos desses produtos numa caixa de armazenamento desta dimensão, isso pode dificultar a procura de uma peça pelos *pickers* (caso exista mais do que um *SKU* por caixa). Assim, caso seja utilizada esta solução para esses clientes, devem-se acrescentar formas fáceis de separação de produtos por tamanho ou cor (por exemplo, dividir a caixa em 4 “subcaixas”).

Tabela 5 – Número de unidades incluídas em estantes com caixas novas e antigas

Nº Estante	Tipo de caixa	Nº de peças
1	Grande	441
2	Grande	217
3	Grande	207
4	Grande	218
5	Pequena	122
6	Pequena	92
7	Pequena	125
8	Pequena	157
9	Pequena	74
10	Pequena	97
11	Pequena	149
12	Pequena	183
13	Pequena	199
14	Pequena	220
15	Pequena	204
16	Pequena	138
17	Pequena	39
18	Pequena	279
19	Pequena	224
20	Pequena	234
21	Pequena	233
22	Pequena	239
23	Pequena	124
24	Pequena	164
25	Pequena	168
26	Pequena	127
27	Pequena	152
28	Pequena	62
29	Pequena	94
30	Pequena	123
31	Pequena	112
32	Pequena	184
33	Pequena	156
34	Pequena	126

4.3 Definição dos tipos e das quantidades de caixas a encomendar

A HUUB é uma empresa que expede centenas de caixas em cada coleção e este número tende a aumentar rapidamente de forma significativa. Os envios efetuados podem ir desde um *flyer* (pequeno envelope onde é enviada uma peça vendida por *e-commerce*) até um conjunto de 20 caixas 600x400x400mm (encomenda de *Bulk* para abastecimento de lojas). Dado que os custos de transporte aumentam com o aumento do volume expedido, é importante garantir que uma determinada encomenda é atribuída a uma caixa ou a um conjunto de caixas que minimiza o espaço desocupado. Por outro lado, não faz sentido garantir que se possui um tamanho de caixa adequado para cada encomenda, uma vez que isso traria grande complexidade na sua aquisição.

Para este problema foi definido que o número de tipos de caixas diferentes não deverá ultrapassar as 6 e que a encomenda de volumes deve garantir as necessidades de uma coleção inteira (não se devem efetuar encomendas de caixas enquanto uma coleção está a decorrer). Foi igualmente definido que a percentagem de encomendas a satisfazer sem a necessidade de cortes nas caixas ou enchimento deve ser de, pelo menos, 95%. Por último é sabido que o número de envios para a próxima coleção deve ser aproximadamente duas vezes superior ao registado na coleção em análise e que o peso de cada caixa não pode ultrapassar os 30 kg.

O objetivo deste capítulo é encontrar um equilíbrio entre o número de tipos de caixas e a percentagem de encomendas que se consegue satisfazer sem ter de recorrer a enchimento com bolha/cartão. O procedimento consistiu numa análise exaustiva de todos os dados de transportes efetuados para os itens da última coleção, o que permitiu perceber quantas caixas e de que tipo foram usadas para cada encomenda. A análise dos *flyers* não foi aqui considerada, dado que estes existirão de qualquer das formas e cada transportadora contratada exige que o transporte seja efetuado no seu próprio *flyer*. Assim, as quantidades de cada tipo de caixa e a sua percentagem relativa ao total de volumes enviados foi obtido e está representado na tabela 6.

Na tabela 6, as linhas visíveis a cores semelhantes tratam-se de caixas que podem ser agrupadas a um volume similar de entre os que são mais utilizados. Para agrupar volumes semelhantes foi considerada uma margem de 10%. Isto significa que, por exemplo, o número de caixas utilizadas 400x300x400 pode ser incluída na categoria 600x400x200. De notar que as caixas agrupadas na categoria 1000x700x700 não cumprem a margem de 10%. Esta inclusão será justificada mais à frente, aquando da alteração do volume da caixa de maior dimensão.

Tabela 6 – Tipos de caixas utilizadas nos envios relativos à última coleção e respetiva quantidade

Nome	Tamanho [mm]	Volume [cm ³]	Nº Caixas	%	% acum.
Caixa	600x400x400	96000	706	40.16%	40.16%
Caixa	600x400x300	72000	222	12.63%	52.79%
Caixa	400x300x200	24000	204	11.60%	64.39%
Caixa	600x400x200	48000	191	10.86%	75.26%
S	410x310x70	8897	135	7.68%	82.94%
A1	350x260x260	23660	81	4.61%	87.54%
L	480x400x130	24960	55	3.13%	90.67%
A2	500x430x330	70950	42	2.39%	93.06%
M	480x400x70	13440	33	1.88%	94.94%
Caixa	1000x700x700	490000	18	1.02%	95.96%
Caixa	400x300x300	36000	8	0.46%	96.42%
Caixa	400x300x150	18000	6	0.34%	96.76%
Caixa	600x300x200	36000	6	0.34%	97.10%
Caixa	1000x700x500	350000	5	0.28%	97.38%
Caixa	600x400x150	36000	5	0.28%	97.67%
Caixa	600x400x250	60000	5	0.28%	97.95%
Caixa	900x600x600	324000	4	0.23%	98.18%
Caixa	600x400x500	120000	4	0.23%	98.41%
Caixa	300x350x200	21000	3	0.17%	98.58%
Caixa	400x300x100	12000	3	0.17%	98.75%
Caixa	400x300x400	48000	3	0.17%	98.92%
Caixa	400x350x350	49000	3	0.17%	99.09%
Caixa	1000x500x400	200000	2	0.11%	99.20%
Caixa	900x630x540	306180	2	0.11%	99.32%
Caixa	220x170x60	2244	1	0.06%	99.37%
Caixa	300x300x300	27000	1	0.06%	99.43%
Caixa	400x200x140	11200	1	0.06%	99.49%
Caixa	450x300x150	20250	1	0.06%	99.54%
Caixa	500x500x60	15000	1	0.06%	99.60%
Caixa	600x350x350	73500	1	0.06%	99.66%
Caixa	700x640x400	179200	1	0.06%	99.72%
Caixa	850x570x330	159885	1	0.06%	99.77%
Caixa	850x560x620	295120	1	0.06%	99.83%
Caixa	900x400x400	144000	1	0.06%	99.89%
Caixa	940x620x670	390476	1	0.06%	99.94%
Caixa	1070x580x210	130326	1	0.06%	100.00%

Da análise da tabela 6 é imediato concluir que as caixas 600x400x400, 600x400x300, 400x300x200 e 600x400x200 são sem dúvida as mais usadas e devem ser mantidas nas próximas encomendas. As caixas S, L e M pertencem a um dos clientes da HUUB que exige que os seus produtos comercializados via *e-commerce* sejam expedidos nestas caixas, o que implica a sua manutenção no sistema. No entanto, a encomenda de caixas deste tipo é feita de uma forma autónoma de todas as outras e, assim, não deve estar incluída no limite de 6 tipos de caixas referido anteriormente.

As caixas A1 e A2 representam dois volumes diferentes associados a uma transportadora que, a partir de agora, passará a ter um número de envios residual. Assim, foi determinado o volume de cada uma destas caixas e procurou-se uma alternativa com volumetria semelhante. Todos os envios registados em caixas do tipo A1 passaram a ser incluídos na categoria 400x300x200 e o número de volumes do tipo A2 foram incluídos na categoria 600x400x300 (verificar a tabela anterior).

Pela análise da tabela 6 é visível uma percentagem quase desprezável para o maior volume (1000x700x700). No entanto esta caixa é fundamental, uma vez que é a única que suporta os produtos de maiores dimensões. Mas a questão que se prendia em relação à mesma é se as suas medidas não seriam demasiado elevadas. Para dar resposta a essa questão foram medidos os três produtos que frequentemente são transportados nestes volumes, conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Dimensões dos produtos de maior volumetria expedidos pela HUUB

Produto	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Altura [mm]
1	870	520	260
2	950	480	80
3	1000	560	160

Os produtos 1 e 2 são complementares e normalmente transportados na mesma caixa e o produto 3 é normalmente acompanhado de produtos mais pequenos. Através de uma análise aos envios efetuados concluiu-se que apenas em 18% dos casos é transportado um destes produtos de forma isolada e que em 68% dos casos a encomenda é composta por mais do que dois elementos. Isto implica que não faz sentido ter um volume que apenas transporte um destes itens (e.g. 1000x600x300mm) e, assim, foram definidas as dimensões desta caixa como sendo 1000x600x600mm. Este volume garante o transporte de quatro produtos do tipo 1, sete produtos do tipo 2 ou três produtos do tipo 3, garantindo também o transporte de um produto de cada tipo. Com a definição da caixa 1000x600x600mm, é de 5 o número de tipologias já definidas e o ponto de situação atual está representado na tabela 8.

Tabela 8 – Tipos de caixas mais utilizados com a inclusão da caixa 1000x600x600mm

Caixa [mm]	Volume [mm ³]	Nº Caixas	%	% acum.
600x400x400	9.6x10 ⁷	706	40.18%	40.18%
400x300x200	2.4x10 ⁷	285	16.22%	56.40%
600x400x300	7.2x10 ⁷	265	15.08%	71.49%
600x400x200	4.8x10 ⁷	197	11.21%	82.70%
1000x600x600	3.6x10 ⁸	27	1.54%	84.23%
S	8.9x10 ³	135	7.68%	91.92%
L	2.5x10 ⁴	55	3.13%	95.05%
M	1.34x10 ⁴	33	1.88%	96.93%
Outras	-	54	3.07%	100.00%

Os resultados apresentados na tabela 8 indicam que o procedimento para encontrar a solução ideal estaria terminado, ou seja, é possível satisfazer mais do que 95% das encomendas (97.44%) com uma utilização de 5 tipos de caixas normalizadas. No entanto, foi verificada uma grande variação de volume entre os dois tamanhos superiores (1000x600x600mm e 600x400x400mm) e isto, aliado ao facto de serem poucos os casos em que uma caixa 600x400x400 ultrapassa os 20kg proporcionou a introdução de um novo tipo de caixa (600x400x600mm). A caixa 600x400x600 possui um volume de 1.44x10⁸ mm³ e, com base numa análise semelhante à da tabela 8, concluiu-se que esta não traria qualquer alteração à percentagem acumulada de encomendas preenchidas (última coluna).

A grande vantagem da utilização da caixa 600x400x600mm está nas encomendas com caixas múltiplas e com vários tamanhos. Isto é, se se tiver uma encomenda com três caixas 600x400x400, esta é passível de ser transferida para duas caixas 600x400x600, o que resulta na poupança de uma caixa. Foram analisados os registos de todas as encomendas expedidas em mais do que um volume 600x400x400 para a última coleção e registados todos os casos em que se poderia tirar proveito de uma caixa com maior volumetria para poupar no número total de volumes associados a essa encomenda. Foram registados 68 casos de encomendas em que era possível a poupança de uma ou mais caixas deste tipo, sendo o número total de caixas a encomendar reduzido em 300. De notar que uma caixa 600x400x400 que será enviada juntamente com uma caixa 600x400x200 corresponde também a uma caixa do tipo 600x400x600 (estes casos foram também considerados na análise).

A última etapa desta secção consistiu numa simulação dos envios da última coleção, se estivessem disponíveis apenas os seis tipos de caixas anteriormente definidos. O objetivo era calcular o número total de caixas de cada tipo que seriam necessárias, e depois extrapolar, face ao aumento previsto de vendas e multiplicando por um coeficiente de segurança, quantas serão utilizadas na próxima coleção. Assim, sabendo que na última coleção foram utilizadas 1758 caixas de todos os tipos e que se prevê uma duplicação do volume de vendas para a coleção atual, à qual se deve acrescentar um coeficiente de segurança (15%) obtém-se:

$$1758 \times 2 \times 1.15 = 4044 \text{ caixas}$$

As percentagens associadas a cada tipo de caixa são também conhecidas, o que permite obter o número final teórico de cada caixa necessária para a coleção atual. Na tabela 9, na coluna “Nº Caixas Teórico” não estão incluídas as diferenças relativas à inclusão a nova caixa

(600x400x600mm) que, como já foi visto, é calculado de uma forma independente aos restantes. A coluna “Nº Caixas Real” já inclui esta variante, que se reflete numa diminuição do número de caixas 600x400x400, 600x400x300 e 600x400x200 e no aumento do nº de caixas 600x400x600 a encomendar.

Tabela 9 – Número de caixas que seriam utilizadas na última coleção, caso se incluíssem na análise os volumes 1000x600x600 e 600x400x600

Caixa [mm]	Volume [mm ³]	Nº Caixas Teórico	Nº Caixas Real	Δ
600x400x400	9.6x10 ⁷	1624	768	-856
400x300x200	2.4x10 ⁷	662	662	0
600x400x300	7.2x10 ⁷	607	593	-14
600x400x200	4.8x10 ⁷	453	437	-16
1000x600x600	3.6x10 ⁸	81	81	0
600x400x600	1.44x10 ⁸	0	587	+587
Σ	-	3428	3128	-300

A poupança de 300 caixas na quantidade total a encomendar refletida na tabela 9 implica uma poupança de 4% no valor total da encomenda. No entanto, esta poupança tenderá a aumentar com o aumento do volume de envios. De notar que nesta tabela, a soma da coluna “Nº Caixas Teórico” não perfaz 4044 caixas, uma vez que as caixas S, M e L referidas anteriormente não estão incluídas na mesma.

4.4 Classificação de produtos ABC (COI)

Como já foi referido na secção 2, a metodologia adotada para a classificação de produtos foi a ABC (COI). Para tal, em termos teóricos, deveria ser determinado o volume que cada SKU ocupa no armazém. Mas este processo, apesar de ter grande aplicação prática e de ser um dos objetivos futuros da empresa, seria inviável no momento desta dissertação. Essa inviabilidade é justificada pelo facto de grande parte dos itens mencionados neste estudo já não existirem em *stock*.

Assim, determinaram-se os volumes das caixas onde cada tipo de produto é armazenado. Concluiu-se que existem três tipos fundamentais de armazenamento:

- Em caixas expositoras com 400x300x200mm (onde são normalmente armazenados todos os produtos da área têxtil);
- Em caixas 600x400x400mm (onde os itens predominantes são calçado);
- Em caixas 1000x700x700mm (armazenamento relativo a produtos de grande dimensão);

Para determinar o valor do COI para cada SKU é necessário conhecer o número de vezes que a mesma esteve incluída em tarefas de *picking*. Para tal, foram analisados todos os registos de recolhas efetuadas na última coleção e agrupados por SKU, o que permitiu obter o número pretendido. Assim, sabe-se que um determinado SKU de calçado que apareceu 20 vezes em tarefas de *picking* ao longo da última coleção tem um COI igual a:

$$COI = \frac{20}{0.6 \times 0.4 \times 0.4} = 208.33$$

Este processo foi repetido para todos os SKUs que passaram pela empresa ao longo da última coleção e, de seguida, procedeu-se à ordenação dos mesmos por ordem decrescente do seu COI. A lista obtida ultrapassava as 1000 referências e não tinha grandes aplicações práticas, uma vez que, a cada coleção que passa, os produtos variam. Para determinar o nível de rotatividade para produtos com vida muito curta (como é o caso em questão, em que os produtos não passam mais do que 6 meses em armazém) foi necessário definir algumas categorias de produtos que se soubesse que existirão nas coleções subsequentes (por exemplo, uma camisa deverá existir em todas as coleções, mesmo que o desenho seja um pouco diferente).

O problema relativo a esta análise é que cada cliente da HUUB tem os seus produtos e, apesar de alguns itens de clientes diferentes terem a mesma designação, isso não quer dizer que sejam semelhantes. O mesmo se aplica aos tamanhos. Assim, cada conjunto de categoria e tamanho (C&T) de produto deverá ser identificada de uma forma única como se segue:

C&T = Cliente; Categoria; Tamanho

Exemplo: C&T = WR; Casaco; XL

Esta simplificação permitiu, além da redução substancial do número de dados (resultante do agrupamento de algumas referências), que este estudo seja mais intuitivo e permita uma continuidade de análise nas próximas coleções. A análise presente incluiu dados de 5 clientes (WR, MA, FF, NZ e II) e mais de 50 mil produtos.

Depois de se calcular o COI para cada conjunto C&T, este foi ordenado por ordem decrescente. Ou seja, o primeiro registo contém o conjunto C&T com maior rotação na última coleção e o último, o conjunto C&T menos solicitado no mesmo período de tempo. De seguida calculou-se a percentagem que cada COI representa em relação à soma destes indicadores para todos os conjuntos C&T. A realização da tabela acima descrita permitiu obter o gráfico presente na figura 7.

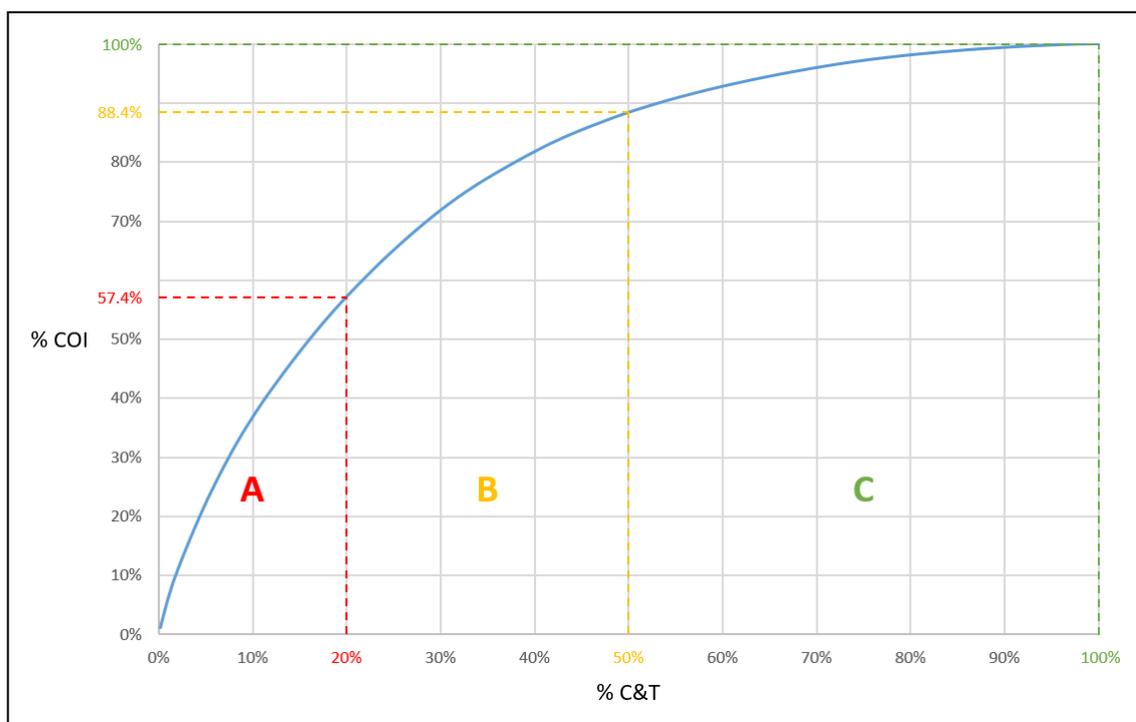


Figura 7 - Gráfico relativo à análise ABC (COI) para todos os produtos incluídos na última coleção

Após análise da figura 7 é possível concluir que 20% dos conjuntos C&T garantem 57.4% dos COI (produtos A), que os 30% seguintes de conjuntos C&T correspondem a 31% dos COI (produtos B) e que os restantes representam apenas 11.6% dos COI (produtos C). Isto significa que se deve proceder a uma divisão do armazém da seguinte forma:

- 20% das posições de *stock* mais próximas da zona de expedição devem ser atribuídas a produtos do tipo A (zona A);
- 30% das posições de *stock* mais próximas da zona de expedição (excluindo as da zona A) devem ser atribuídas a produtos do tipo B (zona B);
- 50% das posições mais distantes da zona de expedição devem ser atribuídas a produtos do tipo C (zona C).

Para obter esta informação foram calculadas as distâncias desde a zona de expedição até cada uma das posições de *stock* e, através desse cálculo, foram determinadas quais as que corresponderiam às zonas A, B e C. A figura 8 mostra uma representação gráfica destas zonas no armazém. De notar que nesta figura foi feita uma aproximação, para que os corredores transversais ficassem alinhados. O círculo representada na parte esquerda da figura representa a zona de embalagem e expedição e as zonas A, B e C estão representadas pelas cores vermelho, amarelo e verde, respetivamente.

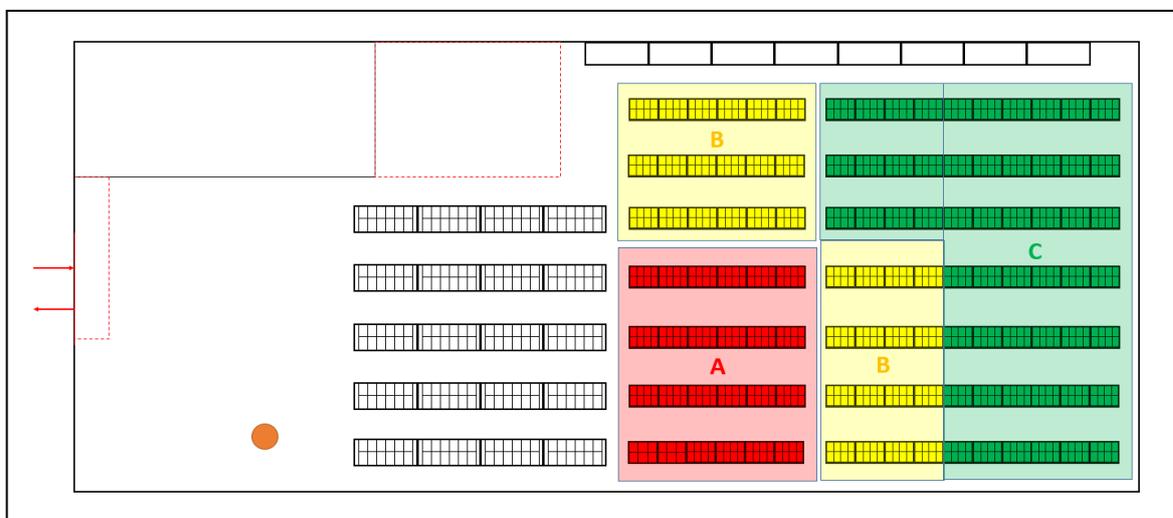


Figura 8 - Localizações geográficas das zonas A, B e C na zona de armazenagem

Em termos práticos, o que a figura 8 representa é que os *pickers* deverão passar aproximadamente 57% do seu tempo a fazer *picking* de produtos na zona A, 31% na zona B e apenas 12% na zona C. Esta análise permitiu também fazer uma diferenciação dos clientes, percebendo quais os que conseguem ter mais produtos nas zonas A, B e C. A tabela 10 fornece estes valores para cada um dos clientes incluídos na análise.

Tabela 10 – Presença relativa de cada cliente nas zonas A, B e C

Cliente	A	B	C
WR	44.1%	23.7%	11.1%
MA	19.5%	10.7%	25.7%
II	26.3%	15.8%	16.2%
NZ	10.2%	46.9%	35.5%
FF	0.0%	2.8%	11.5%

A tabela 10 permite concluir que o cliente com maior peso nos itens de categoria A (maior rotatividade) é o WR, que a zona B é composta maioritariamente por produtos do cliente NZ (nos quais se incluem alguns dos produtos de maior dimensão) e que a zona C é a mais distribuída uniformemente pelos vários clientes da empresa. De notar que os clientes incluídos na análise presente não permitem, por si só, a ocupação total deste armazém. Para o estudo aqui efetuado e para a secção subsequente, a análise apenas incluiu estes porque são os únicos para os quais existia, à data da realização desta dissertação, informação disponível.

Foi efetuada também uma análise ABC (COI) por cliente, que será utilizada no capítulo seguinte. Este estudo faz sentido na medida em que, caso se opte por um agrupamento dos produtos por cliente, deve-se ter os produtos com maior rotatividade desse cliente mais próximos da zona de expedição. Para tal, foi seguida uma metodologia semelhante à apresentada anteriormente mas em que a lista de produtos é exclusiva para cada cliente. A informação relativa a esta análise está presente na figura 9. Esta figura deve ser interpretada da seguinte forma: para o cliente MA verificou-se que 20% dos grupos C&T (categoria A) representam 70% do total de presenças em ordens de *picking*; 30% dos grupos C&T (categoria B) representam 25% do total de presenças em ordens de *picking* e que 50% dos grupos C&T (categoria C) representam apenas 6% do total de presenças em ordens de *picking*.

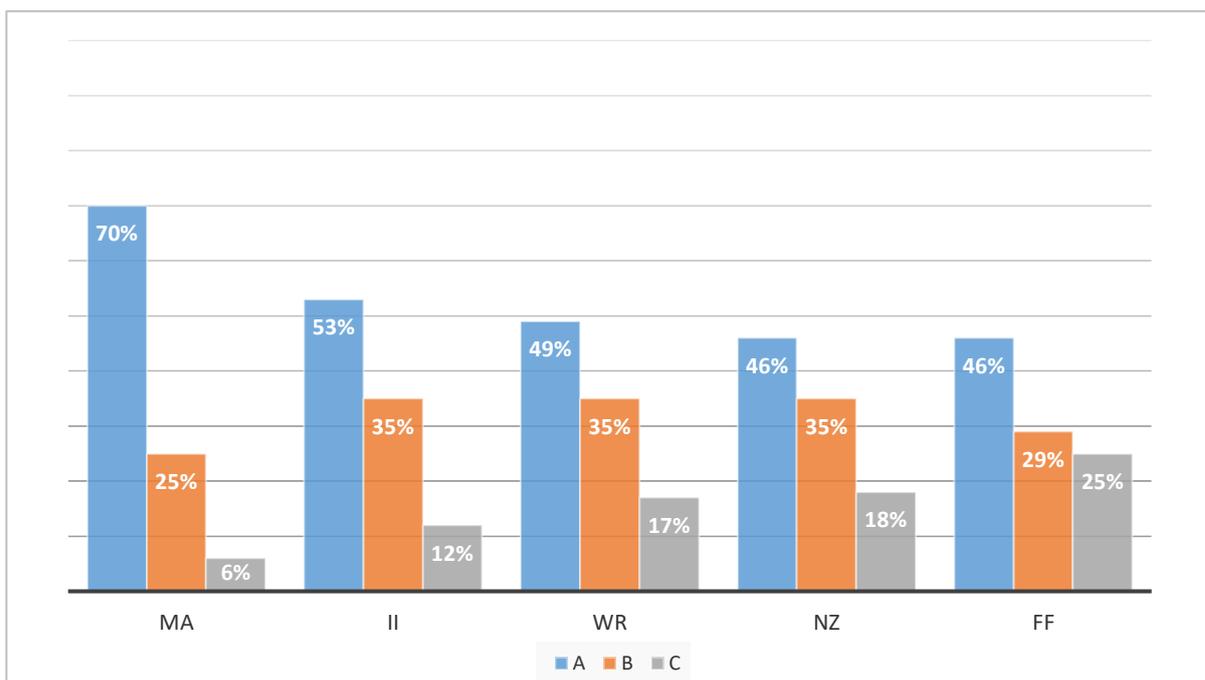


Figura 9 – Análise ABC (COI) de produtos por cliente

Da análise da figura 9 é possível perceber que o cliente MA é o que possui uma distribuição mais diferenciada dos restantes. Este possui uma categoria A significativamente mais representativa do que os restantes e categorias B e C com menor representação do que eles. Os clientes II, WR, NZ e FF possuem classes A, B e C semelhantes em termos percentuais, apesar do cliente FF ser claramente inferior aos restantes em termos absolutos. Estes possuem uma categoria A que representa entre 46 e 53% do total do COI; uma categoria B que representa entre 29 e 35% do total do COI e a categoria C tem uma representação que varia entre os 12 e 25%.

4.5 Definição das localizações geográficas dos produtos no armazém

Neste capítulo será definida a melhor forma para fazer a distribuição de produtos pelas localizações de *stock*. Para a definição da localização geográfica dos produtos no armazém que permita minimizar a distância total percorrida pelos *pickers* foi utilizada a modelação do processo através de um *software* de simulação. Para tal é necessário, antes de tudo, perceber como é que se processam as atividades neste armazém logístico.

Este estudo focou-se essencialmente no processo de *picking*. Esta atividade é a que tem maior influência no nível de serviço e tendo em conta que o novo armazém é substancialmente maior do que o seu antecessor, faz mais sentido começar a pensar na minimização de rotas. Foram definidos três critérios diferentes para a localização geográfica dos produtos no armazém e foi determinada, através de simulação, a distância que o *picker* teria de percorrer em cada um dos casos. Esses critérios foram os seguintes:

- Critério atual – agrupamento dos produtos por cliente e, dentro deste, os produtos são colocados aleatoriamente nas posições de *stock*. A escolha deste critério é justificada pela simplicidade na receção de mercadoria para *stock* (sequencialmente) mas existe o risco de colocação de um produto de alta rotação num local distante da zona de expedição.
- ABC (COI) por cliente – este critério deriva da situação atual, na medida em que se tem agrupamentos por cliente, mas dentro de cada um destes, em vez de se ter uma distribuição aleatória dos produtos, colocam-se os itens de maior rotatividade mais próximos da zona de expedição. O problema desta análise, além de retardar a receção para *stock* (já não pode ser aleatória), é que os clientes que entram quando o armazém já está próximo da lotação máxima terão todos os seus produtos (incluindo os de maior rotatividade) colocados numa localização distante da zona de expedição.
- ABC (COI) global – consiste numa análise ABC que abranja todos os produtos presentes no armazém logístico que tenham dados históricos para análise. A separação dos produtos por cliente deixa de existir, e o único critério para a colocação de um produto numa localização de *stock* é o seu nível de rotatividade ao longo de uma determinada coleção. A grande vantagem desta análise é que, em teoria, se consegue a minimização das distâncias percorridas. No entanto, quando entra um novo cliente, não é possível introduzi-lo de imediato nestas zonas (A, B e C) porque não existem dados históricos que confirmem o nível de rotatividade de cada um dos produtos. Assim, estes teriam de passar um período de tempo numa zona exclusiva de novos clientes e, aquando da recolha de dados suficientes, seriam incluídos nesta análise.

As alternativas enunciadas anteriormente foram simuladas considerando que os cinco clientes em questão (WR, MA, NZ, FF e II) teriam um volume de peças que permitisse o preenchimento total do espaço disponível para armazenamento. Esta assunção foi feita com o objetivo de se perceber a distância percorrida ao longo de toda a superfície do armazém. De notar que as proporções de peças entre clientes foram sempre respeitadas, bem como o espaço que cada um destes ocupa. As figuras 10, 11 e 12 representam a situação atual, a ABC por cliente e a ABC global, respetivamente.

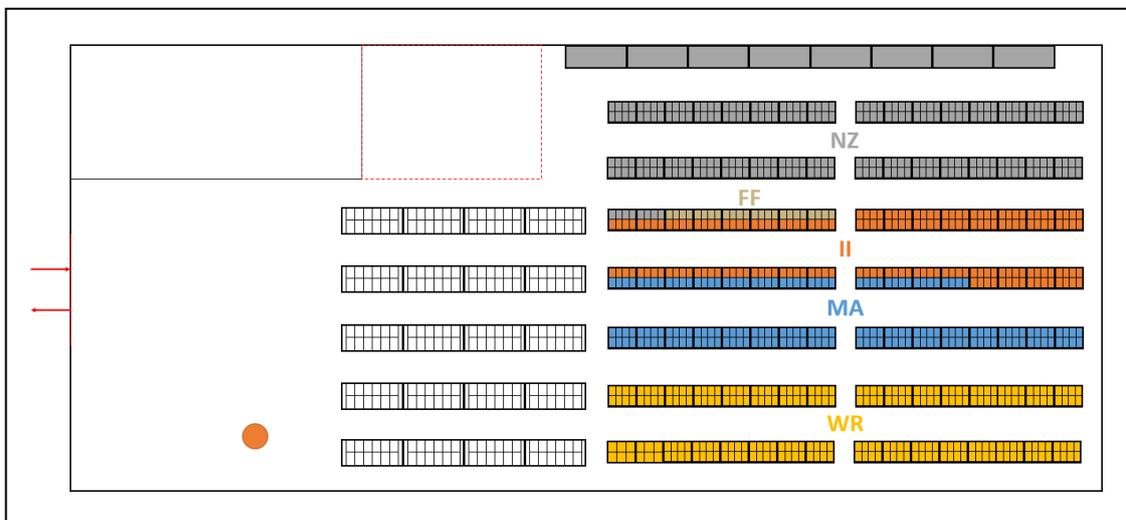


Figura 10 – Representação da situação atual (agrupamento dos produtos por cliente)

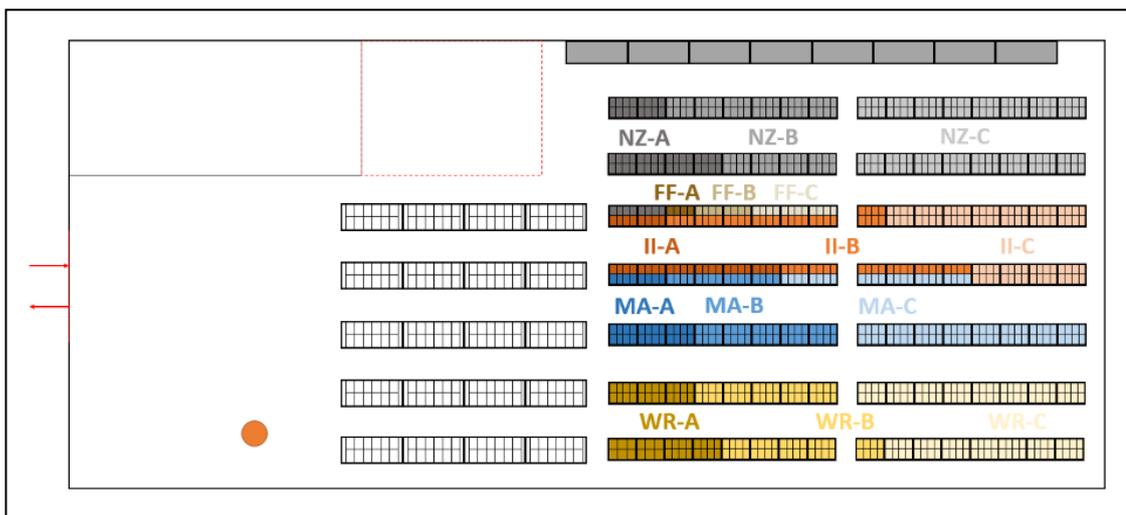


Figura 11 - Representação da alternativa ABC (COI) por cliente

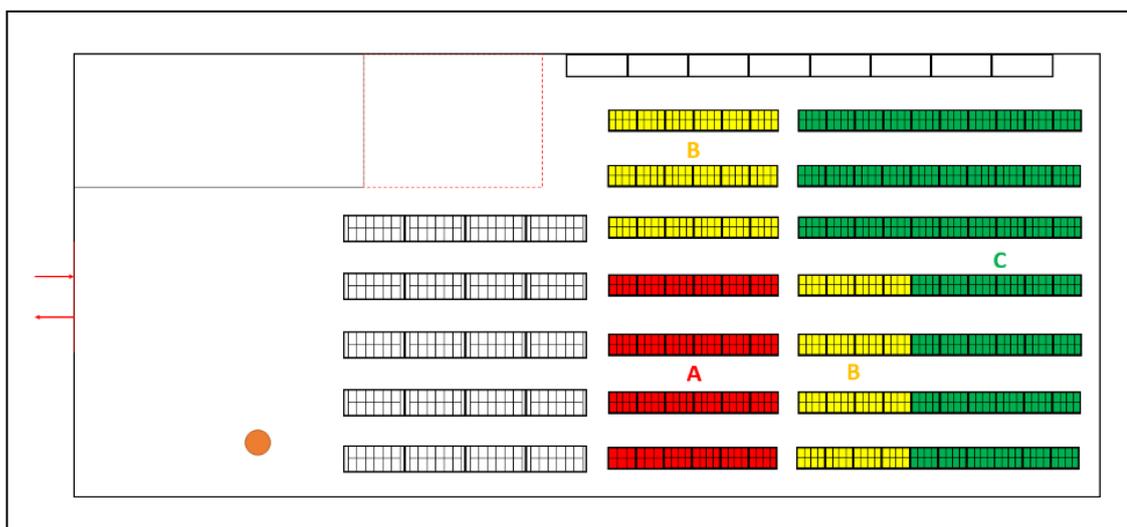


Figura 12 - Representação da alternativa ABC (COI) global

De notar que na figura relativa à análise ABC global, a partição transversal das estantes ocorre não no ponto médio como nos restantes dois casos, mas sim após a zona de produtos classificados como “A”. Esta alteração foi efetuada com o objetivo de garantir rotas mais curtas quando se efetuam múltiplos *picks* exclusivamente na zona A (aproximadamente 57% do total de *picks* deverão acontecer nesta zona). Ainda nesta figura é importante salientar que a atribuição de uma estante a uma determinada zona não é exata. Isto é, existem estantes da zona B que se encontram mais próximas da zona de expedição do que algumas relativas à zona A. A divisão apresentada é aproximada por motivos de simplificação na introdução de partições transversais nas estantes.

Em relação às figuras 10, 11 e 12 é relevante referir que as estantes representadas na parte superior das figuras estão destinadas a produtos de grande dimensão. Estes são neste momento exclusivos do cliente NZ e, devido ao volume que ocupam, exigem armazenamento em estantes com características diferentes. As estantes representadas com fundo branco que estão mais próximas da zona de saída estão destinadas a caixas de expedição com encomendas já atribuídas. Quando chega um carregamento de mercadoria, os itens são colocados primeiro nestas (produtos que já tinham encomendas definidas previamente) e os restantes são colocados nas posições de *stock*.

Depois de estabelecidos os critérios alternativos para efetuar a simulação, é preciso calcular os tempos necessários para efetuar tarefas de *picking*. Para esse efeito, foi pedido a cada um dos trabalhadores para cronometrar o tempo necessário para chegar a uma posição de *stock*. A distância percorrida foi calculada com o auxílio de um pedómetro. A tabela 11 indica a distância e o tempo do percurso, bem como a velocidade média (dada pelo quociente entre a distância e o tempo).

Tabela 11 – Distâncias percorridas por trabalhadores numa determinada tarefa de *picking*, tempo necessário para percorrer essa distância e cálculo da velocidade média para cada percurso

Distância [m]	Tempo [s]	Velocidade Média [m/s]	Notas
76	54	1.41	Sem carro de <i>picking</i>
83	56	1.48	Sem carro de <i>picking</i>
43	30	1.43	Sem carro de <i>picking</i>
60	44	1.36	Sem carro de <i>picking</i>
91	65	1.40	Sem carro de <i>picking</i>
45	30	1.50	Sem carro de <i>picking</i>
58	55	1.05	Com carro de <i>picking</i>
27	23	1.17	Com carro de <i>picking</i>
67	53	1.26	Com carro de <i>picking</i>
52	44	1.18	Com carro de <i>picking</i>
49	40	1.23	Com carro de <i>picking</i>
44	34	1.29	Com carro de <i>picking</i>

A utilização ou não do carro de *picking* está relacionada com o tamanho da encomenda. Para encomendas de e-commerce (normalmente apenas uma unidade) os *pickers* optam por vezes por não levar este carro porque, como é visível na tabela 11, desta forma percorrem a superfície do armazém de forma mais rápida. As velocidades médias para estes casos não variam muito entre trabalhadores e, assim, a média da velocidade de um *picker* será considerada daqui para a frente como:

$$\text{Velocidade média de um picker (e-commerce)} = 1.43 \text{ m/s}$$

Outro parâmetro importante para a análise do processo de *picking* é o tempo que decorre desde que o *picker* chega à localização pretendida até ao momento em que o trabalhador termina a recolha da peça. Este parâmetro será denominado por “tempo de *picking*”, e os tempos medidos (em segundos) podem ser consultados na tabela 12.

Tabela 12 – Tempos de *picking* medidos

Registo n ^o	Tempo de <i>picking</i> [s]
1	19
2	9
3	18
4	17
5	14
6	14
7	13
8	7
9	11
10	8
11	12
12	15

A análise da tabela 12 permite concluir que, ao contrário da velocidade de deslocação dos trabalhadores no armazém, o tempo de *picking* é mais aleatório. As disparidades existentes entre os tempos medidos depende de fatores como: a experiência dos *pickers*; a posição de *stock* onde se encontra localizada a peça (pode ser necessária a utilização de um escadote) e o facto de existir mais do que um *SKU* numa determinada posição. A média dos tempos da tabela 12 permite determinar o tempo médio de *picking*:

$$\text{Tempo médio de picking} = 13 \text{ s}$$

A modelação do processo foi efetuada com o *software* “Anylogic” em que, numa fase inicial, se procedeu ao desenho de cada um dos *layouts* representados nas figuras 10, 11 e 12, resultantes dos diferentes critérios considerados para a localização geográfica dos produtos. Este desenho incluiu as estantes (incluindo todas as posições de armazenamento disponíveis ao longo de toda a superfície do armazém), todos os caminhos que os *pickers* percorrem para chegar às várias localizações, zonas de receção de mercadoria e de expedição e as estantes de expedição. As estantes de expedição, embora não sejam relevantes para a análise do processo de *picking*, estão incluídas neste desenho porque ocupam as posições mais próximas da zona de expedição (o que implica que os *pickers* tenham de contornar as mesmas para chegar às posições de *stock*).

Este *software* é programado com base em diagramas de blocos e um pouco de linguagem Java. Os blocos disponíveis incluem algumas tarefas complexas como: receção para *stock*; “*pick from stock*”; atribuição de um *picker* a uma determinada tarefa e chegada de mercadoria vinda do fornecedor. Dentro de cada bloco é possível definir parâmetros simples como a velocidade de deslocação dos *pickers*, o tempo que estes demoram na realização de uma tarefa e a localização dos trabalhadores no início do processo. No entanto, para a realização de algumas tarefas (como a receção parcial para caixas de expedição seguido da receção para armazenamento) o nível de programação é significativo, o que exigiria mais tempo de

familiarização com o programa. Esta é a razão pela qual o processo de receção de mercadoria não foi incluído na modelação em causa.

Após a definição dos vários *layouts* alternativos, dos parâmetros já calculados e dos diagramas de blocos relativos a cada um dos casos é necessário definir tarefas de *picking* para incluir na simulação. Embora o ideal fosse a utilização de encomendas reais, esta análise não foi possível porque, aquando da realização deste estudo, o armazém já não possuía grande parte das peças incluídas na análise ABC (COI). Isto implicou a necessidade de definir encomendas de uma forma aleatória, o que acarreta um grande problema: quando se faz uma análise ABC, é mais provável que uma tarefa de *picking* inclua um produto da categoria A do que um da categoria C. Também é necessário ter em conta que os clientes de maior dimensão têm maior probabilidade de ser incluídos em tarefas de *picking* do que os mais pequenos. Assim, torna-se necessário calcular algumas probabilidades do tipo:

$$P(\text{produto incluído numa tarefa de picking estar incluído na zona A}) = x\%$$

$$P(\text{produto incluído numa tarefa de picking pertencer ao cliente MA}) = y\%$$

$$P\left(\begin{array}{l} \text{produto incluído numa tarefa de picking ser do tipo B, dado que} \\ \text{pertence ao cliente WR} \end{array}\right) = z\%$$

As probabilidades x, y e z podem ser obtidas através da análise dos dados recolhidos da análise ABC (COI). Para o caso em que o *layout* da zona de armazenamento é definido apenas com base no agrupamento de produtos por cliente, sendo os itens de cada cliente colocados de uma forma aleatória (caso 1, relativo à figura 10), as probabilidades são definidas com base no volume de vendas que cada cliente possui. A tabela 13 indica o número de peças recebidas de cada cliente, bem como as quantidades vendidas na última coleção e a respetiva probabilidade de estar incluído numa tarefa de *picking*.

Tabela 13 – Probabilidades de uma tarefa de *picking* pertencer a um cliente (com base nas quantidades vendidas)

Cliente	Quant. Recebida	Quant. Vendida	P (Cliente)
FF	2143	897	1.63%
WR	23205	20525	37.35%
MA	10338	9673	17.60%
II	13705	10528	19.16%
NZ	13328	13328	24.25%

Para o caso 2 (classificação ABC global) as probabilidades são definidas com base na percentagem de vendas que se consegue com os produtos incluídos em cada uma das classes A, B e C. Recuperando a análise efetuada na secção 4.3 foi definida a tabela 14.

Tabela 14 – Probabilidade de um produto existente numa tarefa de *picking* estar incluído nas zonas A, B e C

Classificação	P (Classificação)
A	57.13%
B	31.31%
C	11.56%

Por último, para o caso ABC por cliente (caso 3) determinaram-se as probabilidades pretendidas através da multiplicação da probabilidade de um item ter uma determinada classificação pela probabilidade de pertencer a um determinado cliente. Os resultados desta análise são apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Probabilidade conjunta de um item (numa tarefa de *picking*) pertencer a um determinado cliente e, em simultâneo a uma classificação (A, B ou C)

Classificação	Cliente	P (Classificação)	P(Cliente)	P(Classificação)*P(Cliente)
A	FF	57.13%	1.63%	0.93%
A	WR	57.13%	37.35%	21.34%
A	MA	57.13%	17.60%	10.06%
A	II	57.13%	19.16%	10.95%
A	NZ	57.13%	24.25%	13.86%
B	FF	31.31%	1.63%	0.51%
B	WR	31.31%	37.35%	11.69%
B	MA	31.31%	17.60%	5.51%
B	II	31.31%	19.16%	6.00%
B	NZ	31.31%	24.25%	7.59%
C	FF	11.56%	1.63%	0.19%
C	WR	11.56%	37.35%	4.32%
C	MA	11.56%	17.60%	2.03%
C	II	11.56%	19.16%	2.21%
C	NZ	11.56%	24.25%	2.80%

Agora é possível a realização dos diagramas de blocos completos (com todas as probabilidades). As figuras 13, 14 e 15 representam os diagramas de blocos relativos aos casos 1, 2 e 3, respetivamente. De notar que esta não é a apresentação existente no *software* utilizado mas a lógica é mais perceptível desta forma.

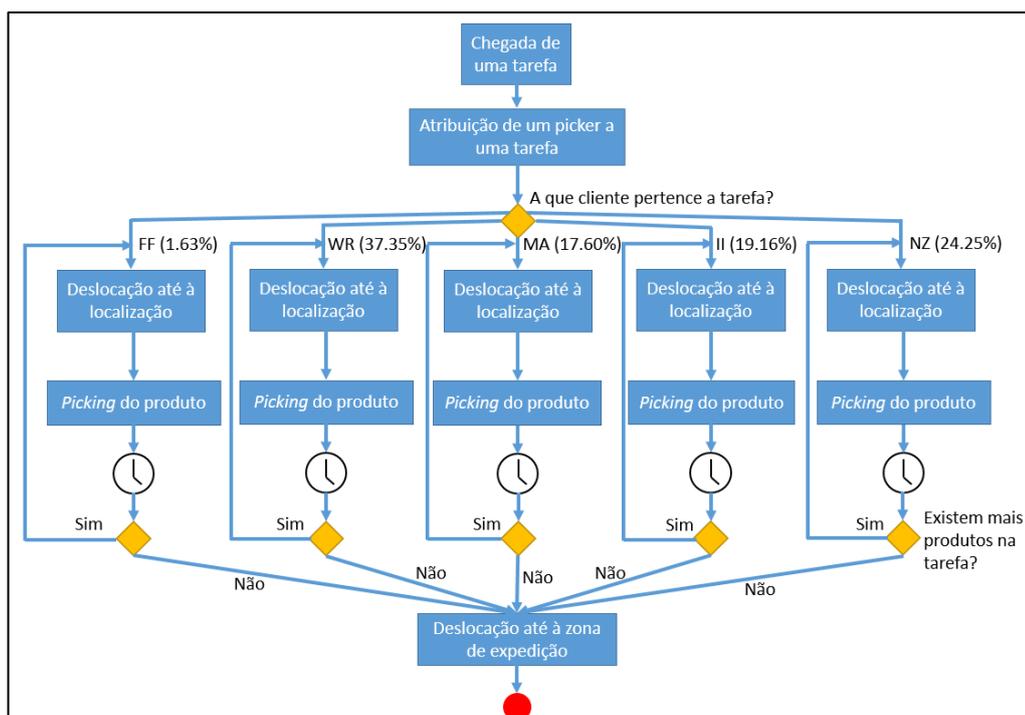


Figura 13 - Diagrama de blocos relativo ao caso 1 (agrupamento por cliente)

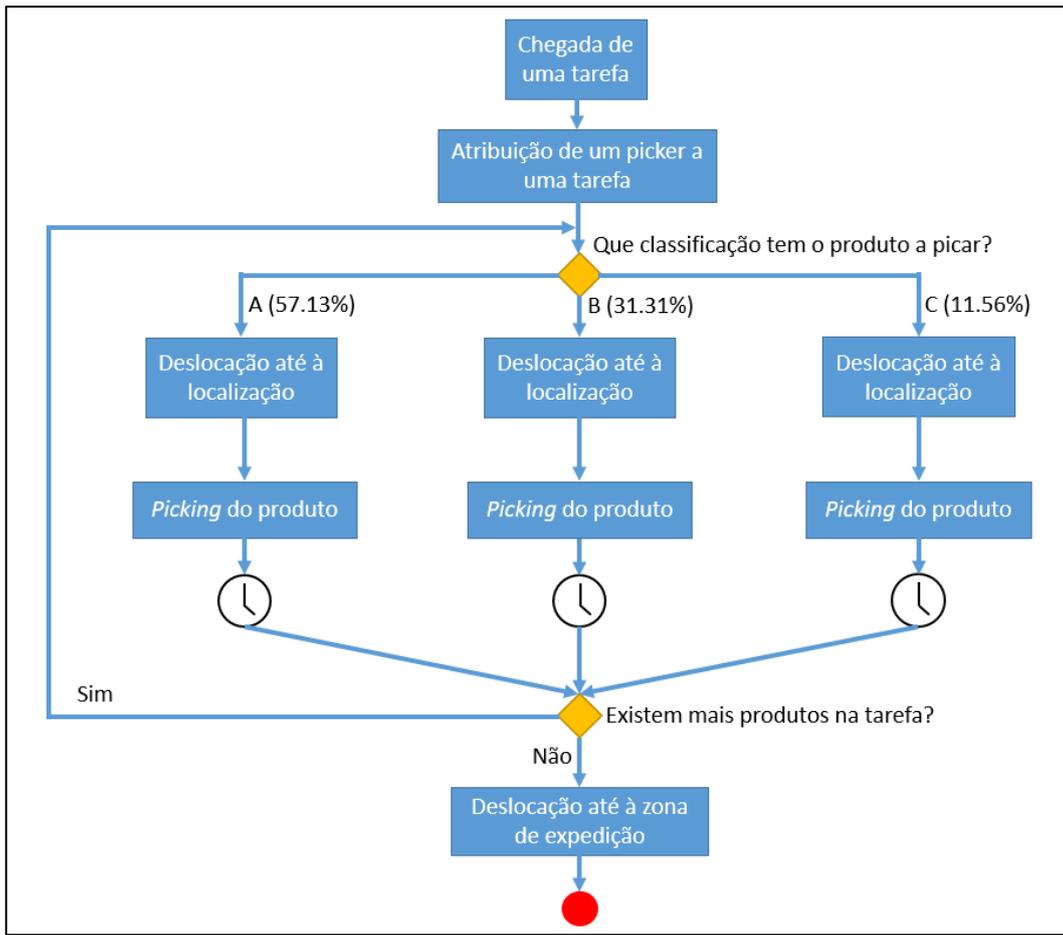


Figura 14 - Diagrama de blocos relativo ao caso 2 (análise ABC global)

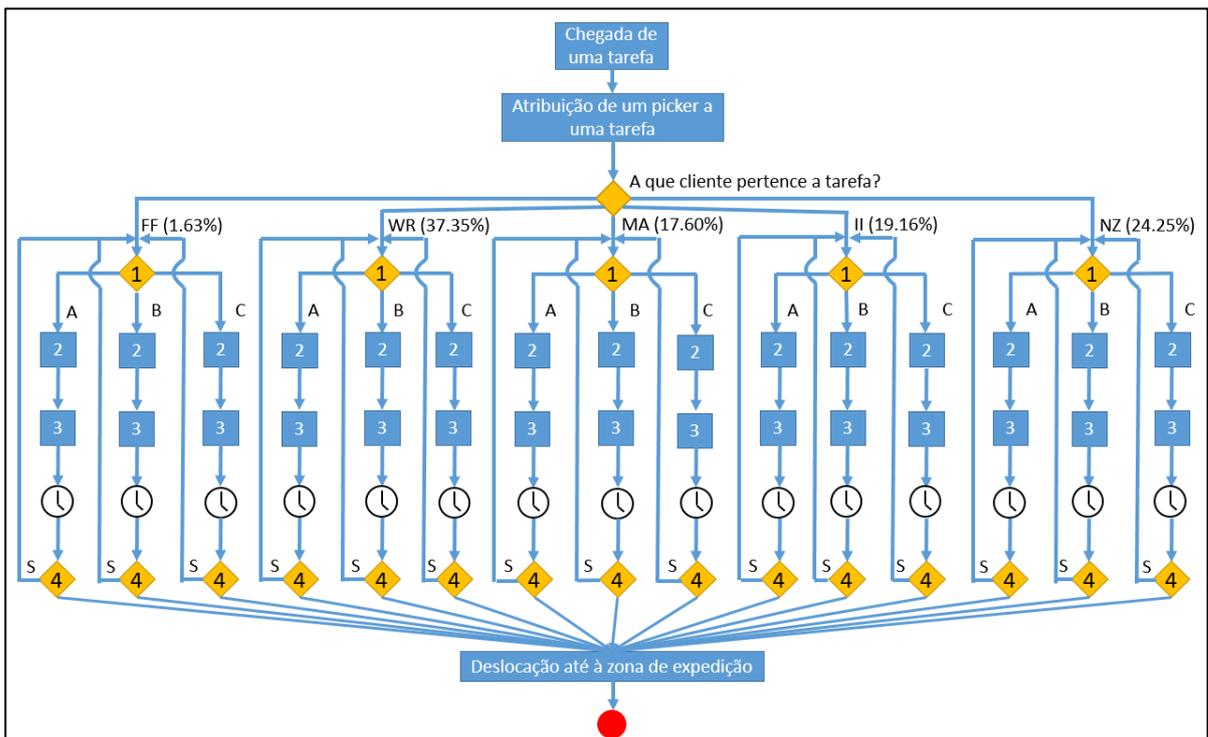


Figura 15 - Diagrama de blocos relativo ao caso 3 (análise ABC por cliente)

Legenda do diagrama de blocos representado na figura 15: 1 – “Que classificação tem o produto a picar?”; 2 – “Deslocação até à localização”; 3 – “*Picking* do produto”; 4 – “Existem mais produtos na tarefa?”.

As circunferências com forma de relógio representadas nas figuras 13, 14 e 15 representam o tempo de *picking*. Na figura 15, as probabilidades de se passar no ponto de decisão 1 para cada uma das categorias A, B ou C são iguais às representadas na tabela 14 que, quando multiplicadas pelas percentagens representadas no primeiro ponto de decisão, dão as probabilidades representadas na última coluna da tabela 15. Após a conclusão desta etapa só resta a definição das tarefas de *picking*.

As quantidades de *picks* efetuados em cada encomenda apenas foram possíveis de determinar para um dos clientes da HUUB. A justificação para este problema é que, quando se consulta a informação relativa à última coleção, não é possível fazer a distinção entre produtos incluídos em tarefas de *pick from stock* e os produtos que foram recebidos diretamente para caixas de encomenda. A informação disponível permite saber quais os itens vendidos, as suas quantidades e a que encomenda pertencem mas não permite saber se foram provenientes de posições de armazenamento. O cliente MA, no entanto, exige que toda a mercadoria que chega seja recebida diretamente para armazenamento, permitindo assim tirar conclusões em relação ao número de itens presentes em cada tarefa de *picking*. A figura 16 permite verificar o número de produtos existentes em cada tarefa de *picking* (eixo horizontal) e o número de vezes que apareceu uma tarefa de *picking* com essa quantidade (eixo vertical).

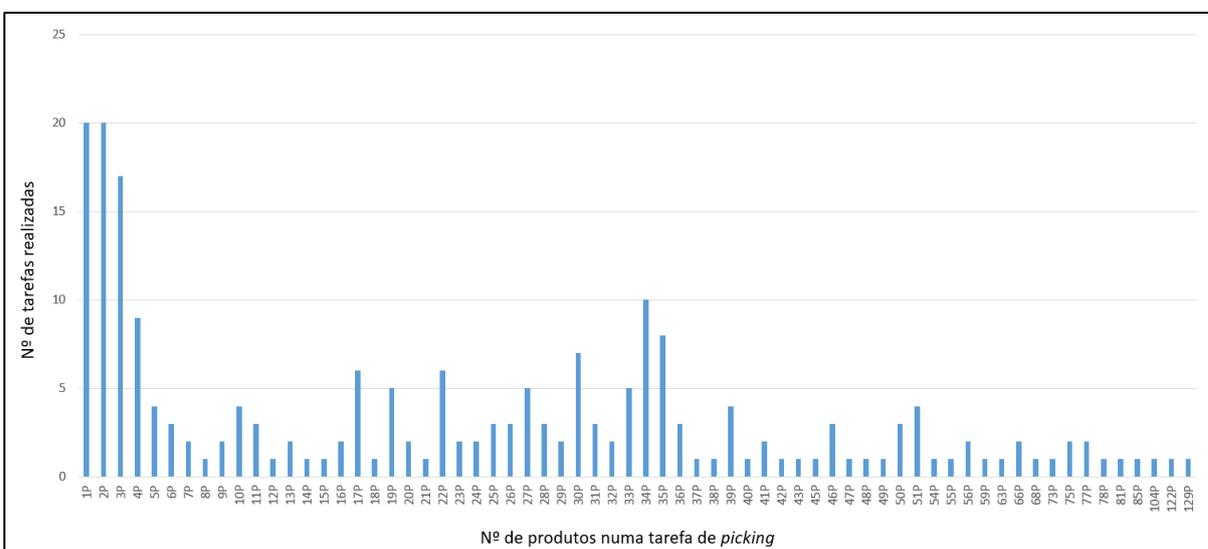


Figura 16 - Distribuição do número de produtos incluído em cada tarefa de *picking* e respetiva frequência absoluta

Procedeu-se à divisão do gráfico apresentado na figura 16 em três partes (com contribuições iguais no total de encomendas), sendo que a primeira inclui encomendas de pequena dimensão (*e-commerce*), a segunda encomendas de média dimensão e, por fim, as encomendas de grande dimensão. De seguida foi calculada uma média ponderada do número de unidades incluídas em cada um dos três tipos de encomendas, obtendo-se:

- Pequena dimensão = 3 unidades;
- Média dimensão = 21 unidades;
- Grande dimensão = 49 unidades.

Ou seja, quando ocorre a chegada de uma tarefa de *picking*, o *software* define aleatoriamente o seu tamanho de entre estas três opções (3, 21 ou 49).

Tendo em conta todos os parâmetros já definidos, efetuou-se a simulação para um número arbitrário de 1000 encomendas. Tendo em conta que a HUUB conta regularmente com 4 trabalhadores no armazém, correu-se o modelo e obteve-se a distância total percorrida e o tempo necessário para completar esse número de tarefas para cada um dos layouts alternativos. Os resultados obtidos estão representados na tabela 16.

Tabela 16 – Resultados obtidos após simulação dos 3 diferentes *layouts*

Layout	Tempo decorrido	Distância percorrida (4 pickers) [m]	Distância média por picker por encomenda [m]
Divisão por cliente	17h53m	291090	72.8
ABC global	15h25m	243762	60.9
ABC por cliente	16h04m	250682	62.7

A tabela 16 permite concluir que a distância percorrida total nas tarefas de picking é reduzida em 16% e 14% (valores aproximados), respetivamente, para os casos ABC global e ABC por cliente, em relação à situação atual (divisão por cliente). Os resultados apresentados para o estudo ABC/cliente são, no entanto, ilusórios uma vez que, como só foram incluídos 5 clientes na análise, estes ocuparam sempre as posições de cada corredor mais próximas da zona de expedição. Ou seja, quando se introduzir um novo cliente este pode ter todos os seus produtos (A, B e C) incluídos numa zona correspondente à classificação C na análise global. Embora a alteração de *layout* atual seja, com base nos dados apresentados, necessária para a melhoria do processo de *picking*, a escolha entre as duas alternativas à configuração atual exige uma análise comparativa.

O modelo foi validado através da análise aos tempos decorridos para chegar a uma determinada posição de *stock* na simulação e os tempos decorridos para chegar a essa mesma posição numa situação real. Verificaram-se tempos semelhantes para os dois casos. Foi também efetuada uma segunda corrida para cada um dos casos mas constatou-se que a distância percorrida não tem uma variação significativa, uma vez que grande parte dos parâmetros são constantes.

Quando se utiliza o critério ABC global e se angaria um novo cliente, os seus produtos devem ser colocados numa zona separada até que seja recolhida a informação necessária para os classificar numa das classes. No final de cada coleção tem de se proceder a uma reformulação global de cada uma das zonas A, B e C. Por outro lado, a análise ABC por cliente permite atribuir, desde o primeiro momento, uma zona a um cliente e todas as modificações são efetuadas dentro da zona definida para cada um destes. O grande inconveniente desta análise é a possibilidade de angariação de um cliente novo (que pode ter grande dimensão) numa zona muito pouco favorável para *picking*, prejudicando assim o nível de serviço para esse cliente. Assim, faz sentido que a solução a adotar passe pela análise ABC global com uma zona de armazenamento especial para recolha de dados.

4.6 Análise financeira de algumas soluções implementadas

Nesta secção será efetuada uma breve análise financeira às soluções apresentadas ao longo do relatório. Aqui está apenas incluída a poupança direta para a empresa, em termos monetários, na aquisição de produtos necessários à operação. Ou seja, ganhos resultantes da melhoria da ergonomia das operações ainda não possuem dados que permitam verificar a vantagem da sua implementação.

A alteração das caixas de armazenamento para umas de maior dimensão permitiu, como já foi referido, aumentar a capacidade do armazém em 77%. O custo da encomenda de caixas e estantes varia com o número de níveis (prateleiras) e com o número de caixas e o volume das mesmas. Assim, para a solução apresentada para as caixas novas, são necessários mais níveis por estante mas, ao mesmo tempo, são necessárias menos caixas de *stock* e menos estantes (resultante do aumento de capacidade por estante). A tabela 17 representa os custos de cada uma das soluções apresentadas.

Tabela 17 – Análise financeira ao caso das estantes e caixas de *stock*

Parâmetros	Caixas Antigas	Caixas Novas	Δ
Número médio de produtos por estante	153	271	118
Número de caixas por estante	48	21	-27
Número de níveis por estante	5	8	3
Preço de uma estante	84.17 €	125.10 €	40.93 €
Preço de uma caixa de <i>stock</i>	0.53 €	0.54 €	0.01 €
Preço de uma estante c/ caixas de <i>stock</i>	135.05 €	147.86 €	12.81 €
Preço para 10 mil peças de MA	4 456.58 €	2 804.32 €	-1 652.26 €

A introdução de um novo tamanho na encomenda de caixas de expedição (caixa 600x400x600) permitiu uma poupança no número de caixas dos seguintes tipos: 600x400x400, 600x400x300, 600x400x200. A tabela 18 permite a análise dos custos de cada um destes tipos de caixa e a poupança que se prevê na próxima coleção com a introdução deste novo modelo.

Tabela 18 – Análise financeira ao caso das caixas de expedição

Caixa [mm]	Preço (Unidade)	Nº Caixas Teórico	Nº Caixas Real	Δ
600x400x400	0.680 €	1624	768	-582.08 €
400x300x200	0.353 €	662	662	0 €
600x400x300	0.590 €	607	593	-8.26 €
600x400x200	0.508 €	453	437	-8.13 €
1000x600x600	1.754 €	81	81	0 €
600x400x600	0.870 €	0	587	+510.69 €
Σ	-	3428	3128	-87.78 €

Em relação à redução na distância percorrida pelos trabalhadores em tarefas de *picking* conseguida com a introdução do critério ABC global, consegue-se uma poupança resultante da menor utilização dos recursos humanos presentes no armazém. A poupança que se consegue com este critério de localização está na ordem dos 14% em relação à situação atual.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

Após o estudo realizado é possível concluir que no desenho de um armazém logístico, mais do que a disposição e localização das estantes e das zonas de receção e expedição, é necessário ter em conta todos os processos (desde a receção de mercadoria até à expedição de produtos). Os processos desempenhados no armazém são o que define as necessidades para cada caso de estudo. Ou seja, embora existam alguns estudos que garantam a melhoria da eficiência de um processo, através da implementação de determinados procedimentos, todas as hipóteses devem ser consideradas para cada caso específico.

Na doca de receção, a implementação de um sistema de armazenamento por palete com pequenos corredores entre estas permitiu uma melhoria da organização das caixas que se encontram nesta zona. Estando sempre visível, pelo menos, uma face de cada uma das caixas é garantida uma identificação mais rápida do que está dentro delas, o que permite maior eficiência ao processo de receção de mercadoria. Foi também definida a capacidade máxima desta zona, para que seja garantido o espaço necessário, mesmo nas alturas de maior número de receções no armazém.

Para a zona de expedição, a análise de todos os envios efetuados na última coleção permitiu fazer, para além do dimensionamento dessa zona, um estudo das empresas transportadoras que serão mais utilizadas daqui para a frente. A previsão da duplicação de vendas para o ano subsequente foi tida em causa para esta análise. Foi definido que o armazenamento na zona de expedição é feito de uma forma mista (parte em palete e parte em estante), existindo o cuidado de separação de zonas distintas para empresas transportadoras diferentes. Esta separação permite maior rapidez na recolha por parte das transportadoras, já que se elimina o tempo de procura de um determinado volume para expedir.

A pesquisa de soluções de armazenamento alternativas permitiu, através da introdução de um novo tamanho de caixa, aumentar a capacidade do armazém (por via do aumento do número médio de produtos por metro quadrado). O ganho de peças armazenadas por estante aumentou em 77% para o caso do cliente MA e, na análise de custos efetuada para 10 mil peças, estimou-se uma redução de 59% no custo total da encomenda de estantes e de caixas de *stock*. A introdução deste tipo de caixa permitiu também uma melhoria das condições de trabalho em termos ergonómicos, apresentando uma maior durabilidade do que as anteriores e uma redução do tempo de montagem das estantes.

A análise dos volumes enviados permitiu tirar conclusões em relação aos tipos de caixas que são habitualmente necessárias nas atividades desempenhadas pela HUUB. Este estudo conduziu à determinação dos tamanhos a utilizar no futuro para os envios, bem como das quantidades necessárias a encomendar de cada um desses tipos, para a próxima coleção. A pesquisa efetuada garantiu, através da introdução de um modelo novo de caixa, a redução do número total de caixas em 300 unidades (redução prevista do número de caixas para a próxima coleção) e, conseqüentemente, uma redução de 4% no valor da fatura das mesmas.

A classificação de produtos permitiu perceber quais os itens que têm maior rotação e que, devido a esse facto, devem ser colocados em posições mais privilegiadas para o *picking*. Quando existe grande diversidade de produtos em termos de formas e dimensões (como o caso em estudo), a solução indicada é a classificação ABC (COI). Esta análise permitiu agrupar os produtos em classes e perceber em que zona devem ser colocados cada um dos SKUs que chega ao armazém. Esta é uma análise que exige um grande volume de dados que, dado o facto da empresa ser recente, ainda não está disponível. Assim, é importante garantir uma continuidade deste estudo, para que se possa atualizar a classificação dos produtos e a respetiva localização geográfica no armazém no fim de cada coleção.

Os dois métodos de classificação ABC (por cliente e global) permitiram, juntamente com o método atual, simular qual destes seria a melhor opção para minimizar a distância percorrida

pelos *pickers*. A classificação ABC (COI) de todos os produtos presentes em armazém (independentemente do cliente) permitiu a obtenção de uma distância percorrida mínima (redução de 16% em relação à situação atual). Apesar da classificação ABC por cliente apresentar resultados muito próximos desta (2% de diferença na distância percorrida), estes resultados são ilusórios porque, com os clientes incluídos neste estudo (apenas 5), todos eles ficam com posições altamente privilegiadas. Quando fosse angariado outro cliente, este iria ficar com localizações de armazenamento muito distantes da zona de expedição (incluindo para os produtos de classificação A), aumentando desta forma a distância média percorrida. Dada a constante angariação de novos clientes nesta fase de desenvolvimento da empresa, sentiu-se a necessidade de criar uma zona de armazenamento temporário, enquanto serão recolhidos os dados necessários para que, nas coleções subsequentes, estas peças possam ser colocadas nas zonas A, B ou C. O *layout* final que minimiza a distância percorrida pelos trabalhadores está representado na figura 17.

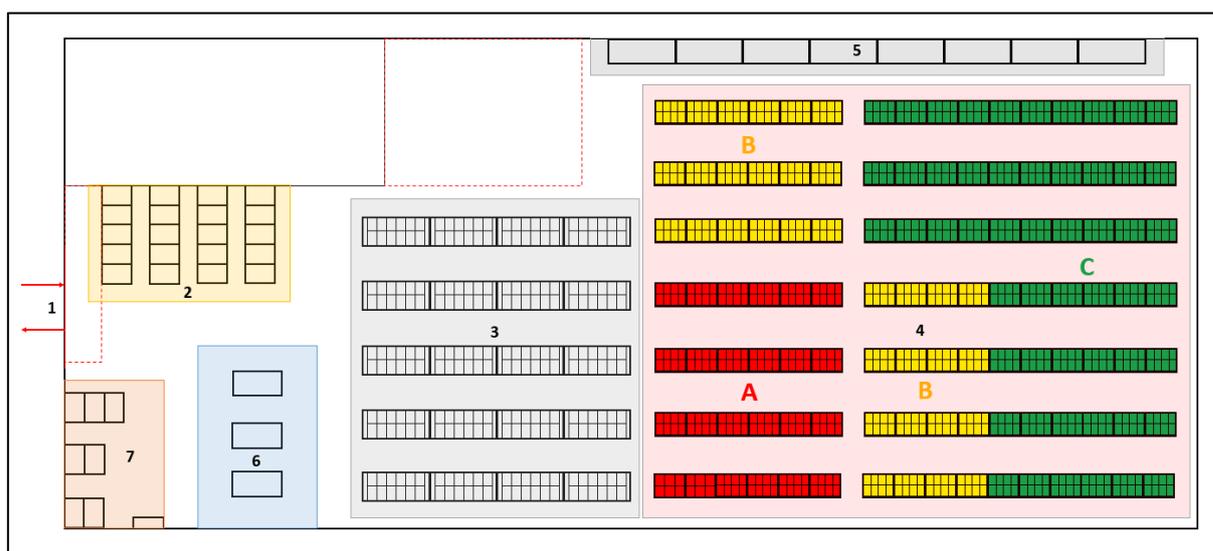


Figura 17 - *Layout* global do armazém que minimiza a distância percorrida pelos *pickers*

Zonas do *layout* representado na figura 17: 1 – Entrada/saída do armazém; 2 – Zona de receção de mercadoria (paletes); 3 – Zona de estantes para caixas de expedição; 4 – Zona de estantes para localizações de *picking*; 5 – Zona de estantes para produtos de grande dimensão; 6 – Bancas de trabalho para tarefas de expedição; 7 – Zona de expedição (paletes e uma estante divididas por transportadora).

O futuro da atividade desenvolvida no armazém logístico da HUUB passa maioritariamente pela melhoria da eficiência dos processos e pela introdução de novas tecnologias que permitam reduzir o tempo que a mercadoria passa na posse da empresa. O grande objetivo passa por fazer do armazém uma linha de montagem com processos normalizados para cada uma das atividades aqui desempenhadas. A introdução de novas tecnologias como RFID e a utilização de *conveyors* são também formas de reduzir o tempo de processamento dos itens e diminuir o número de erros existentes.

A tecnologia de RFID permite uma redução de tempo substancial no processo de receção. Através do desenvolvimento de um portal (constituído por um leitor fixo e várias antenas) é possível fazer a leitura de vários itens que entram no armazém, sem necessidade de os retirar das caixas onde estão armazenados. Também o processo de *picking* é beneficiado, com base em alguns estudos, com ganhos de eficiência na ordem dos 500% e com a redução do número de erros inerentes ao processo. O *picking* de conferência (segundo processo de *picking* efetuado na zona de expedição para garantir que todas as caixas têm os itens certos e nas quantidades

desejadas) deixa de existir com a introdução desta tecnologia uma vez que, com uma passagem num portal semelhante ao já referido, esta confirmação é feita de forma praticamente instantânea.

O processo de expedição é realmente o *bottleneck* de todas as tarefas desempenhadas no armazém. Além do processo de *picking* de conferência, este inclui tarefas como a medição e pesagem de todas as caixas a expedir, impressão e colocação de faturas, selagem das caixas e colagem de etiquetas relativas à transportadora que vai efetuar o envio. Um *conveyor* equipado com vários sensores ultrassons (para medição da caixa), uma célula de carga para pesagem, impressoras para etiquetas/faturas e braços mecânicos para a colocação destas permitiria uma poupança significativa de tempo em todo o processo.

Devido ao aumento recente das vendas via *e-commerce*, a introdução de uma zona de *picking* rápida muito próxima da zona de expedição pode ser uma solução pode ser benéfica para a operação. Esta deve incluir os produtos mais vendidos através desta via e deve permitir um *picking* mais eficiente (e.g. *picking by light*).

Referências

- Borshchev, A. (2013). The Big Book of Simulation Modeling AnyLogic North American
- Chan, F. T. S. and H. K. Chan (2011). "Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage." Expert Systems with Applications **38**(3): 2686-2700.
- De Koster, R., T. Le-Duc and K. J. Roodbergen (2007). "Design and control of warehouse order picking: A literature review." European Journal of Operational Research **182**(2): 481-501.
- F., C., M. G. and P. A. (1998). "Routing policies and COI-based storage policies in picker-to-part systems." int. j. prod. res. **36**(3): 713-732.
- Gu, J., M. Goetschalckx and L. F. McGinnis (2007). "Research on warehouse operation: A comprehensive review." European Journal of Operational Research **177**(1): 1-21.
- Jemelka, M., B. Chramcov and P. Kříž (2016). "Design of the storage location based on the ABC analyses." **1738**: 120026.
- Petersen, C. G. and G. Aase (2004). "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking." International Journal of Production Economics **92**(1): 11-19.
- Roodbergen, K. J. and R. de Koster (2001). "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle." European Journal of Operational Research **133**(1): 32-43.
- Rushton, A., P. Croucher and P. Baker (2014). The handbook of logistics and distribution management KoganPage.