



**Filipa Rodrigues Inácio**

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Proposta de melhoria do processo de *picking* de um armazém**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Machado,  
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Coorientadora: Professora Doutora Ana Paula Barroso,  
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes  
Nunes

Arguentes: Professor Doutor Izunildo Fernandes Cabral

Vogais: Professora Doutora Virgínia Helena Machado  
Engenheiro Sérgio Quinteiro



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

setembro, 2019



## **Proposta de melhoria do processo de *picking* de um armazém**

Copyright © Filipa Rodrigues Inácio, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



# Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço aos meus orientadores. À Professora Doutora Virgínia Machado e à Professora Doutora Ana Paula Barroso, orientadora e coorientadora desta dissertação, por todo o apoio, disponibilidade, sugestões, acompanhamento e sincera preocupação. Ao responsável pelo acompanhamento do meu trabalho na GLSMED Trade S.A., Engenheiro Sérgio Quinteiro, Diretor Adjunto da Direção de Logística e Suporte Operacional, pela disponibilização de todos os dados, simpatia, paciência, acompanhamento do meu trabalho, análises críticas, esclarecimento de dúvidas e real preocupação para a concretização desta dissertação.

Agradeço à empresa GLSMED Trade S.A. pela oportunidade de desenvolver esta dissertação. Um obrigada a todos os colaboradores da empresa, por todas as explicações, suporte e acompanhamento na realização deste trabalho.

A toda a minha família que me apoiou ao longo de todo o meu percurso académico. Em especial aos meus pais, Graça e José, que sempre acreditaram em mim e me ajudaram a concretizar grande parte dos meus objetivos. À minha irmã Raquel e ao André, que considero como irmão, por toda a paciência, ajuda, acompanhamento e dedicação durante todo o meu percurso universitário, em especial no desenvolvimento desta dissertação.

A todos os meus amigos e colegas de curso, em especial à Débora e à Corina, pelo companheirismo e amizade ao longo de todo o nosso percurso académico.

Aos meus amigos de sempre pela nossa amizade genuína.

A todos, o meu muito obrigada.



# Resumo

Na gestão de armazéns é fundamental a execução de um processo de *picking* eficiente. A melhoria deste processo promove maior rendimento dos recursos disponíveis, reduzindo a duração das atividades implícitas ao processo que, em última instância, poderá levar à redução de custos. Nesta dissertação é analisado o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade, sendo estudadas e propostas várias melhorias.

Sendo a GLSMED Trade uma empresa que centraliza as compras e a armazenagem dos artigos consumidos pelas unidades hospitalares do Grupo Luz Saúde, o *picking* das encomendas é um dos processos mais importantes na atividade da empresa. O objetivo principal desta dissertação é analisar o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade e propor soluções de melhoria com vista à redução da duração deste processo. Para reduzir os custos associados ao processo de *picking* através da redução da sua duração total, foram desenvolvidos cenários com propostas de melhoria. No armazém 1 (armazém em estudo) para cada encomenda são executados dois tipos de *picking*, um no nível 0 (executado com empilhador manual) e o outro nos níveis 1, 2 e 3 (executado com um empilhador elétrico). Para o desenvolvimento das propostas de melhoria recorreu-se a dados do processo de *picking* e do armazém 1. Foi realizada a observação direta do trabalho dos operadores e a cronometragem das atividades. Analisaram-se as listas de *picking* do ano de 2017 e, com essa informação, organizaram-se os artigos através de uma análise ABC, o que permitiu reorganizar o armazenamento dos artigos.

No desenvolvimento das propostas de melhoria o sistema real foi dividido em dois subsistemas (Subsistema 1, nível 0 e Subsistema 2, níveis 1, 2 e 3) o que proporcionou o desenvolvimento de 2 modelos (Modelo 1 e 2) que representam o sistema real. Através destes modelos foram formulados cenários base (um para cada modelo, como referência) e cenários com propostas de melhoria (sete para o Modelo 1 e três para o Modelo 2). No Modelo 1 foram estudados três fatores: o tipo de empilhador, localizações dos artigos e o número de listas de encomendas. No Modelo 2 analisaram-se dois fatores: localizações dos artigos e o número de listas de encomendas.

Foram realizadas 40 replicações para cada cenário, que permitiram concluir que para o Subsistema 1 a melhor proposta seria executar o *picking* com um empilhador elétrico e com as localizações dos artigos organizadas segundo a tipificação da análise ABC. Como atualmente é utilizado o empilhador manual no Subsistema 1, foi tida em conta a possibilidade de se manter a sua utilização. Neste caso, a melhor proposta seria implementar o armazenamento dos artigos segundo a análise ABC. Para o Subsistema 2 concluiu-se que a proposta mais eficiente seria organizar o armazenamento dos artigos segundo a análise ABC e as cinco listas de encomendas agrupadas numa só.

Palavras-chave: logística, *picking*, gestão de armazéns, simulação, análise ABC.

# Abstract

In warehouse management it's essential to have an efficient picking process. Improving this process promotes higher productivity of available resources, reduce the duration of activities implicit in the process which, in last instance, may reduce costs. In this thesis the GLSMED Trade company's picking process is analyzed being studied and proposed several improvements.

Being GLSMED Trade a company that centralizes the purchases and storage of items consumed by Grupo Luz Saúde hospital units, picking is one of the most important processes in the company activity. The main objective of this dissertation is to analyze the process of choosing the company GLSMED Trade and to propose improvement solutions to reduce the duration of this process. In order to reduce the costs associated with the picking process by reducing its total duration, scenarios with improvement proposals were developed. In warehouse 1 (study warehouse) and for each order, two picking types are performed, one at level 0 (executed with a manual forklift) and the other at levels 1, 2 and 3 (performed with an electric forklift). The construction and definition of improvement proposals was based on data from the picking process and from warehouse 1. Direct observation over the operators' work and activity timing was performed. The picking lists of the year 2017 were analyzed and with this the demand of the articles was analyzed through an ABC analysis wich allowed reorganizing the storage of articles.

During the development of the improvement proposals the real system was divided into two subsystems (Subsystem 1, level 0 and Subsystem 2, levels 1, 2 and 3) providing the development of 2 models (Model 1 and 2) that represent the real system. Through these models, base scenarios (one for each model, as a reference) and scenarios with improvement proposals (seven for model 1 and three for model 2) were formulated. In model 1, three factors were studied: the type of forklift, article locations and the number of order lists. In model 2, two factors were analyzed: article locations and the number of order lists.

For each scenario forty replications were performed, which showed that for Subsystem 1 the best proposal would be to perform the picking with an electric forklift and with the locations of the articles organized according to the ABC analysis typification. As at present Subsystem 1 is used by the hand forklift, it has been considered the possibility of keeping it in use. In this case, the best proposal would be to implement the storage of articles according to the ABC analysis. For subsystem 2 it was concluded that the most efficient proposal would be to organize the storage of items according to the ABC analysis and the five order lists grouped into one.

Keywords: logistics, picking, warehouse management, simulation, ABC analysis.



# Índice de conteúdos

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento e justificação do tema	1
1.2	Objetivos da dissertação	2
1.3	Metodologia da investigação	2
1.4	Estrutura da dissertação	3
<b>2</b>	<b>Gestão da armazenagem e simulação</b>	<b>5</b>
2.1	Metodologia do caso de estudo	5
2.1.1	Processo de investigação	5
2.2	Gestão de armazéns na gestão logística	6
2.3	Análise de sistemas e simulação	12
2.3.1	Análise e tipo de sistemas	13
2.3.2	Modelos de simulação	13
2.3.3	Software Arena	17
2.4	Casos de estudo envolvendo simulação e <i>picking</i>	18
2.4.1	Caso de estudo 1	18
2.4.2	Caso de estudo 2	20
2.5	Síntese do capítulo	22
<b>3</b>	<b>Caracterização do caso de estudo. A operação de <i>picking</i> na GLSMED Trade</b>	<b>25</b>
3.1	Grupo Luz Saúde	25
3.2	Empresa GLSMED TRADE	26
3.3	Armazém 1	26
3.3.1	Identificação dos <i>racks</i>	28
3.3.2	Artigos armazenados	29
3.3.3	Operadores	30
3.4	Armazenagem na GLSMED Trade	30
3.5	<i>Picking</i> na GLSMED Trade	30
3.5.1	Listas e rotas de <i>picking</i>	31
3.5.2	<i>Picking</i> no nível 0	32
3.5.3	<i>Picking</i> nos níveis 1, 2 e 3	33
3.6	Preparação das paletes para expedição	36
3.6.1	Sistema de encomendas	38
3.7	Dados recolhidos e analisados	38
3.7.1	Dados observados no sistema e respetiva análise	39



6.2 Propostas futuras .....	87
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>89</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>91</b>
Anexo A - Distribuições estatísticas .....	91
Anexo B - Análise ABC .....	92
Anexo C - Valores cronometrados.....	93
Anexo D – Modelo arena subsistema 1 .....	107
Anexo E - Modelo arena subsistema 2 .....	108

# Índice de Figuras

Figura 1.1 Cronograma de atividades de investigação.....	2
Figura 2.1 Atividades envolvidas no armazém desde a receção até à expedição dos artigos .....	6
Figura 2.2 Curva de Pareto .....	7
Figura 2.3 Formas comuns de implementar o método de armazenamento ABC.....	8
Figura 2.4 Distribuição do tempo despendido pelo operador nas atividades .....	9
Figura 2.5 Método serpentina .....	10
Figura 2.6 Estratégia de retorno.....	10
Figura 2.7 Método do ponto médio .....	11
Figura 2.8 Método do maior intervalo.....	11
Figura 2.9 Método de rotas combinado.....	12
Figura 2.10 Solução ótima.....	12
Figura 2.11 Formas de estudar um sistema.....	13
Figura 2.12 Metodologia de um modelo de simulação .....	15
Figura 3.1 Distribuição geográfica das unidades Luz Saúde.....	25
Figura 3.2 Armazém 1 .....	26
Figura 3.3 <i>Layout</i> do armazém 1 .....	27
Figura 3.4 <i>Racks</i> da fila A .....	28
Figura 3.5 <i>Racks</i> das filas B e C .....	28
Figura 3.6 Nível 0 das filas de <i>racks</i> D e E .....	28
Figura 3.7 Identificação dos <i>racks</i> .....	29
Figura 3.8 Rota de picking definida pelo programa <i>EYE PEAK</i> .....	31
Figura 3.9 Modelo conceptual do processo de <i>picking</i> do nível 0 .....	33
Figura 3.10 <i>Picking</i> nos níveis 1, 2 e 3 .....	35
Figura 3.11 Modelo conceptual do processo de <i>picking</i> nos níveis 1, 2 e 3.....	36
Figura 3.12 Exemplo de encomendas prontas para irem para a zona de expedição.....	37
Figura 3.13 Atividade 1 operador Z.....	40
Figura 3.14 Organização por áreas do armazém 1 .....	45

Figura 4.1 Denominação dos <i>racks</i> do armazém 1 .....	48
Figura 4.2 Modelo conceptual: detalhe do modelo 1 .....	50
Figura 4.3 Leitura dos ficheiros das listas de encomendas .....	51
Figura 4.4 Parte do modelo que permite procurar o código e a localização do artigo na TabelaProdutos e TabelaQuantidades.....	51
Figura 4.5 Detalhe do modelo: avaliação de ncaixas .....	52
Figura 4.6 Módulo <i>Assign</i> onde é realizado o acerto do <i>stock</i> .....	52
Figura 4.7 Módulos <i>Leave</i> que representam o caminho entre as <i>stations</i> .....	53
Figura 4.8 Características do recurso <i>transporter</i> empilhador.....	53
Figura 4.9 Módulos <i>Enter</i> que representam os <i>racks</i> do armazém 1 .....	54
Figura 4.10 Módulo <i>Decide</i> onde é decidido se é necessário descarregar a palete na base de preparação ou buscar uma palete vazia .....	55
Figura 4.11 Módulo <i>Enter</i> que representa a localização da base de preparação e a duração da atividade de descarregamento .....	56
Figura 4.12 Modelo conceptual: detalhe do modelo 2 .....	57
Figura 4.13 Conjunto de módulos relativos à decisão da encomenda a preparar e à leitura do ficheiro da encomenda respetiva .....	58
Figura 4.14 Parte do modelo que permite procurar o código e a localização do artigo na <i>TabelaProdutos</i> e <i>TabelaQuantidades</i> .....	59
Figura 4.15 Conjunto de módulos onde é definido o valor de <i>bd</i> e feito o acerto do nível de <i>stock</i> ....	59
Figura 4.16 Módulos <i>Leave</i> onde são definidas as deslocações até à base de preparação .....	60
Figura 4.17 Módulos <i>Enter</i> que representam os <i>racks</i> do armazém 1 .....	61
Figura 4.18 Parte do modelo onde é realizado o caminho até à base de preparação através do módulo <i>Leave</i> .....	61
Figura 4.19 Módulo <i>Enter</i> onde é representado o descarregamento da palete na base .....	62
Figura 4.20 Módulo <i>Decide</i> onde é verificado se é necessário arrumar a palete.....	63
Figura 4.21 Parte do modelo onde é verificado se já foi lida toda a lista de encomendas.....	64
Figura 4.22 Módulo <i>Decide</i> onde é avaliado se já foram preparadas todas as encomendas .....	64
Figura 5.1 Resultado do <i>output analyzer</i> do cenário base 1.....	71





# Índice de tabelas

Tabela 3.1 Análise ABC aplicada aos artigos .....	30
Tabela 3.2 Escala dos dias de preparação de encomendas .....	38
Tabela 3.3 Exemplo do sistema de encomendas da GLSMED Trade .....	38
Tabela 3.4 <i>Picking</i> no nível 0 operador Z.....	40
Tabela 3.5 <i>Picking</i> no nível 0 operador Y .....	41
Tabela 3.6 Diferença entre as médias de duração dos operadores Z e Y .....	41
Tabela 3.7 <i>Picking</i> no nível 1, 2 e 3 operador X .....	42
Tabela 3.8 <i>Picking</i> no nível 1, 2 e 3 operador Z .....	42
Tabela 3.9 Diferença entre as médias de duração dos operadores X e Z .....	43
Tabela 5.1 Número de linhas em cada lista de encomendas para os 2 modelos .....	68
Tabela 5.2 Condições do Modelo 1 e dos respetivos cenários.....	69
Tabela 5.3 Condições do Modelo 2 e dos respetivos cenários.....	69
Tabela 5.4 Duração do <i>picking</i> do Cenário base 1 .....	70
Tabela 5.5 Duração do <i>picking</i> no Cenário 1.1 .....	72
Tabela 5.6 Duração do <i>picking</i> do Cenário 1.2.....	73
Tabela 5.7 Duração do <i>picking</i> do Cenário 1.3.....	74
Tabela 5.8 Duração do <i>picking</i> do Cenário 1.4.....	75
Tabela 5.9 Duração do <i>picking</i> do Cenário 1.5.....	76
Tabela 5.10 Duração do <i>picking</i> do cenário 1.6.....	77
Tabela 5.11 Duração de <i>picking</i> do Cenário 1.7.....	78
Tabela 5.12 Durações referentes às simulações dos cenários do Modelo 1 .....	79
Tabela 5.13 Duração do <i>picking</i> do Cenário base 2.....	80
Tabela 5.14 Duração do <i>picking</i> do Cenário 2.1 .....	81
Tabela 5.15 Duração do <i>picking</i> do Cenário 2.2.....	81
Tabela 5.16 Duração do <i>picking</i> do Cenário 2.3.....	82
Tabela 5.17 Durações referentes às simulações dos cenários do Modelo 2 .....	83

Tabela A.1 Distribuições estatísticas.....	91
Tabela B.1 Análise ABC.....	92
Tabela C.1 Operador Y atividade 1 no nível 0.....	93
Tabela C.2 Operador Z atividade 1 no nível 0.....	94
Tabela C.3 Operador Y atividade 2 no nível 0.....	95
Tabela C.4 Operador Z atividade 2 no nível 0.....	96
Tabela C.5 Operador Y atividade 3 no nível 0.....	97
Tabela C.6 Operador Z atividade no nível 0.....	98
Tabela C.7 Operador Z atividade 3 no nível 0.....	99
Tabela C.8 Operador X atividade 1 níveis 1, 2 e 3.....	100
Tabela C.9 Operador Z atividade 2 níveis 1, 2 e 3.....	101
Tabela C.10 Operador X atividade 2 níveis 1, 2 e 3.....	102
Tabela C.11 Operador Z atividade 3 níveis 1, 2 e 3.....	103
Tabela C.12 Operador X atividade 3 níveis 1, 2 e 3.....	104
Tabela C.13 Operador X atividade 3 níveis 1, 2 e 3.....	105
Tabela C.14 Operador X atividade 4 níveis 1, 2 e 3.....	106

# Lista de abreviaturas

BO – Bloco operatório

COI - *Cube-Per-Order*

H. – Hospital

HBA- Hospital Beatriz Ângelo

HLuz- Hospital da Luz

HMar – Hospital do Mar Cuidados Especializados

Int. – Internamento

PDA - *Personal Digital Assistant*

P.E – Preparação de Encomendas

PPP – Parceria Publico-Privada

RFID - Identificação por Rádio Frequência

SNS – Serviço Nacional de Saúde



# 1 Introdução

O presente Capítulo incide no enquadramento e justificação do tema desta dissertação, nos objetivos pretendidos, na metodologia seguida e por fim na estrutura do documento.

## 1.1 Enquadramento e justificação do tema

Num armazém logístico cerca de 50% das despesas operacionais são despendidas no processo de *picking*. Este processo é considerado como o principal no sistema de gestão de armazéns e requer uma grande intensidade de trabalho (Moeller, 2011). Assim, o processo de *picking* tem especial relevância para tarefas de melhoria e é considerado, por isso, como a maior prioridade para melhorias de produtividade quando uma empresa com atividades logísticas pretende resuzir custos e melhorar a produtividade (de Koster, Le-Duc e Roodbergen, 2007).

A presente dissertação tem como foco o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade S.A. (ao longo desta dissertação é utilizada a abreviatura GLSMED Trade). A palavra *picking*, utilizada ao longo deste documento, deriva da terminologia anglo-saxônica, definida como preparação de encomendas.

A empresa GLSMED Trade pertence ao Grupo Luz Saúde, grupo privado hospitalar português, que tem como propósito centralizar as compras de 22 unidades hospitalares do Grupo, nomeadamente artigos de consumo clínico e do departamento de *marketing*, que totalizam 899 referências. Sendo uma empresa a operar no ramo e com artigos de saúde, é fundamental existir uma organização e uma gestão logística eficientes e eficazes. As atividades principais nesta empresa correspondem à receção, à armazenagem, ao *picking*, ao embalamento e à expedição dos artigos. Nesta dissertação foram analisadas as atividades do processo de *picking* e uma parte da armazenagem dos artigos.

A GLSMED Trade possui 2 armazéns, um onde são feitas todas as atividades do processo de *picking* e outro onde é feita a receção e expedição dos artigos. Dada a complexidade das operações intra-armazém é primordial a organização adequada de todas as atividades envolvidas, com especial relevo nesta empresa para o *picking*.

O armazenamento na empresa é realizado de forma aleatória, tendo sido um dos factos apontados como possibilidade de melhoria. A rota de *picking* atual é serpentina e o *picking* é feito por encomenda e cada uma é dividida em duas etapas consoante os níveis das localizações dos artigos (artigos do nível 0 e artigos dos níveis 1, 2 e 3). Cada uma das etapas é feita por um operador com o apoio de dois tipos de empilhador, para o nível 0 é usado um empilhador manual e para os restantes níveis é utilizado um empilhador elétrico. Existem, pois, diversas oportunidades de estudo deste sistema nesta empresa: identificar novas localizações para os artigos no armazém, novas formas de proceder com as listas de encomendas ou relacionadas com os empilhadores utilizados.

## 1.2 Objetivos da dissertação

O objetivo principal da dissertação é analisar o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade e propor soluções de melhoria com vista à redução da duração deste processo. São objetivos secundários:

- i) Compreender e descrever o método de *picking* utilizado atualmente pela empresa GLSMED Trade;
- ii) Identificar o método de armazenamento atual, bem como a capacidade do armazém;
- iii) Analisar as encomendas dos artigos por parte das unidades hospitalares;
- iv) Identificar e desenvolver propostas de melhoria relativamente ao *picking*.

Para esta investigação foram estabelecidas questões que conduziram ao trabalho de investigação:

- a) Como é feito atualmente o *picking* na empresa?
- b) Quais os artigos com maior procura?
- c) Qual a capacidade de armazenamento?
- d) Que tipos de *picking* podem ser aplicados na empresa?
- e) Como é possível reduzir a duração do *picking*?

## 1.3 Metodologia da investigação

De forma a atingir os objetivos propostos é necessário recolher os dados necessários para esta investigação. O primeiro passo será identificar as variáveis necessárias para o estudo: atividades envolvidas no *picking* e na encomenda dos artigos por parte das unidades hospitalares. Após esta identificação é importante realizar *brainstormings* com os responsáveis logísticos da empresa, de forma a validar as variáveis acima mencionadas, bem como identificar outras.

Para obter os dados para o estudo das variáveis, é necessário observar e cronometrar os tempos de *picking* de cada operador, consultar documentos referentes às expedições de um dado período, fazer uma análise crítica dos espaços de armazenagem da empresa. A Figura 1.1 apresenta o cronograma de atividades realizadas ao longo desta dissertação.

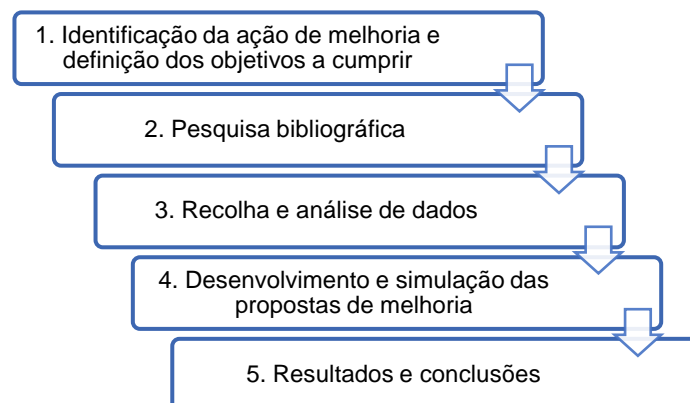


Figura 1.1 Cronograma de atividades de investigação

De forma a entender a cultura da empresa, os seus operadores e as suas rotinas de trabalho – tipo de tarefas e periodicidade – realizou-se primeiramente uma análise crítica. Esta análise, feita através do cruzamento de dados fornecidos pela organização, permite identificar onde é possível aplicar uma ação de melhoria. Realizou-se também uma pesquisa bibliográfica. Após estas duas etapas, é necessário recolher os dados que permitirão desenvolver e simular as propostas de melhoria. Ao longo do estudo foi feito o relatório.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos:

1. **Introdução** - o presente capítulo, que visa introduzir o tema desta dissertação, bem como expor os seus objetivos e a metodologia de investigação.
2. **Gestão de armazéns e simulação** – este capítulo contém a parte teórica que sustenta esta dissertação, conhecimentos científicos e investigados até à atualidade.
3. **Caracterização do caso de estudo: A operação de *picking* na GLSMED Trade** – no capítulo 3 apresenta-se a empresa onde o tema desta dissertação está inserido e descreve-se o caso de estudo. É explicado o modo como é feito o *picking* na empresa consoante o nível, *picking* nível 0 e *picking* níveis 1, 2 e 3. Para cada um foram definidas as atividades que posteriormente foram cronometradas e analisadas. Neste capítulo também se apresenta a análise dos dados recolhidos e existentes necessários para o cumprimento dos objetivos propostos. Estes dados serão o *input* para para o desenvolvimento dos modelos de simulação.
4. **Sistemas atuais** - No capítulo 4 são apresentados dois modelos computacionais desenvolvidos para a cada tipo de *picking*.
5. **Cenários propostos** - No capítulo 5 são apresentados os cenários propostos para cada modelo. Estes cenários incluem as propostas de melhoria sugeridas para o sistema em estudo. Também são apresentados os resultados das replicações das simulações dos modelos e dos estudos realizados bem como a sua análise comparativa.
6. **Conclusões e propostas futuras** - neste capítulo estão expostas as conclusões referentes a esta dissertação e propostas futuras para a empresa GLSMED Trade relacionadas com o tema desta dissertação.



## 2 Gestão da armazenagem e simulação

Este capítulo inicia-se com a definição de caso de estudo e a caracterização do processo de investigação que lhe está associado, seguindo-se com a definição de gestão de armazéns na gestão logística. Posteriormente é abordada a análise de sistemas e todos os conceitos relacionados com a simulação. Terminando com a apresentação de dois exemplos de estudos relacionados com o tema desta dissertação.

### 2.1 Metodologia do caso de estudo

O método de caso de estudo como método de pesquisa é utilizado para investigar empiricamente um fenómeno em profundidade no seu contexto real (Yin, 2009).

#### 2.1.1 Processo de investigação

Segundo Stuart et al. (2002), um processo de investigação pode ser organizado em 5 etapas:

- 1) **Definição da questão da investigação**, é a primeira etapa de um caso de estudo. Nesta etapa está implícita a pesquisa da componente teórica que sustenta os temas em estudo. Normalmente são utilizadas as perguntas “Como” e “Porquê”.
- 2) **Desenvolvimento dos instrumentos de pesquisa**. O instrumento de pesquisa mais utilizado em casos de estudo é o protocolo de estudo. Segundo Yin (2009) este possui 5 componentes:
  - a. Questões em estudo;
  - b. Proposições do estudo, se houver;
  - c. Unidades de análise;
  - d. Lógica que liga os dados às proposições;
  - e. Critérios para interpretar os resultados.
- 1) **Recolha de dados**. A recolha de dados num caso de estudo pode ser feita de várias maneiras, e muitas vezes são utilizadas mais do que uma para um mesmo estudo. Yin (2009) referencia 6 maneiras de recolher dados: documentação; registos históricos; entrevistas; observação direta; observação participante e artefactos físicos. A observação direta consiste em observações e recolha de dados diretamente dos cenários reais, por exemplo trabalhos em fábricas. Os registos históricos, são registos que as empresas possuem, por exemplo registos de *stock* (quantidade de artigos armazenados).
- 2) **Análise dos dados**, após a recolha dos dados é necessário analisá-los.
- 3) **Divulgação dos resultados da pesquisa**, por fim são divulgados os resultados da pesquisa feita.

## 2.2 Gestão de armazéns na gestão logística

A gestão logística inclui atividades logísticas desde a aquisição de artigos até à sua expedição, coordena-as e otimiza-as, sendo fulcral a sua eficiência e eficácia numa empresa. A gestão logística envolve-se a todos os níveis com o planeamento e a execução (estratégica, operacional e tática) (Vitasek, 2013). A gestão logística engloba a gestão de armazéns e a gestão de *stocks*.

A gestão de um armazém é uma tarefa complexa estando o grau de complexidade diretamente relacionado com a quantidade de encomendas recebidas para processar diariamente. A variação do número de encomendas para processar pode ter uma grande oscilação diária ou semanal. No caso de o número de encomendas diária ser superior ao previsto é necessária uma elevada organização tanto humana como de planeamento, de forma a satisfazer todas as encomendas. Em muitas empresas, a gestão de armazéns tem atualmente um peso relevante uma vez que é uma área cujos custos tem igualmente um elevado peso (Rushton et al., 2010).

A gestão de armazéns deve garantir que os níveis de *stock* dos artigos estejam corretos e bem-acionados que o armazenamento seja feito de forma eficiente e não haja *stock* parado de forma desnecessária. Num armazém estão envolvidas atividades como a receção, transferência, manuseamento, armazenamento, embalagem e expedição de artigos (Gunasekaran et al., 1999).

A Figura 2.1 apresenta as atividades que normalmente ocorrem num armazém: Receção corresponde à chegada dos artigos ao armazém; Transferência é a atividade que ocorre tanto depois da receção como depois do manuseamento na direção da expedição. Esta consiste em transferir os artigos para a zona de armazenamento ou para a zona de expedição; Manuseamento dos artigos é feito antes e depois do armazenamento, sendo a atividade em que os operadores manuseiam os artigos tanto para colocar e retirar do local de armazenamento; Armazenamento compreende a arrumação dos artigos nas localizações definidas; Embalamento é a atividade de preparar os artigos para a expedição, por exemplo colocá-los numa palete e etiquetá-los; Expedição consiste na saída das encomendas do armazém para os clientes (Gunasekaran et al., 1999).

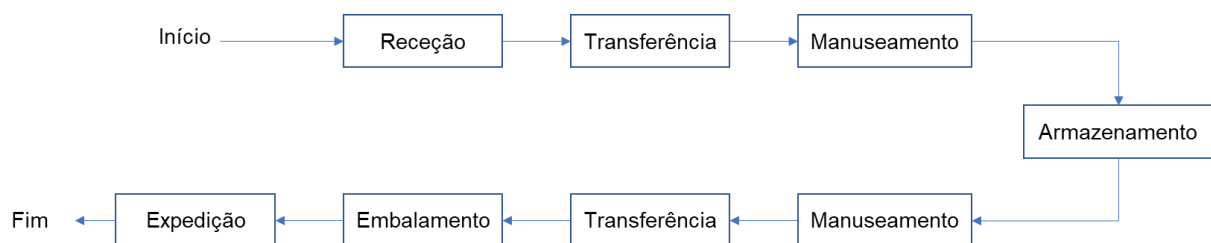


Figura 2.1 Atividades envolvidas no armazém desde a receção até à expedição dos artigos

Adaptado de: Gunasekaran et al. (1999)

Estas actividades, que também podem ser denominadas funções de armazenamento, têm como objetivo aumentar a produtividade do trabalho envolvido num armazém, a utilização do espaço, dos equipamentos e dos recursos, bem como a acessibilidade a todos os materiais e a proteção de todos os artigos (Tompkins e White, 1984).

Segundo Tompkins e White (1984) são 2 os métodos de armazenamento mais utilizados o aleatório e o dedicado.

a) Aleatório: consiste em armazenar os artigos aleatoriamente nas localizações disponíveis, ou seja, quando um artigo chega ao armazém é colocado onde houver uma localização livre. Consequentemente, todas as localizações têm a mesma probabilidade de serem ocupadas (Koster et al., 2006).

b) Dedicado: consiste em armazenar os artigos em localizações pré-definidas para esse mesmo artigo. Cada artigo tem um local fixo de armazenamento ou um conjunto de locais. As atribuições das localizações fixas podem ser feitas por exemplo com base no nível de atividade (Tompkins e White, 1984). Uma das vantagens é o facto de os operadores ficarem familiarizados com as localizações, porém uma das desvantagens é o facto de que quando não há *stock* de um certo artigo a sua localização está vazia (Koster et al., 2006).

Contudo existe outro método muito utilizado, o método baseado em classes. Consiste na organização dos artigos de acordo com a análise ABC, recorrendo à lei de Pareto. A área do armazém é organizada por classes, a cada área corresponde uma classe e dentro dessa classe os artigos são armazenados aleatoriamente. Normalmente são utilizadas 3 classes (A, B e C), no entanto podem considerar-se mais. Na Figura 2.2 apresenta-se a curva da Lei de Pareto, em que cerca de 20% dos artigos são responsáveis por 80% volume de negócio (classe A), 30% dos artigos representam 15% do volume de negócio (classe B) e 50% dos artigos representam apenas 5% do volume de negócio (classe C) (Rushton et al., 2010) .

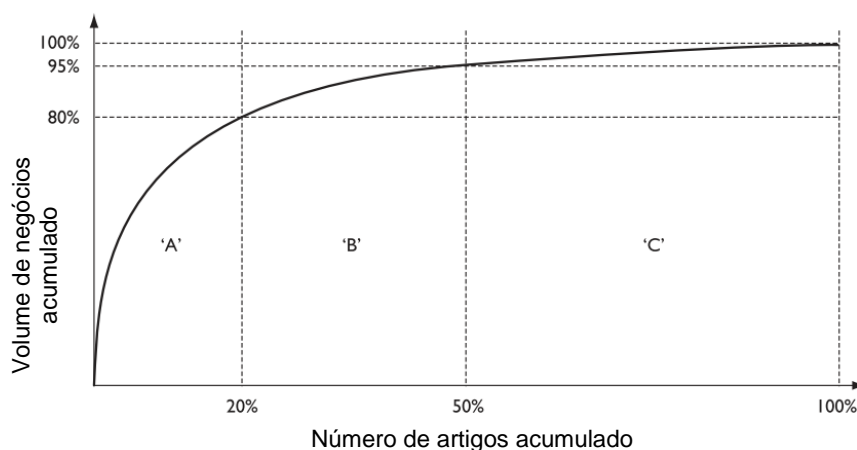


Figura 2.2 Curva de Pareto

Adaptado de: Rushton et al. (2010)

A classe A pode, por exemplo referir-se aos artigos com rotação mais elevada e assim sucessivamente. As classes podem também ser definidas, por exemplo, com base no volume de *picking* ou pelo índice *Cube-Per-Order* (COI): rácio entre o espaço total necessário para o artigo e a sua procura, avaliada para o período desejado. Para a definição das classes pode-se seguir a lógica seguinte: a classe que possua maior rotação contenha 15% dos artigos armazenados, mas que estes contribuam com cerca de 85% para o volume de negócios (de Koster et al., 2007). Contudo, conforme os objetivos, podem ser definidos diferentes proporções para cada classe. Tompkins e White (1984), apresentam um exemplo isolado: A classe A representa 80% da atividade de entrada/saída e 20% do armazenamento total; A classe B 15% da atividade de entrada/saída e 30% do armazenamento total; A classe C representam 5% da atividade entrada/saída e 50% do armazenamento total.

A Figura 2.3 apresenta duas formas comuns de utilizar este método. No método *within-aisle storage* a distribuição dos artigos é feita por classes de procura e organizados por corredor, ficando os artigos com maior procura (tipo A) mais próximos da preparação de encomendas (P.E). No método *across-aisle storage*, os artigos com maior procura, são distribuídos pelas primeiros *racks* (móveis com prateleiras de arrumação) dos vários corredores.

O processo de *picking* consiste na extração de um número de artigos de um sistema de armazenamento para responder às encomendas por parte dos clientes (Goetschalckx e Ashayeri, 1989). Quando uma encomenda chega a um armazém é convertida numa lista de recolha que contém a localização de cada artigo e a sequência pelo qual o *picking* deve ser feito. Seguidamente o operador percorre o armazém, recolhe os artigos e transporta-os para o local de embalagem e expedição. O processo pode ser feito manualmente, com auxílio de um empilhador, de um outro veículo ou automaticamente (sistemas automatizados de armazenamento e recuperação (AS / RS)) (Hall, 1993).

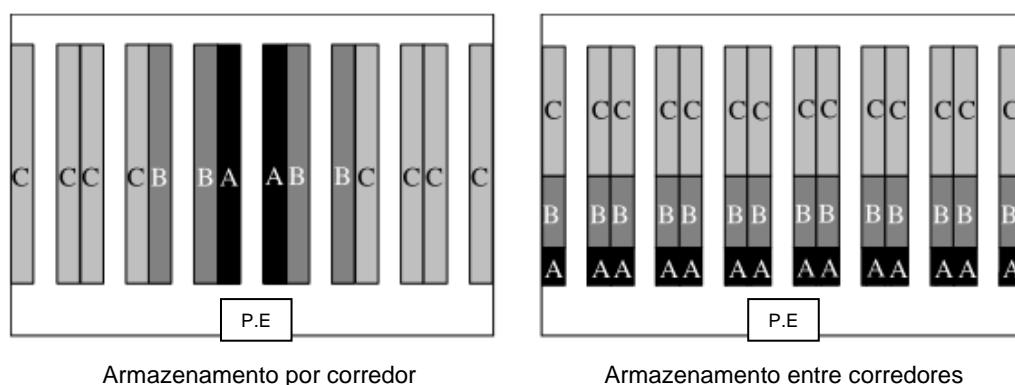


Figura 2.3 Formas comuns de implementar o método de armazenamento ABC

Adaptado de: Koster et al. (2006)

O processo de *picking* é influenciado por fatores internos e externos.

- Fatores internos: Organização interna e a operação do processo de *picking* (métodos, equipamentos e atividades adotadas, dimensão do armazém e informações disponíveis sobre o processo de *picking*).

- Fatores externos: Canais de marketing; Padrão da procura por parte do cliente; Padrão de reabastecimento do fornecedor; Níveis de inventário (Goetschalckx e Ashayeri, 1989).

A Figura 2.4 apresenta a distribuição do tempo despendido pelos operadores nas atividades de *picking*. A atividade que requer mais tempo é a deslocação, compreendendo 50% do tempo total.

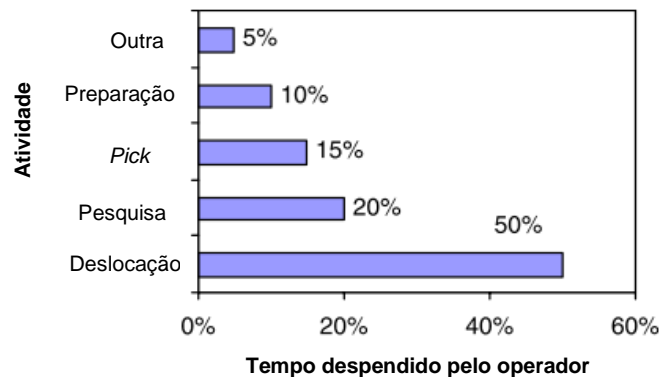


Figura 2.4 Distribuição do tempo despendido pelo operador nas atividades

Fonte: Koster et al. (2006)

Os 4 principais métodos de *picking* são: Discreto; por lote; por zona e por onda.

A. Discreto (*Pick-to-order* segundo Rushton et al. (2011)).

O operador percorre o armazém recolhendo os artigos para uma encomenda de cada vez, outra possibilidade é a recolha dos artigos para vários pedidos simultaneamente, tendo um compartimento para cada uma. É um método pouco eficiente para encomendas pequenas, devido à necessidade do operador percorrer todo o armazém para preparar cada encomenda.

B. Por lote (*Batch picking*)

O operador numa única rota recolhe os artigos para várias encomendas, as encomendas dos clientes são agrupadas em lotes. No final é necessário desagrupar os lotes para as várias encomendas. Este método é usado nomeadamente para pedidos pequenos e possibilita a redução do tempo total de *picking* (Rushton et al., 2010).

C. Por zona (*Zone picking*)

É atribuído um operador a cada zona do armazém. Em cada zona o operador recolhe os artigos para as encomendas e no final os artigos são agrupados por encomenda, sendo uma das desvantagens deste método. O método apresenta as seguintes vantagens: redução de acumulação de tráfego, menos movimentações por parte dos operadores, bem como maior conhecimento por parte destes da localização dos artigos. Neste método a preparação de uma encomenda pode ser feita de duas maneiras:

- Preparação progressiva de uma encomenda (*pick-and-pass*), o operador recolhe todos os artigos da sua zona para uma encomenda e quando termina na sua zona passa para o colega seguinte até a encomenda ficar completa.

- *Picking* paralelo (ou sincronizado), os operadores iniciam simultaneamente a recolha dos artigos e pela mesma ordem nas suas respetivas zonas e no final agrupam as ordens parciais por encomenda (de Koster et al., 2007).

D. Por onda (*Wave picking*)

A recolha dos artigos é feita por “ondas” de tempo, isto é, por período de tempo, por exemplo a cada hora ou cada manhã. O tempo das ondas é determinado conforme o cronograma do veículo de saída e tem como função controlar o fluxo de artigos (Rushton et al., 2010).

Conforme as condições operacionais do sistema em estudo, podem ser utilizados métodos de rotas mais simples ou mais complexos. Depende do tipo de artigos, das necessidades do armazém, bem como dos recursos disponíveis. Os métodos mais utilizados são: Transversal; Retorno; Ponto médio; Maior intervalo e Combinado.

- A. Método Serpentina (*Transversal strategy*), baseia-se numa das estratégias mais simples: o operador percorre todo o comprimento do corredor que tenha pelo menos uma localização de recolha (Hall, 1993). Na Figura 2.5 apresenta-se um exemplo desta estratégia (Charles G. Petersen II, 1997).
- B. Método de retorno (*Return strategy*), apresenta uma estratégia simples: o operador entra e sai pela mesma extremidade de um corredor que contenha localizações de recolha. A Figura 2.6 expõe um exemplo desta estratégia (Petersen, 1997).
- C. Método do ponto médio (*Midpoint strategy*), neste método o armazém é dividido em duas partes iguais (Figura 2.7). O operador percorre os corredores que têm artigos para serem recolhidos até ao ponto médio estabelecido, retornando ao corredor principal. Esta lógica é executada nas duas partes (Petersen, 1997). A estratégia do ponto intermédio pode ser utilizada em alternativa à serpentina, quando em cada corredor não conter mais do que uma localização de *picking* (Hall, 1993).

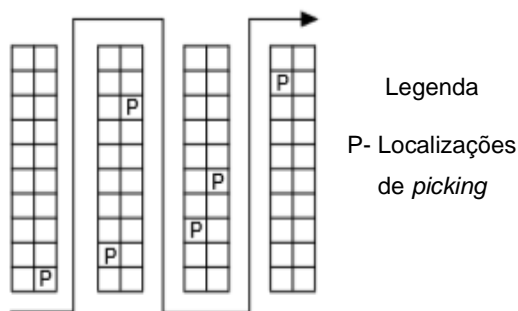


Figura 2.5 Método serpentina

Fonte: Petersen (1997)

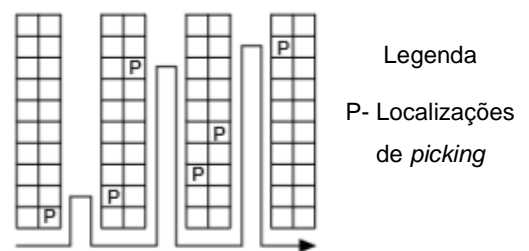


Figura 2.6 Estratégia de retorno

Fonte: Petersen (1997)

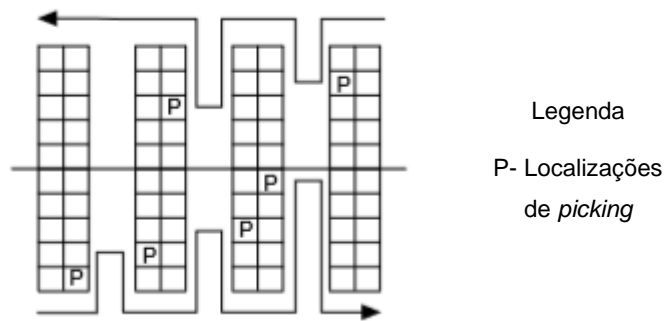


Figura 2.7 Método do ponto médio

Fonte: Petersen (1997)

- D. Método do maior intervalo (*Largest gap strategy*), semelhante à estratégia do método do ponto médio. Em vez de o operador percorrer o corredor até ao ponto médio, percorre até ao maior intervalo ou seja, à maior distância entre quaisquer dois pontos de recolha adjacentes (Figura 2.8) (Petersen, 1997). Esta estratégia é uma melhoria do método do ponto médio (Hall, 1993).

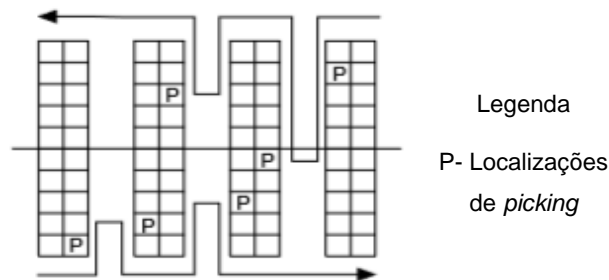


Figura 2.8 Método do maior intervalo

Fonte: Petersen (1997)

- E. Método de rotas combinado (*Composite strategy*), combina as melhores características das estratégias de retorno e serpentina. O objetivo é minimizar a distância de deslocamento entre duas localizações de recolha mais distantes em dois corredores adjacentes. No exemplo apresentado na Figura 2.9, no primeiro corredor é melhor usar a estratégia de retorno, sendo que para os seguintes corredores a estratégia serpentina minimiza a distância da rota (Petersen e Schmenner, 1999).

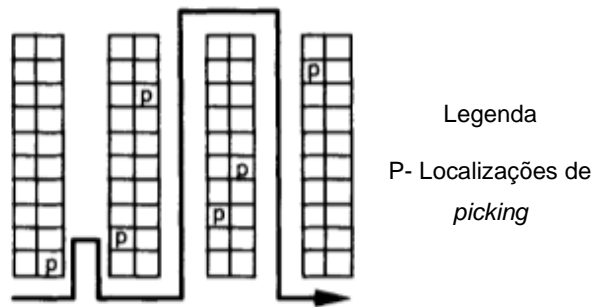


Figura 2.9 Método de rotas combinado

Fonte: Petersen e Schmenner (1999)

Para além dos métodos expostos, também existe o método da solução ótima (*Optimal routeing*). É um algoritmo que consiste em combinar a teoria dos grafos e a programação dinâmica. O objetivo é determinar a rota ótima. Na Figura 2.10 apresenta-se um exemplo em que o ponto P/D é o ponto inicial e final do *picking* (Dukic et al., 2010).

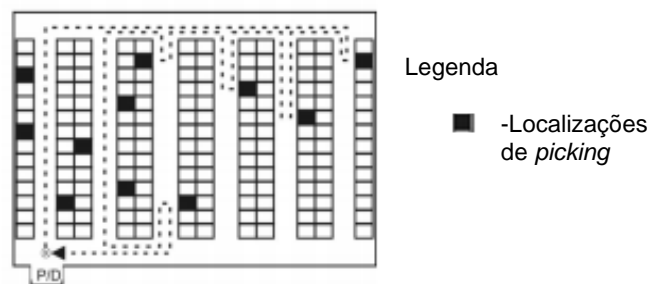


Figura 2.10 Solução ótima

Fonte: Dukic et al. (2010)

## 2.3 Análise de sistemas e simulação

Para estudar o comportamento de um sistema a alterações de variáveis ou métodos, pode-se fazer as alterações diretamente no sistema real ou construir um modelo que represente o comportamento do sistema, e, então, proceder às alterações no modelo. O modelo a desenvolver, pode ser físico ou matemático. Se for matemático e simples, deve recorrer-se a um método analítico para que possa ser obtida uma solução ótima. Se o modelo for matemático, mas complexo, poderá não ter uma solução analítica (os pressupostos assumidos fariam com que o modelo não representasse o modelo real) e recorre-se à simulação. A Figura 2.11 apresenta esquematicamente e de uma forma resumida possibilidades de estudar o comportamento de um sistema face a alterações nos seus parâmetros.

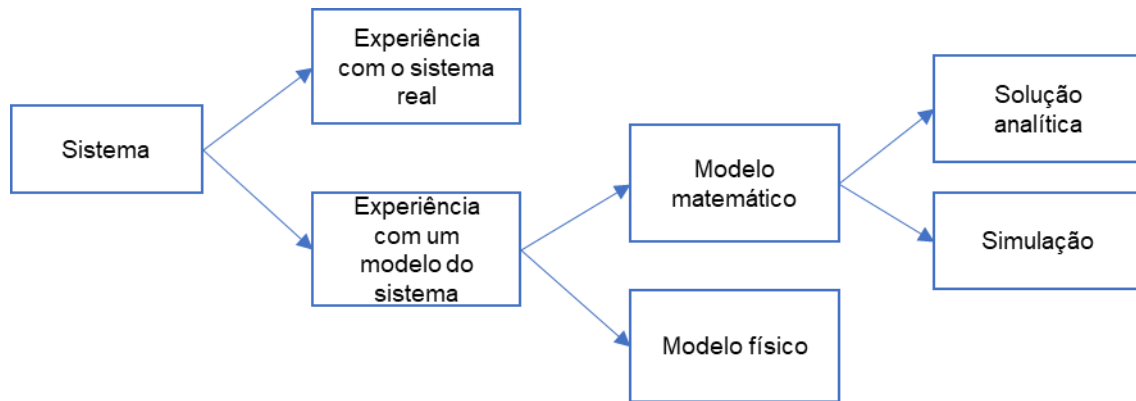


Figura 2.11 Formas de estudar um sistema

Adaptado de: Law (2015)

A simulação pode ser utilizada para estudar sistemas reais, normalmente complexos, através da construção de modelos matemáticos que representam o comportamento dos sistemas. Para tal, é utilizado o computador para avaliar o modelo numericamente. A simulação é útil para resolver problemas em vários sectores: sistemas de manufatura; sistemas de redes de comunicação; sistemas de transportes de serviços ou políticos (Law, 2015).

### 2.3.1 Análise e tipo de sistemas

Um sistema é definido como um conjunto de entidades, por exemplo, pessoas ou máquinas, que interagem para a realização de algo, definição proposta por Schmidt e Taylor (1970) citado por Law (2015).

Um sistema pode ser discreto ou contínuo (Law, 2015). No caso em estudo, o sistema é do tipo discreto, porque as variáveis de estado alteram-se em determinados instantes no tempo, como por exemplo o número de referências num armazém. Por outro lado num sistema contínuo, as variáveis de estado alteram-se continuamente em relação ao tempo.

### 2.3.2 Modelos de simulação

Um modelo representa o sistema em estudo de forma simplificada. Com o modelo é possível analisar várias possibilidades de melhoria do sistema ao longo do tempo, pois permite experimentar vários cenários de melhoria e obter as respetivas medidas de desempenho. Depois pode ser feita a análise comparativa do custo benefício de cada possibilidade, bem como das medidas de desempenho do sistema, selecionando-se a melhor (Altiok e Melamed, 2007).

A maioria dos modelos de simulação são dinâmicos porque o tempo é uma variável relevante no comportamento do sistema. São também estocásticos porque existe pelo menos um parâmetro do modelo que é estocástico. São ainda discretos porque a alteração do seu estado se verifica em instantes no tempo (Law, 2015).

### 2.3.2.1 Elementos de um modelo de simulação

Alguns dos elementos de um modelo de simulação são as entidades, os atributos, as variáveis, os recursos, as filas e o começar e parar.

**Entidades** - As entidades circulam pelo modelo. Passam por várias atividades que lhes prestam serviços (Faget et al., 2005). Pelo caminho afetam outras entidades e vice-versa. Desta forma, alteram as condições do sistema, e por consequência influenciam as medidas de desempenho (Kelton et al., 2001). Exemplos: clientes, linha de uma lista de encomendas, entre outros.

**Atributos** - Caracterizam as entidades. A característica é comum às entidades, o seu valor é que difere entre elas (Kelton et al., 2001). Exemplos: código do artigo e número de caixas de um artigo a recolher.

**Variáveis** - As variáveis estão relacionadas com o sistema e apresentam algumas das suas características. São acedidas pelas entidades, podendo ser alteradas por elas. Existem as variáveis internas do *software* e as externas, definidas pelo utilizador (Kelton et al., 2001). Exemplos: internas- tempo de simulação ou o número de recursos ocupados (*software arena*); externas: tabela com dados com *stocks*.

**Recursos** - Os recursos prestam serviços às entidades. Um recurso pode ser constituído por um grupo de servidores individuais (Kelton et al., 2001). Podem ser móveis ou fixos (Faget et al., 2005). Exemplos Móveis: transportadores (Faget et al., 2005). Fixos: máquinas, pessoas (podem servir em simultâneo) (Kelton et al., 2001).

**Filas** - As entidades esperam em filas quando precisam de ser servidas por recursos que estão ocupados (Kelton et al., 2001).

**Começar e parar** - Numa simulação é necessário definir certos parâmetros (Kelton et al., 2001). Existem os parâmetros de entrada e saída, os primeiros podem ser numéricos ou características dos elementos e atividades, os de saída referem-se aos parâmetros necessários para alcançar objetivos da simulação (Faget et al., 2005). Exemplos: número de equipamentos, o tempo entre as chegadas, o tempo da simulação, ou mesmo em que condições deve terminar (Kelton et al., 2001). De entrada: distribuições de entrada de tipos de entidade. De saída: comparar alternativas, estimar ou prever medidas de desempenho (Faget et al., 2005).

### 2.3.2.2 Metodologia de um modelo de simulação

No desenvolvimento de um modelo de simulação é necessário seguir alguns passos, nomeadamente os 10 passos apresentados na Figura 2.12. Nem todos os modelos de simulação possuem os 10 passos, além de que por vezes no avanço do estudo pode ser necessário voltar passos atrás (Law e Kelton, 1991).

**Passo 1.** Formulação do problema e planeamento do estudo.

A formulação do problema deve ser o primeiro passo para todos os estudos, definir os objetivos e as questões a abordar (Law e Kelton, 1991). O desenvolvimento de um modelo de simulação é realizado em resposta a um problema identificado. Para tal, é necessário recolher informações sobre este (Altiok

e Melamed, 2007). Os objetivos do estudo, bem como o problema identificado devem ser compreendidos e aceites por todas as partes envolvidas (por exemplo, pela entidade que identificou o problema e a entidade que possui o sistema e estudo). Além disto, quando se procede à definição do problema, deve ser realizada uma descrição detalhada dos objetivos do estudo e dos resultados desejados e, ainda, dos tipos de cenários que devem ser examinados e das decisões que devem ser tomadas (Rossetti, 2016).

Por outro lado, deve ser planeado o estudo, a nível do número de pessoas envolvidas, dos custos e do tempo necessário para cada parte do estudo (Law e Kelton, 1991).

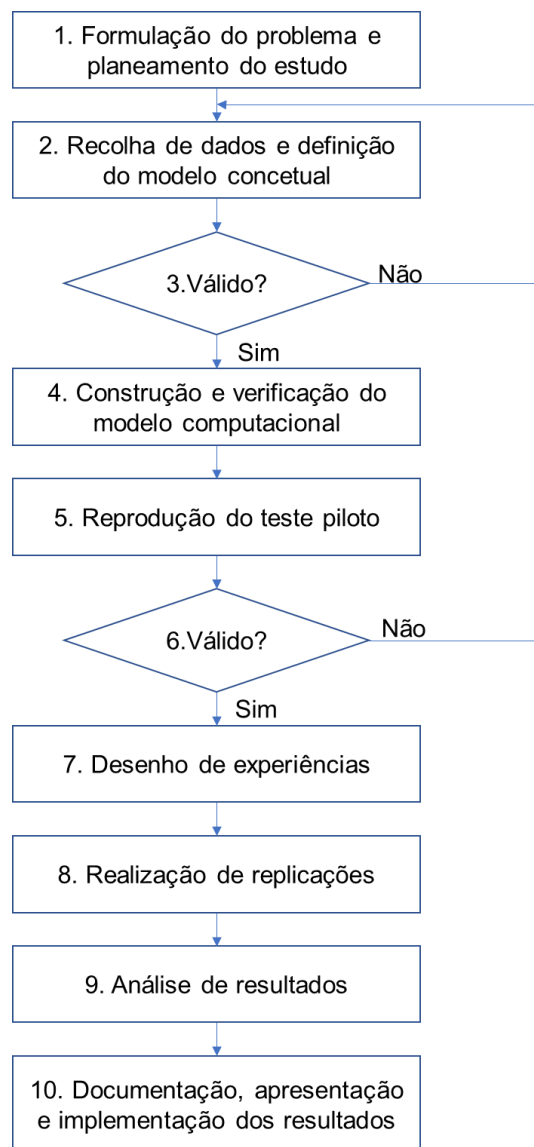


Figura 2.12 Metodologia de um modelo de simulação

## **Passo 2.** Recolha de dados e definição do modelo conceptual

Devem ser recolhidos os dados e informações do sistema em estudo, que posteriormente serão analisados e utilizados para definir procedimentos operacionais e distribuições estatísticas que serão utilizadas no modelo (Law e Kelton, 1991). Por exemplo a duração da atividade de descarregamento de um artigo no armazém pode ser definida por uma distribuição estatística, que por sua vez é resultado do ajuste de dados recolhidos do sistema real. Os dados recolhidos permitem estimar os parâmetros de entrada e para comparar com os resultados obtidos da simulação (Altiok e Melamed, 2007).

Inicialmente é importante desenvolver um modelo conceptual simples, que contenha aspetos e comportamentos básicos do sistema. Ao longo do seu desenvolvimento deve-se adicionar mais detalhes, sendo necessário manter a proporcionalidade entre a complexidade do modelo e a qualidade dos dados, bem como com os objetivos pretendidos (Rossetti, 2016).

## **Passo 3.** Validação do modelo conceptual

A validação deve ser feita ao longo de todo o estudo de simulação, neste passo é importante validar o modelo conceptual definido. Na construção do modelo é fulcral a participação de pessoas familiarizadas com as operações executadas no sistema em estudo e a interação com o decisor final, promovendo a validade e a credibilidade do modelo (Law e Kelton, 1991). Na validação do modelo é examinado o ajuste do modelo aos dados empíricos, ou seja, se as medidas consideradas para o modelo combinam com o funcionamento do sistema real. O modelo é válido quando existe um bom ajuste (Altiok e Melamed, 2007).

## **Passo 4.** Construção e verificação do modelo computacional

No passo 4 é escolhida a linguagem de simulação para reproduzir o modelo conceptual definido. A utilização de um software com um propósito geral, que provavelmente será conhecida pelo modelador levará a uma redução no tempo de desenvolvimento do modelo computacional (Law e Kelton, 1991).

A verificação do modelo computacional também está inserida no passo 4, consiste em verificar se o modelo computacional está bem construído. Compara as especificações do modelo com o código do modelo, ou seja, inspeciona se o código desenvolvido corresponde às especificações definidas e se faz o que deve fazer (Altiok e Melamed, 2007). Para verificar o modelo podem ser utilizadas algumas técnicas como a animação do modelo, avançar o relógio de simulação e escrever um ficheiro de saída onde seja possível verificar se o programa está a funcionar como pretendido (Chung, 2004).

## **Passo 5.** Reprodução do teste piloto

No passo 5 é realizado o teste piloto, que posteriormente será utilizado no ponto 6 para a validação do modelo computacional.

### **Passo 6.** Validação do modelo computacional

A validação do modelo computacional assegura que o modelo representa o sistema real com um determinado nível de confiança (Chung, 2004). A execução de testes piloto permite realização da análise de sensibilidade ao *output* com pequenas alterações nos parâmetros de entrada. Outra forma de validar o modelo passa por comparar os resultados obtidos do modelo computacional com o sistema atual. Utilizam-se técnicas estatísticas, como por exemplo comparação de médias, e se os resultados forem semelhantes considera-se que o modelo é válido. (Law e Kelton, 1991).

### **Passo 7.** Desenho de experiências

O desenho de experiências define e testa diferentes cenários de acordo com os objetivos definidos (Altiok e Melamed, 2007). Devem ser tomadas decisões relativamente à simulação, tais como:

- A. Condições iniciais da simulação;
- B. Comprimento da simulação;
- C. Número de replicações, entre outras (Law e Kelton, 1991).

### **Passo 8.** Realização de replicações

Com o intuito de obter as medidas de desempenho dos modelos desenvolvidos (modelo conceptual e cenários definidos), são realizadas replicações. O número de replicações é definido de acordo com a confiabilidade estatística necessária das medidas de desempenho (Altiok e Melamed, 2007).

### **Passo 9.** Análise de resultados

Na análise de resultados são utilizadas técnicas estatísticas para analisar e comparar as medidas de desempenho associados aos cenários definidos. Assim, identifica-se o cenário que apresenta melhores resultados consoante o objetivo definido (Altiok e Melamed, 2007).

### **Passo 10.** Documentação, apresentação e implementação dos resultados.

No passo 10 é formulado um documento onde é descrito todo o desenvolvimento do modelo de simulação e as respetivas conclusões. Possuindo também, planos de implementação dos cenários identificados como os melhores (Rossetti, 2016).

## **2.3.3 Software Arena**

O Arena é um *software* de simulação comercializado pela *Rockwell Automation*. Permite prever o impacto de cenários de melhoria de processos antes de estes serem implementados, auxiliando na escolha da melhor decisão para as necessidades da empresa.

O *software* inclui ferramentas para modelar os sistemas das empresas, tais como:

- Blocos de construção pré-definidos;
- Diversas distribuições estatísticas;
- Possibilidade de definir as rotas e os caminhos que devem ser seguidos;
- Métricas e painéis de desempenho;

- Análises estatísticas e relatórios no final da simulação;
- *Apresentação da animação em 2D e 3D* (Rockwell Automation, 2018).

### 2.3.3.1 Input Analyzer e Output Analyzer

O *Input Analyzer* e o *Output Analyzer* são 2 das ferramentas do software Arena.

A *Input Analyzer* permite modelar os dados recolhidos do sistema real e avaliar a qualidade do ajustamento. Possibilita o ajuste dos dados recolhidos a distribuições de probabilidade. Para cada ajuste, estima os parâmetros da distribuição e define a expressão matemática que posteriormente poderá ser utilizada no modelo de simulação. Por outro lado, para cada ajuste, apresenta as estatísticas dos testes do Qui-Quadrado e do *Kolmogorov-Smirnov* e o erro quadrático (Kelton et al., 2001). No Anexo A apresentam-se as distribuições de probabilidade utilizadas nesta dissertação, bem como as suas características, parâmetros e denotações.

A *Output Analyzer* permite a análise estatística de resultados de simulação, por exemplo comparar estatisticamente a média de uma medida de desempenho resultado da simulação de diferentes cenários.

## 2.4 Casos de estudo envolvendo simulação e *picking*

A gestão de armazéns influencia a logística de uma empresa. A importância da gestão de armazéns na gestão logística de uma empresa tem sido evidenciada em inúmeros estudos. De seguida serão apresentados 2 estudos relacionados com este tema, sendo dado enfoque ao seu objetivo, aos dados iniciais, à metodologia utilizada, ao modo como foi realizada a simulação e, por fim, às conclusões.

### 2.4.1 Caso de estudo 1

“Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage” - (Chan e Chan, 2010).

#### Objetivo

Melhorar o desempenho do processo de *picking* de pedidos de reabastecimento automático (encomendas baseadas no nível de stock) relativamente à distância percorrida e ao tempo de recolha de artigos para encomendas no armazém ABC.

#### Dados iniciais ao nível do armazém ABC

O armazém é multi-nível, sendo constituído por um total de 840 locais de armazenamento distribuídos por 42 *racks*, cada um com 4 níveis em altura e 5 compartimentos em largura e 22 corredores. O armazenamento é aleatório.

São executados dois tipos de *picking*, consoante o tamanho da encomenda. Para encomendas maiores, *picking* por encomenda (método discreto), para encomendas mais pequenas, *picking* por artigo (método por lote), as definições destes métodos apresentam-se na Secção 2.2. Os operadores percorrem os corredores de acordo com uma rota até terem recolhido todos os artigos necessários para

satisfazer a encomenda. O *picking* é feito manualmente, nos níveis 3 e 4 é necessário auxílio de uma escada.

### **Metodologia utilizada**

O planeamento do estudo passou por:

- i) Agrupar os artigos em 3 classes;
- ii) Analisar diferentes combinações de métodos de rotas e de armazenamento;
- iii) Compará-los com recurso à simulação;
- iv) Proceder a análises de sensibilidade com diferentes volumes e densidades de *picking*;
- v) Examinar a relação entre a distância percorrida e o tempo de *picking* dos artigos.

O estudo não engloba a totalidade dos artigos. Foram utilizados 120 artigos tanto na classificação ABC como na simulação. Assim, para a análise foram considerados 3 fatores: métodos de armazenamento; métodos de rotas e densidade de *picking*.

### **Método de armazenamento**

Os artigos foram tipificados em três classes: na classe A os artigos que contribuem com cerca de 60% para o volume de negócios; na classe B os artigos que contribuem com 30% para o volume de negócios; e na classe C com os artigos que contribuem com 10% para o volume de negócios.

Utilizando a classificação dos artigos, foram considerados 2 métodos de armazenamento, nomeadamente:

1. Classe ABC horizontal - os artigos classificados de A foram colocados mais próximo do ponto de preparação de encomendas, seguindo-se as outras classes. Este método é mais utilizado em armazéns só com um nível de armazenamento.
2. Classe ABC vertical - os artigos classificados de A foram colocados nos níveis inferiores dos *racks*, e assim por diante para as restantes classes. Este método é mais utilizado em armazéns multi-nível.

### **Métodos de rotas**

Foram analisados três métodos: Serpentina; Retorno e Composto. Na Secção 2.2 apresenta-se a definição destes métodos.

### **Densidade de *picking***

A densidade de *picking* permite identificar de que forma a variedade de artigos afeta o processo de *picking*. A densidade de *picking* é calculada usando a equação (1):

$$\text{Densidade de } \textit{picking} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de artigos de uma encomenda}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de artigos no armazém}} \quad (1)$$

De acordo com os dados de *picking* anteriores do armazém ABC, foram definidas 3 densidades de *picking*: 30%, 15% e 5%.

## Simulação

A simulação foi feita com o auxílio do *software* Arena, tendo sido desenvolvidos 3 modelos. No total foram analisadas 27 combinações de fatores (3 políticas de armazenamento x 3 métodos de rotas x 3 densidades de *picking*). Foi considerado um ponto fixo onde descarregam os artigos recolhidos e para orientar os operadores foram delineadas rotas conectadas por interseções, tendo sido utilizados 3 métodos. Considerou-se que os artigos estavam armazenados em caixas de tamanho padrão e numa única localização, que não existia rotura de *stock* e o operador escolhe uma encomenda de cada vez. Também foi considerado que as atividades contabilizadas relativamente à duração e distância são a recolha dos artigos, o deslocamento até ao local de descarregar os artigos recolhidos e o descarregamento dos mesmos.

## Conclusões

Relativamente aos três fatores estudados, método de armazenamento, método de rotas e densidade de *picking*, concluíram que:

- a) Método de armazenamento: num armazém multinível o armazenamento horizontal baseado na tipificação dos artigos de acordo com a classificação ABC pode reduzir a distância total percorrida, mas o tempo de preparação das encomendas é longo. Enquanto que o armazenamento vertical baseado na tipificação dos artigos de acordo com a classificação ABC pode reduzir a duração do *picking* de uma encomenda. Comparando estes dois métodos com o aleatório, o horizontal apresenta uma redução relativamente à distância total percorrida, enquanto que o vertical apresenta um resultado similar.
- b) Métodos de rotas: o que apresenta melhores resultados é o composto tanto em termos de distância como em tempo de preparação de encomendas. Por outro lado, o pior é o de retorno.
- c) Densidade de *picking*: a distância total percorrida aumenta com o aumento da densidade, não sendo em proporção direta.

### 2.4.2 Caso de estudo 2

“Improving order-*picking* response time at Ankor’s warehouse” - (Dekker et al., 2004).

#### Objetivo

O objetivo deste estudo é melhorar os procedimentos operacionais do armazém, nomeadamente as combinações de métodos de rotas e armazenamento. Para tal, os autores criaram um modelo de simulação recorrendo a uma linguagem de programação que gera localizações de *picking* de *picking* de uma encomenda e calcula a distância total percorrida para vários métodos de rotas.

#### Dados recolhidos

- Velocidade média de caminhada dos operadores entre localizações: 1 metro/segundo;
- Duração do *picking*: 47 segundos/linha (inclui a leitura da linha no dispositivo, identificação do local, recolha do artigo, digitalização do artigo, embalagem do artigo e digitalização na caixa onde o artigo foi embalado);

- Os operadores trabalham cerca de 7 horas e 10 minutos em 8 horas;
- Os artigos analisados não apresentam sazonalidade;
- Os artigos são separados em três tipos: ferramentas, *hardware* e equipamento de jardinagem.
- Por encomenda existem, em média, 25,31 linhas, com um nível mínimo de 1 e um máximo de 350 linhas.

Dados operacionais e físicos do armazém:

- 17 000 localizações (para facilitar a análise foram agrupadas em 376 localizações);
- As rotas de *picking* consistem em percorrer o armazém e entrar nos corredores que tenham artigos para a encomenda em curso.
- O armazém é composto por 2 andares, o piso principal e o mezanino.

### **Metodologia utilizada**

Foram utilizadas ordens de *picking* e frequências reais de *picking*, 1 098 encomendas, com a totalidade de 27 790 *picks*. As encomendas usadas nas replicações das simulações foram escolhidas aleatoriamente do conjunto total, tendo todas a mesma probabilidade. Para gerar as localizações dos artigos foram considerados dois fatores: o tipo e a frequência de saída dos artigos. Este último fator teve como base os dados históricos de vendas.

### **Método de rotas**

Os métodos de rotas estudados foram:

- Ponto médio;
- Maior intervalo;
- Serpentina; e
- Combinado.

Estes métodos estão descritos na Secção 2.2.

### **Métodos de armazenamento**

Os três tipos de artigos são recolhidos separadamente e todos possuem artigos inquebráveis e quebráveis, que são armazenados separadamente. Os artigos quebráveis são recolhidos após a recolha de todos os artigos inquebráveis. Para cada tipo de artigo, os artigos inquebráveis foram tipificados em classes segundo a análise ABC, consoante a frequência de *picking* dos artigos:

- a) A classe A com até 70% do total de *picks* e no máximo 15% dos artigos;
- b) As classes A e B juntas em conjunto até 90% dos *picks* e no máximo 50% dos artigos;
- c) A classe C com os restantes artigos.

No armazém foram definidas, para cada tipo de artigos, as zonas onde são armazenados os artigos da classe A, B e C, os artigos quebráveis e localizações vazias para artigos que poderão adquirir futuramente. As localizações vazias situam-se nas bordas de cada classe.

Os artigos com maior frequência de *picking* são armazenados na zona A, os seguintes com maior frequência na zona B e assim sucessivamente até à classe C.

Para a definição das zonas os autores calcularam o espaço necessário para os artigos de cada classe e definiram dois métodos de armazenamento adaptados aos métodos de *picking*.

1. O método de armazenamento combinado, adaptado aos métodos serpentina e combinado, consideraram:
  - a) Cada corredor possui artigos de apenas 1 tipo;
  - b) Os artigos quebráveis são armazenados nos *racks* que ladeiam os primeiros corredores;
  - c) Os artigos da classe A são armazenados mais perto do ponto de partida, os artigos da classe B nas localizações seguintes mais perto do ponto de partida e por fim os da classe C nas mais afastadas.
2. O método de armazenamento de ponto médio, adaptado aos métodos do ponto médio e do maior intervalo consideraram:
  - a) Os artigos quebráveis, como no método 1, são armazenados nos *racks* que ladeiam os primeiros corredores;
  - b) Para os restantes artigos, devido aos métodos de rotas, as localizações de preferência são as que se localizam mais perto do ponto de partida, no início e no fim de cada corredor.

Foram executadas 10 000 encomendas para os dois métodos de armazenamento e determinada a duração média de cada método de rotas.

## **Conclusões**

Para o sistema em estudo concluiu-se que a melhor combinação é a do método de rota combinada com o método de armazenamento combinado. Contudo, a escolha recaiu pelo método de rota do ponto médio com a política de armazenamento do ponto médio. Isto porque, é o mais próximo do que estava a ser implementado na empresa e por não haver uma grande diferença de resultados entre os métodos.

## **2.5 Síntese do capítulo**

Esta dissertação foi desenvolvida utilizando o método de estudo de caso. Este método possui componentes essenciais para a sua utilização. A gestão de armazéns é uma tarefa complexa e que exige uma forte organização a nível logístico de uma empresa. Num armazém são praticadas várias atividades operacionais como a receção, manuseamento, armazenamento, transferência, embalagem e expedição dos artigos. Por outro lado, existem vários métodos de armazenamento que podem ser implementados, bem como várias rotas de *picking*.

Um sistema pode ser analisado durante o seu funcionamento ou através de um modelo que o representa. Este modelo pode ser físico ou matemático. Sendo matemático, uma das formas de o analisar é recorrer à simulação. O desenvolvimento de um modelo de simulação implica o conhecimento do sistema, bem como ter conhecimento dos elementos que o compõe. Este pode ser desenvolvido através de softwares. Nesta dissertação foi utilizado o *software* Arena.

Melhorar o desempenho do funcionamento num armazém é um objetivo comum a todas as empresas. Por isso, são desenvolvidos muitos estudos em armazéns, sendo estabelecidos certos métodos de rotas e de armazenamento e depois estudados numerosos cenários de forma a encontrar a melhor combinação.



### 3 Caracterização do caso de estudo. A operação de *picking* na GLSMED Trade

Neste capítulo é apresentada a descrição do caso de estudo que serve de base à dissertação. Antes da caracterização da empresa em estudo, a GLSMED Trade, será caracterizado, o grupo ao qual pertence, o Grupo Luz Saúde. Seguidamente será descrito o armazém em estudo bem como os processos nele desenvolvidos, dando-se maior foco aos métodos de *picking* praticados. De seguida é explicado o sistema de encomendas. O capítulo termina com a descrição e análise dos dados utilizados no desenvolvimento da dissertação.

#### 3.1 Grupo Luz Saúde

O grupo Luz Saúde, fundado em 2000, destaca-se como um dos maiores grupos de prestação de saúde em Portugal. Em Portugal Continental e na Região Autónoma da Madeira possui 29 estabelecimentos, distribuídos pelo Norte, Centro e Centro-Sul (Figura 3.1). Possui 13 hospitais privados, 13 clínicas privadas com regime ambulatorio, 2 residências sénior e explora em regime de Parceria Público-Privado (PPP) um Hospital do Serviço Nacional de Saúde (SNS) (Grupo Luz Saúde, 2018).



Figura 3.1 Distribuição geográfica das unidades Luz Saúde

Fonte: Grupo Luz Saúde (2018)

## 3.2 Empresa GLSMED TRADE

A GLSMED Trade é uma empresa do grupo Luz Saúde, fundada em 2015, sediada em Venda do Pinheiro, onde são centralizadas as compras das unidades hospitalares do Grupo Luz Saúde. A empresa aprovisiona artigos de consumo clínico e para o departamento de marketing, no total de cerca de 900 referências, aprovisionando em 2018, 22 clínicas/hospitais. A empresa está em crescimento, apresentando um aumento frequente da gama de artigos que armazena e distribui.

A GLSMED possui 1 armazém subdividido em 2 áreas, designadas por Armazém 1 e Armazém 2. O armazém 1 onde são armazenados os artigos. O armazém 2 onde se encontra a zona de receção e expedição dos artigos, bem como o escritório.

O armazém 1 será o objeto de estudo da dissertação. A empresa conta com 7 colaboradores, dos quais 4 fazem o trabalho operacional da empresa, os operadores.

## 3.3 Armazém 1

No armazém 1 são realizadas atividades relacionadas com a preparação de encomendas, sendo que para esta dissertação, o foco é o processo de *picking*, recolha dos artigos. Para o efeito, é importante descrever de que forma o armazém 1 está organizado: o número de *racks* de arrumação, os métodos de *picking* aplicados e o modo de trabalho dos operadores que executam estas atividades.

Na Figura 3.2 apresenta-se uma imagem do armazém 1, onde se podem observar os *racks*, os corredores e as duas bases de preparação de paletes para expedição - Base 1 e Base2.



Figura 3.2 Armazém 1

A Figura 3.3 apresenta o layout do armazém 1 com as respectivas medidas. O armazém está organizado em cinco filas de *racks* de arrumação: A, B, C, D e E. A fila A com 14 *racks*, as filas B, C e D com 9 *racks* e a E com 13 *racks*. O armazém tem três corredores e duas zonas de preparação de paletes para expedição (montagem das paletes), designadas por Base 1 e Base 2 (Figura 3.3). Como as duas bases de preparação de paletes para expedição estão muito próximas considerou-se uma base geral que será identificada ao longo da dissertação por base de preparação, representada na Figura 3.3. O armazém tem cerca de 40 metros de comprimento e 14 metros de largura. Os corredores têm a largura de 3,08 metros. Na Figura 3.3 todas as medidas são definidas em centímetros (cm).

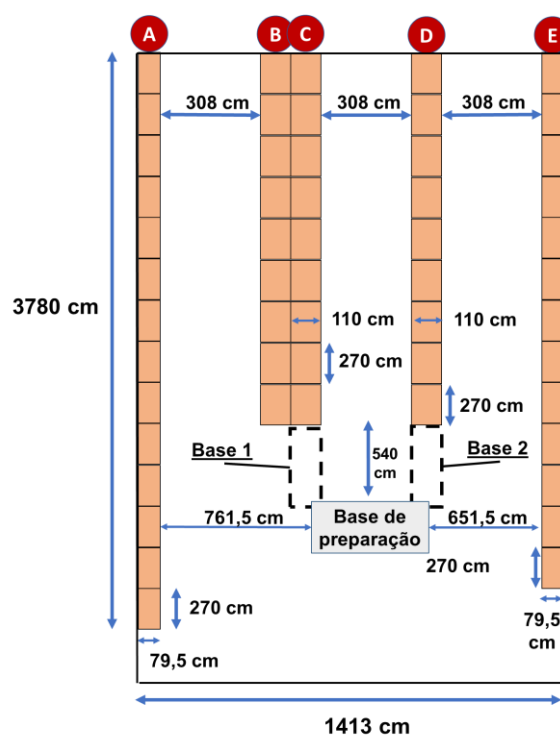


Figura 3.3 Layout do armazém 1

A disposição dos *racks* difere consoante a fila em que se encontram:

- Cada nível dos *racks* de todas as filas tem 270 cm de comprimento e 172 cm de altura. Cada nível dos *racks* das filas A e E tem 79,5 cm de profundidade, por outro lado cada nível dos *racks* das filas B, C e D tem 110 cm (Figura 3.3). Esta diferença de profundidade deve-se ao facto de que as filas A e E têm capacidade para armazenar por nível duas paletes lado a lado (Figura 3.5) no sentido do corredor, enquanto que as filas B, C e D têm a capacidade de armazenar três paletes lado a lado (Figura 3.4).
- As filas A, B e C têm quatro níveis em altura, começando no nível 0 (Figura 3.5), enquanto que as filas D e E têm seis níveis em altura. O nível 0 (correspondente ao nível 0 das filas A, B e C) está dividido em três níveis: nível 0.1, 0.2 e 0.3 (Figura 3.6). O nível 0.1 ocupa cerca de metade do nível em altura e o restante espaço disponível está dividido por igual, pelos níveis 0.2

e 0.3. Esta disposição deve-se ao facto de os artigos mais pequenos estarem armazenados em três níveis em altura.



Figura 3.4 Racks da fila A



Figura 3.5 Racks das filas B e C



Figura 3.6 Nível 0 das filas de racks D e E

### 3.3.1 Identificação dos racks

Os racks são identificados por códigos, compostos por letras e números e com os correspondentes códigos de barras, que se encontram localizados no primeiro nível dos racks. Sempre que um operador recolhe ou armazena um artigo valida o código de barras com o *Personal Digital Assistant* (PDA).

O código é definido sequencialmente com a identificação do Armazém | Fila | N<sup>o</sup> rack | Nível do rack | N<sup>o</sup> da palete.

A Figura 3.7, apresenta um exemplo de um rack de arrumação com a respetiva identificação.



Figura 3.7 Identificação dos racks

O código apresentado na Figura 3.7 representa:

**A1**- Armazém 1

**A**- Fila A

**03**- Rack nº 3

**1**- Nível 1 do rack

**01**- Palete nº 1 (neste exemplo é possível armazenar 2 paletes, a segunda paleta seria identificada por 02)

### 3.3.2 Artigos armazenados

Os artigos armazenados na GLSMED Trade são na generalidade de consumo clínico, como referido na Seção 3.2. Como todos os dias são feitos procedimentos médicos idênticos nas unidades hospitalares, como por exemplo utilização de pensos, a procura dos artigos não apresenta sazonalidade. Por isso, a aplicação da análise ABC, com base na procura anual dos artigos, foi aplicada a todos os artigos armazenados no armazém 1 ao longo do ano de 2017. Com esta análise estabeleceu-se três classes de artigos (Tabela 3.1).

A classe A tem 9% dos artigos, que representam cerca de 83% da procura anual. De entre estes artigos incluem-se entre outros, luvas, resguardos, agulhas, compressas, seringas e adesivos.

A classe B abrange 25% dos artigos, representando cerca de 13% da procura anual.

A classe C abrange os restantes 65% de artigos que representam cerca de 5% da procura anual.

No Anexo B apresentam-se mais dados da análise ABC aplicada.

Tabela 3.1 Análise ABC aplicada aos artigos

Classe	Artigos (Nº)	Artigos (%)	Procura (%)
A	81	9,4	83,0
B	217	25,3	13,0
C	561	65,3	4,0
<b>Total</b>	859	100	100

Os artigos estão armazenados em paletes, que por sua vez estão armazenadas nos *racks*. Cada palete pode possuir caixas de um único artigo ou de artigos diferentes.

### 3.3.3 Operadores

No processo de armazenagem de *picking* e preparação de encomendas trabalham 4 operadores. Os 3 operadores X, Y e Z trabalham em todas as atividades do armazém, o operador W está alocado apenas às atividades de armazenagem e preparação das paletes para expedição. Atualmente só existe um turno de trabalho diário de 8 horas. O operador X entra às 8:00h e os restantes às 9:00h, 5 dias por semana (de segunda-feira a sexta-feira).

## 3.4 Armazenagem na GLSMED Trade

A armazenagem faz parte das atividades realizadas num armazém, sendo que tem uma grande influência no processo de *picking*. O procedimento seguido consiste na seguinte sequência de passos: os artigos chegam à empresa e são direcionados para a zona de receção (armazém 2), de seguida é feita a verificação do material, e só depois são armazenados no armazém 1.

No armazém 1, a armazenagem dos artigos é, maioritariamente, do tipo aleatório, embora seja condicionada pelo tamanho:

- Os artigos de menor dimensão encontram-se localizados nos níveis 0 das filas das D e E.
- Os artigos de maior dimensão encontram-se nas restantes localizações, com a exceção das luvas, que estão localizadas no nível 0 na última *rack* da fila A, pois a altura das paletes com luvas é superior à altura das *racks* padrão do armazém.

## 3.5 *Picking* na GLSMED Trade

O *picking* na empresa GLSMED Trade é o processo em estudo na presente dissertação.

O procedimento de *picking* difere, em dois tipos de *picking*, consoante o nível em que é realizado: *picking* nos níveis 0 e 1 (níveis inferiores); *picking* nos níveis 1, 2 e 3 (níveis superiores). A cada um é atribuído um operador e são realizados em simultâneo, ou seja, enquanto um operador executa o *picking* dos níveis inferiores, o outro faz o *picking* dos níveis superiores. Os artigos recolhidos são transportados até às Bases, cada Base refere-se a uma encomenda.

O programa utilizado pela GLSMED Trade que auxilia o procedimento de *picking* é o EYE PEAK, define as listas de *picking* e é utilizado no aparelho PDA para direcionar os operadores para as localizações dos artigos a recolher.

### 3.5.1 Listas e rotas de *picking*

As listas de *picking* e por consequência as rotas de *picking* são definidas pelo programa EYE PEAK, consoante o *stock* de artigos existente no armazém. Para cada encomenda, realizada por uma unidade hospitalar, o programa define uma lista de *picking* de acordo com os artigos encomendados. Cada lista contém a informação sobre o artigo, o número de caixas a recolher e a sua localização, e está ordenada consoante a rota que o operador deve seguir. O método serpentina é o método utilizado na rota de *picking* da GLSMED Trade: o operador inicia a rota pela fila de *racks* A e termina na E, na Figura 3.8 a rota está representada pelas setas a tracejado. Para a definição da rota de *picking* de uma lista de encomendas, o EYE PEAK, tem em consideração a data do lote do artigo. Por exemplo, para um artigo que esteja armazenado em mais do que uma localização, a localização escolhida para a rota de *picking* será a que apresentar o lote com a data mais antiga. O EYE PEAK, também é utilizado pelo aparelho PDA, e avisa se o operador ao validar o código, através do aparelho, tiver recolhido um artigo que não foi o requerido.

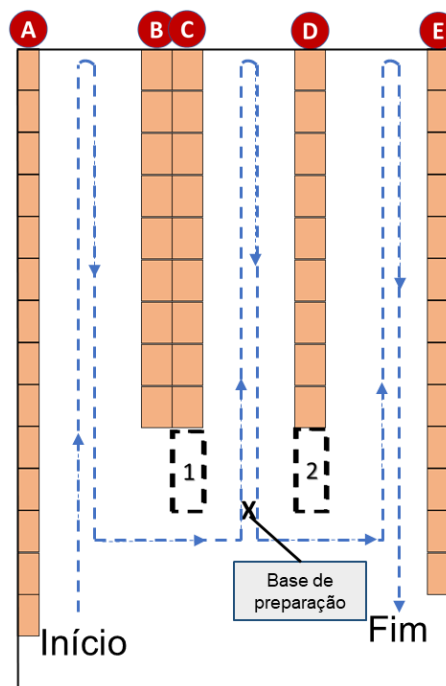


Figura 3.8 Rota de picking definida pelo programa EYE PEAK

O programa EYE PEAK não permite ter a mesma lista de *picking* aberta em 2 aparelhos PDA's em simultâneo. Os operadores realizam em simultâneo os dois tipos de *picking*, mas de listas referentes a encomendas diferentes.

### 3.5.2 *Picking* no nível 0

O *picking* no nível 0 é feito por um operador, com o auxílio de um porta-paletes manual. Este processo engloba as seguintes atividades sequenciais:

- i) O operador consulta o PDA, de forma a ler a primeira localização, para onde se tem de deslocar levando consigo o porta-paletes.
- ii) Recolhe os artigos, valida a referência e coloca-os na palete que está no porta-paletes.
- iii) Recorre de novo ao PDA e segue o mesmo procedimento descrito anteriormente até terminar a parte da lista de *picking* dos artigos localizados no nível 0. De seguida transporta a palete até à base de preparação de paletes para expedição referente à lista de *picking* da encomenda que está a realizar.

Existem algumas exceções que levam ao operador transportar a palete até à base de preparação de paletes para expedição, antes de terminar o *picking* da lista:

- A. Quando a palete fica completa antes de terminar a lista de *picking*. De seguida o operador prossegue a rota de *picking* com uma nova palete.
- B. Quando uma encomenda requer uma palete inteira de um artigo. O operador interrompe a colocação dos artigos na palete que estava a transportar, regressando a ela após transportar a palete inteira de um artigo até à base de preparação.
- C. Quando a diferença entre o número de caixas em *stock* e o número de caixas encomendadas é inferior ao número de caixas encomendadas. É a mesma lógica que no ponto B, sendo que, em vez de ser uma palete inteira, operador retira o número de caixas referente ao valor da diferença para uma nova palete (que é armazenada na mesma localização onde estavam os artigos), e transporta a outra palete com o número de caixas até à base de preparação. Por exemplo, se o número de caixas existentes for 100 e o número de caixas a recolher for 90, a diferença tem o valor de 10. Em vez de o operador recolher as 90 caixas, recolhe as 10 para uma nova palete que, entretanto, foi buscar, e transporta as 90 caixas até à base de preparação.

De forma a organizar os dados para posteriormente serem analisados, foram definidas atividades chave para os dois tipos de *picking*. O objetivo é não só estruturar a recolha dos dados, mas também o seu estudo.

As atividades realizadas no *picking* no nível 0 são:

#### 1- Deslocamento entre os *racks*

Deslocação com o porta-paletes manual entre as diferentes localizações.

Unidade: segundos / comprimento de *rack* percorrido.

#### 2- Recolha dos artigos

Procura do artigo na palete (cada palete pode ter artigos diferentes), validação do código e da quantidade e colocação dos artigos na palete.

Unidade: segundos / número de caixas recolhidas.

### 3- Consulta da próxima localização

Consulta no PDA da localização do artigo seguinte a recolher.

Unidade: segundos / pesquisa.

### 4- Descarregamento da paleta na base de preparação de paletes para expedição

Descarregamento da paleta numa das Bases.

Unidade: segundos/d Descarregamento.

O *picking* no nível 0 é feito pelo operador Z ou pelo Y, sendo que o operador Z é o mais experiente no processo de *picking* deste nível. O operador Y é o mais recente na empresa, tendo menos experiência que o Z.

Na Figura 3.9 é apresentado, na forma de fluxograma, o modelo conceptual do processo de *picking* do nível 0.

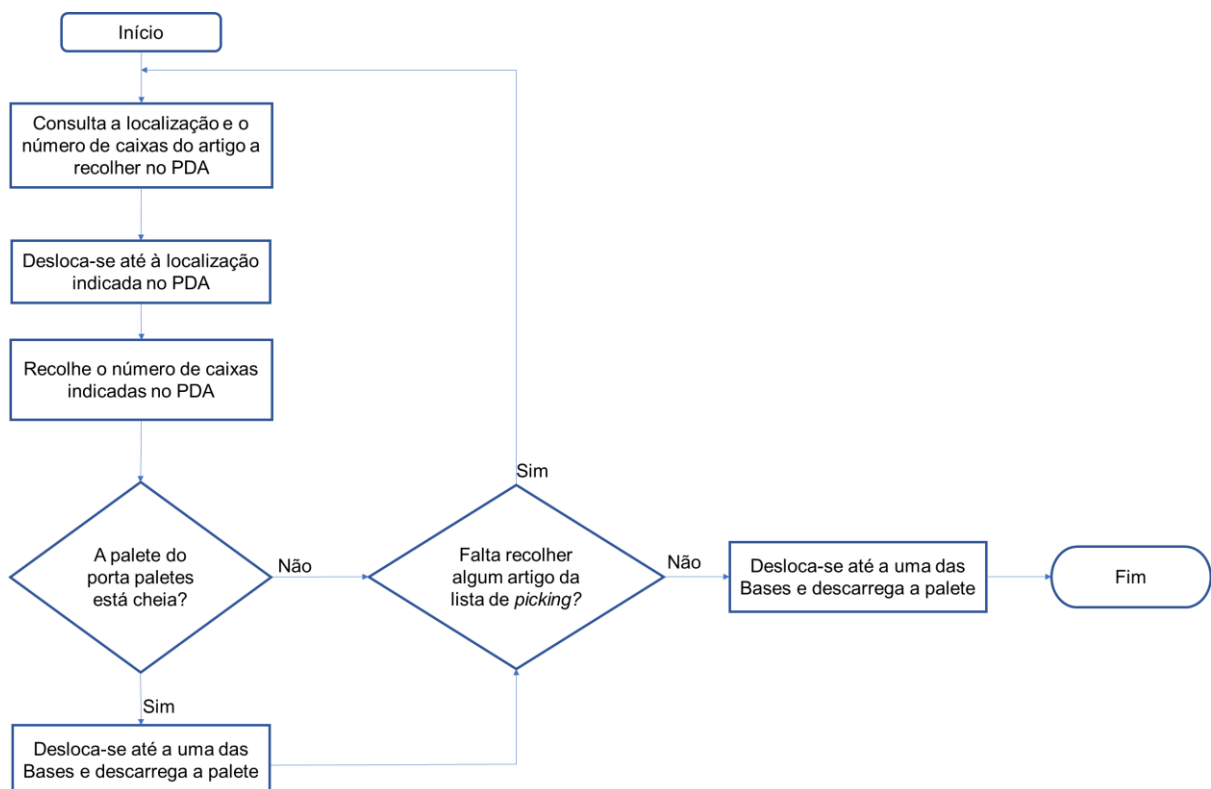


Figura 3.9 Modelo conceptual do processo de *picking* do nível 0

### 3.5.3 *Picking* nos níveis 1, 2 e 3

O *picking* nos níveis 1, 2 e 3 é executado por um operador, com o auxílio de um empilhador elétrico.

As atividades sequencias envolvidas neste *picking* são:

- i) O operador consulta o PDA, lê a informação da primeira localização, para onde tem de se deslocar.

- ii) Recolhe a palete que possui o artigo, com o auxílio ao empilhador elétrico e transporta-a até a uma das Bases (referente à lista de *picking* da encomenda que está a ser processada).
- iii) Descarrega as caixas do artigo consoante a encomenda e valida a referência com o aparelho PDA.
- iv) Posteriormente, podem acontecer 3 situações diferentes:
  - A. Quando não são descarregadas todas as caixas da palete que detém o artigo, após o descarregamento, o operador desloca-se de novo à localização de onde recolheu o artigo e arruma a palete.
  - B. Quando a encomenda requerer todos os artigos da palete, aí, depois do descarregamento, o operador prossegue para a linha seguinte da lista de *picking*.
  - C. Quando a diferença entre o número de caixas em *stock* e o número de caixas encomendadas é inferior ao número de caixas encomendadas. Neste caso, o operador recorre a uma palete vazia, onde coloca as caixas que não são necessárias para a encomenda (valor da diferença) e de seguida, arruma essa palete na localização de onde as retirou. Deixando a palete com o número de caixas da lista de *picking* numa das Bases. Por exemplo, se uma encomenda necessitar de 80 caixas e o número de caixas existentes em *stock* for de 110, a diferença tem um valor de 30 caixas. O operador coloca estas 30 caixas numa nova palete que é posteriormente arrumada na localização onde o operador recolheu a palete com os artigos. Na Base referente à encomenda que está a ser processada ficam as 80 caixas.
- v) Este procedimento é realizado até terminar a lista de *picking*.

Na Figura 3.10 apresenta-se um exemplo da recolha de um artigo nos níveis 1, 2 e 3. Após o operador conhecer a localização do produto a recolher, desloca-se até ele (seta azul/traço-ponto-traço), de seguida retira a palete e transporta-a até à base (seta laranja/traço-ponto-ponto-traço). Faz a descarga das caixas requeridas pela encomenda na base de preparação e regressa à localização do produto para o arrumar (seta verde/tracejada) e de seguida continua a sua rota de *picking*.

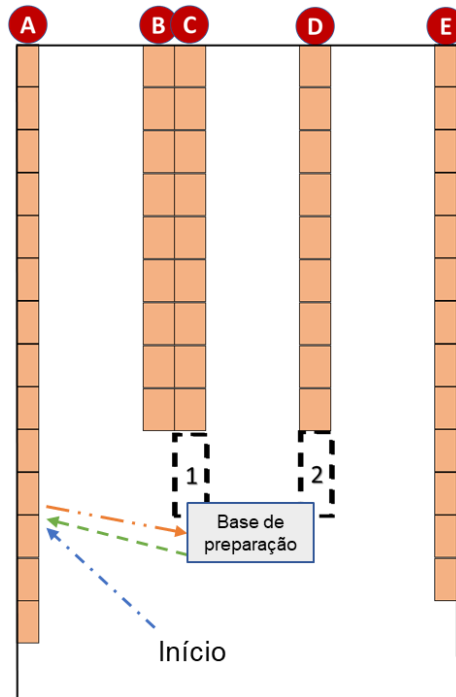


Figura 3.10 *Picking* nos níveis 1, 2 e 3

Da mesma forma que, para o *picking* do nível 0 foram definidas atividades chave, também foram para o *picking* nos níveis 1, 2 e 3:

#### 1- Deslocamento entre os *racks*

Deslocação com recurso ao empilhador entre as diferentes localizações.

Unidade: segundos / comprimento de *rack* percorrido.

#### 2- Recolha ou arrumação dos artigos

Posicionamento para a recolha da palete que contém o artigo a recolher, elevação dos ganchos do empilhador, recolha da palete e descida dos ganchos, posicionamento para iniciar a trajetória para a base.

Unidade: segundos / recolha e posicionamento da palete.

#### 3- Descarregamento dos artigos

Descarregamento na base de preparação de paletes para expedição.

Unidade: segundos / número de caixas recolhidas.

#### 4- Verificação das quantidades

Confirmação do número de caixas do artigo e validação do código com o PDA.

Unidade: segundos / verificação.

Os operadores responsáveis por estas atividades são o X e o Z. O operador X possui maior experiência de trabalho com o empilhador elétrico, executa cerca de 90% do total do *picking* dos níveis 1, 2 e 3.

Por outro lado, o operador Z, é requerido para fazer estas atividades nas ausências do X, tendo menos experiência neste tipo de *picking*. Fazendo cerca de 10% deste tipo de *picking*.

Na Figura 3.11 é apresentado, na forma de fluxograma, o modelo conceptual do processo de *picking* dos níveis 1, 2 e 3.

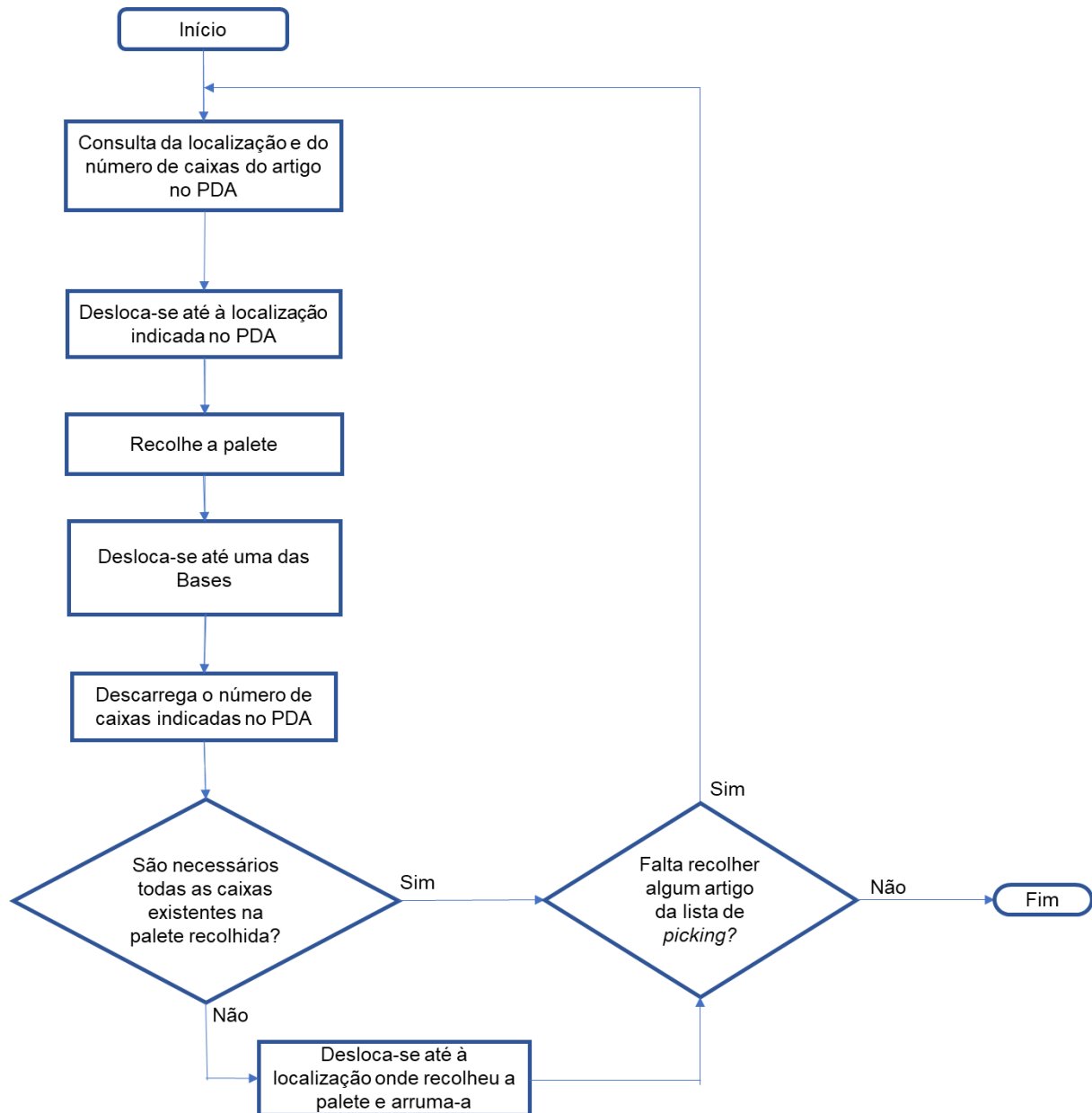


Figura 3.11 Modelo conceptual do processo de *picking* nos níveis 1, 2 e 3.

### 3.6 Preparação das paletes para expedição

Após a recolha dos artigos e respetivo descarregamento na Base, é realizada a preparação das paletes para a sua expedição para as unidades hospitalares:

- i) Começa por ser feita a verificação dos artigos (manualmente) de cada encomenda. Esta verificação é feita pelo operador W.

- ii) De seguida é necessário organizar as caixas e preparar as paletes para serem enviadas.
- iii) Por fim, são colocados o filme a toda à volta das caixas com os artigos e a respetiva etiqueta. Em certas paletes são colocadas etiquetas em algumas caixas, isto acontece quando a Unidade Hospitalar que os encomendou tem uma estrutura que permite que cada serviço faça as suas encomendas. Após todos estes procedimentos, as paletes são transportadas para a zona de expedição, no armazém 2.

A Figura 3.12, apresenta um exemplo de paletes prontas para serem enviadas para a zona de expedição.



Figura 3.12 Exemplo de encomendas prontas para irem para a zona de expedição

A preparação das encomendas realiza-se segundo uma escala de dias (Tabela 3.2), a cada dia da semana corresponde a preparação das encomendas de um grupo de unidades hospitalares. Para as unidades Hospital da Luz Lisboa (HLuz-Lisboa) e Hospital Beatriz Ângelo (HBA) são preparadas encomendas todos os dias.

O transporte para as unidades hospitalares em Portugal Continental é efetuado com recurso a uma empresa subcontratada. No fim da manhã de cada dia, informam a empresa de quantas paletes vão ser necessárias transportar e as encomendas são entregues no dia seguinte nas unidades hospitalares. Para a unidade hospitalar na ilha da Madeira o transporte é feito por via marítima, à quinta-feira.

Tabela 3.2 Escala dos dias de preparação de encomendas

2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sem data definida
HLuz Lisboa	HLuz Lisboa	HLuz Lisboa	HLuz Lisboa	HLuz Lisboa	H. da Misericórdia de Évora (duas vezes por mês à 6ª feira)
HBA	HBA	HBA	HBA	HBA	HLuz Coimbra (uma vez por mês à 6ª feira)
Hluz Oeiras	HLuz Aveiro	HLuz Arrábida	HLuz Póvoa de Varzim	HLuz Torres de lisboa	HMar Lisboa (uma vez por mês à 6ª feira)
Hluz Clínica da Amadora	HLuz Guimarães	HMar Gaia	HLuz Funchal	BO HLuz Aveiro	Casas da Cidade Residências Sénior Carnaxide (uma vez por mês à 6ª feira)
Hluz Setúbal	HLuz Oeiras	-	Int. HLuz Aveiro	BO HLuz Arrábida	Casas da Cidade Residências Sénior Lisboa (uma vez por mês à 6ª feira)
Int. HLuz Aveiro	-	-	-	-	-

Legenda:

**HLuz** - Hospital da Luz; **H.** – Hospital; **HBA** – Hospital Beatriz Ângelo; **BO** – Bloco operatório; **Int.** – Internamento **HMar** – Hospital do Mar Cuidados Especializados

### 3.6.1 Sistema de encomendas

As encomendas feitas pela GLSMED Trade são realizadas pelo departamento de compras. Para a maioria dos artigos é realizada uma encomenda quando o seu *stock* em armazém atinge o ponto de encomenda, sendo encomendada a quantidade necessária para repor o *stock* para o nível máximo. Na Tabela 3.3 apresenta-se um exemplo representativo do sistema de encomendas da GLSMED Trade.

Tabela 3.3 Exemplo do sistema de encomendas da GLSMED Trade

Ponto de Encomenda (unidades)	Stock Máximo (unidades)	Quantidade encomendada (unidades)
50	100	50

### 3.7 Dados recolhidos e analisados

No Capítulo 1 foram definidos o objetivo principal e os secundários da dissertação. De modo a cumpri-los foi necessário recolher e analisar dados do sistema em estudo. Segundo a metodologia descrita na Secção 2.3.2.2 a recolha dos dados pertence ao passo 2.

Para compreender e descrever o método de *picking* utilizado pela empresa GLSMED Trade, primeiro objetivo secundário, foi necessário recorrer à observação direta dos operadores. Observar o modo de trabalho, isto é, as atividades envolvidas nas rotas de *picking* e posteriormente cronometrá-las.

Relativamente ao segundo objetivo secundário, relacionado com o método e capacidade de armazenagem, os dados foram fornecidos pela empresa. Informação sobre o método de armazenagem e um exemplo representativo das localizações dos artigos de um dia de trabalho.

Para o quarto objetivo secundário, analisar a procura dos artigos por parte das unidades hospitalares, foi indispensável o acesso aos pedidos feitos pelas unidades hospitalares à GLSMED Trade durante um determinado intervalo de tempo, neste caso um ano. Estes dados também foram fornecidos pela empresa.

Por fim, para desenvolver propostas de melhoria relativamente à duração de *picking*, quinto objetivo secundário, foram necessários os dados descritos para todos os objetivos secundários e os dados do *layout* do armazém. Foram determinadas as distâncias entre localizações e entre localizações e a base de preparação.

Por outro lado, assumiram-se pressupostos para os modelos propostos.

Para o caso de estudo recorreu-se a dados observados diretamente no sistema e a dados fornecidos pela empresa. A explicação de cada um é apresentada na Secção 3.7.1.

### **3.7.1 Dados observados no sistema e respetiva análise**

Os dados observados diretamente no sistema foram validados pela empresa em estudo e podem-se dividir em 2 conjuntos:

- Duração das atividades de *picking*;
- Distância entre localizações e entre localizações e a base de preparação.

#### **3.7.1.1 Duração das atividades de *picking***

Nas secções 3.5.2 e 3.5.3 foram definidas as atividades de *picking* associadas a cada nível de armazenagem (nível 0 e para os níveis 1, 2 e 3). Realizaram-se filmagens aos operadores a executarem o processo de *picking*, com estas filmagens cronometrou-se as atividades individualmente. Para cada atividade foram recolhidas pelo menos 30 observações, estes valores estão no Anexo C. Com os dados obtidos procedeu-se à seguinte análise:

- a) Organizaram-se os dados por tipo de *picking* (nível 0 e níveis 1, 2 e 3), por operador e por atividade.
- b) Foram recolhidas pelo menos 30 observações de cada atividade, a Figura 3.13 exemplifica os dados recolhidos da atividade 1 feita pelo operador Z. O eixo das ordenadas corresponde à duração da atividade, e o eixo das abcissas corresponde ao número da amostra. Estes números não estão por ordem de recolha, mas sim, aleatória. Para cada conjunto de observações

foi analisado o respetivo gráfico de dispersão de forma a excluir, quando se observavam, valores com um grande afastamento dos restantes valores (*outliers*).

- c) Para cada conjunto de observações foram determinados a duração média, o desvio padrão, o valor mínimo, máximo e a distribuição de probabilidade. Para o cálculo das distribuições recorreu-se ao *Input Analyzer* (versão 15.10) detalhado na Secção 2.3.3.1, ferramenta do *software Arena*, para os restantes cálculos foi utilizado o *EXCEL* (versão 1907).

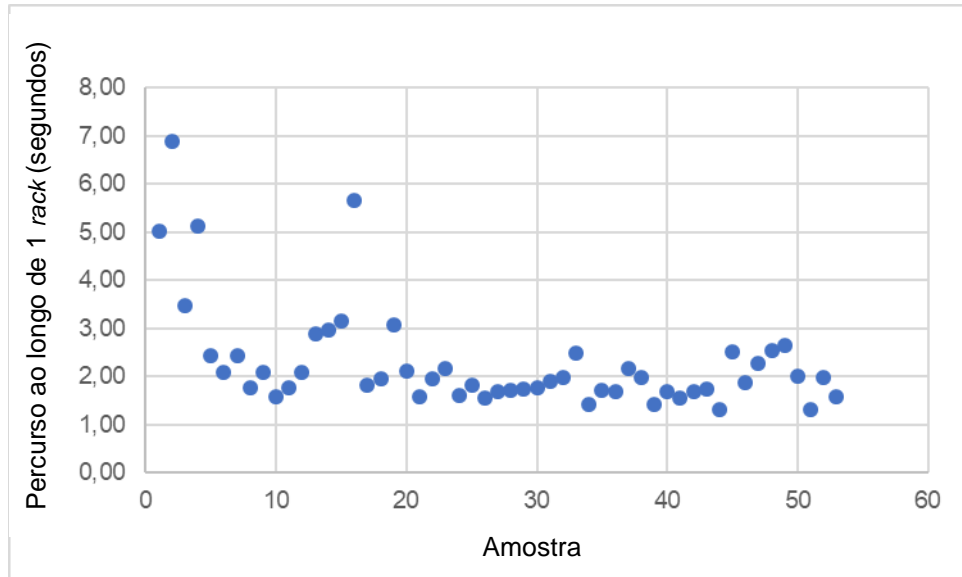


Figura 3.13 Atividade 1 operador Z

### Nível 0

Relativamente ao nível 0 foram obtidas as estatísticas descritivas apresentados na Tabela 3.4 relativas ao operador Z e na Tabela 3.5 para o operador Y.

Tabela 3.4 *Picking* no nível 0 operador Z

Atividade	Duração (segundos)				
	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima	Expressão de ajustamento
1 - Deslocamento entre 2 racks adjacentes	3,11	1,30	7,22	1,59	1,02 + LOGN (2,09; 1,35)
2 - Recolha dos artigos	14,00	6,34	38,40	3,67	3 + WEIB (12,4; 1,83)
3 - Consulta da próxima localização	17,20	8,21	46,50	2,00	NORM (17,2; 8,14)

A atividade 4 (descarregamento da paleta na base de preparação) tem a duração de 6 segundos, igual para ambos os operadores.

Tabela 3.5 *Picking* no nível 0 operador Y

Atividade	Duração (segundos)				
	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima	Expressão de ajustamento
1 - Deslocamento entre 2 <i>racks</i> adjacentes	3,38	1,15	7,46	2,00	2 + EXPO (1,38)
2 - Recolha dos artigos	15,40	11,6	50,9	3,00	3 + EXPO (12,4)
3 - Consulta da próxima localização	11,14	9,26	33,8	2,00	2 + 32 × BETA (0,587; 1,22)

Analisando a Tabela 3.4 e a Tabela 3.5 conclui-se que não existe uma diferença apreciável na duração com que cada um dos operadores executa uma atividade, o que era expectável uma vez que ambos fazem estas atividades diariamente. Contudo, como o operador Z é o mais experiente é previsível que nas atividades que envolvem deslocamento (atividade 1) e recolha (atividade 2) seja mais rápido. A única atividade em que o operador Y apresenta um valor mais reduzido é a 3, pois não depende do operador, mas sim da rapidez do programa dos PDA's. Para completar as 2 tabelas, foi calculada para cada atividade, a diferença entre as médias dos 2 operadores.

A Tabela 3.6 apresenta as estatísticas descritivas obtidas em segundos e em percentagem, sendo que o valor da média de referência foi a do operador Y.

Tabela 3.6 Diferença entre as médias de duração dos operadores Z e Y

Atividade	Diferença entre a média do operador Z relativamente à do operador Y	
	(Segundos)	(%)
1 - Deslocamento entre 2 <i>racks</i> adjacentes	0,27	7,99
2 - Recolha dos artigos	1,40	9,09
3 - Consulta da próxima localização	-6,06	-54,40

### Níveis 1, 2 e 3

As estatísticas descritivas obtidas dos níveis 1, 2 e 3 apresentam-se na Tabela 3.7 e na Tabela 3.8, a primeira refere-se ao operador X e a segunda ao operador Z.

Tabela 3.7 *Picking* no nível 1, 2 e 3 operador X

Atividade	Duração (segundos)				
	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima	Expressão de ajustamento
1 - Deslocamento entre 2 racks adjacentes	1,40	0,22	2,00	1,10	TRIA (1,01;1,18; 2)
2- Recolha ou arrumação dos artigos	15,10	6,18	33,80	4,96	4 + ERLA (2,78; 4)
3- Descarregamento dos artigos	6,78	3,05	15,70	2,48	2 + ERLA (2,39; 2)
4- Verificação das quantidades	16,60	7,13	49,30	6,90	6 + GAMM (4,29; 2,47)

Tabela 3.8 *Picking* no nível 1, 2 e 3 operador Z

Atividade	Duração (segundos)				
	Média	Desvio Padrão	Máxima	Mínima	Expressão de ajustamento
1 - Deslocamento entre 2 racks adjacentes	2,21	0,91	5,70	1,30	1 + GAMM(0,434; 2,79)
2- Recolha ou arrumação dos artigos	32,10	11,80	67,80	10,70	10 + ERLA(7,38;3)
3- Descarregamento dos artigos	10,30	4,99	21,00	3,48	3 + 19 × BETA(0,94; 1,5)
4- Verificação das quantidades	37,7	28,71	112,00	8,56	8 + EXPO(29,7)

A análise da Tabela 3.7 e da Tabela 3.8 permitiu verificar que o tempo de execução das atividades depende do operador que as realiza. A diferença justifica-se pelo facto do operador X executar estas atividades diariamente e o operador Z ocasionalmente.

Aliado à duração da atividade 2 está a duração de subida e descida dos ganchos do empilhador, que não foram consideradas nas tabelas. Ou seja, os tempos que estão identificados nas tabelas, são apenas referentes ao posicionamento do empilhador para iniciar a subida/trajetória até à base e para posicionar/recolher a paleta. No modelo de simulação considerou-se o mesmo tempo para a subida e descida dos ganchos do empilhador:4,5 segundos (valor médio).

Tal como no nível 0, para as atividades dos níveis 1, 2 e 3 foi calculada a diferença entre as médias dos 2 operadores.

A Tabela 3.9 apresenta os resultados obtidos em segundos e em percentagem, sendo o valor da média do operador Z foi o de referência.

Tabela 3.9 Diferença entre as médias de duração dos operadores X e Z

Atividade	Diferença entre a média do operador X relativamente à do operador Z	
	(Segundos)	(%)
1 - Deslocamento entre 2 <i>racks</i> adjacentes	0,81	36,50
2- Recolha ou arrumação dos artigos	17,00	52,95
3- Descarregamento dos artigos	3,52	34,17
4- Verificação das quantidades	21,10	55,97

### 3.7.1.2 Distâncias entre as localizações e entre as localizações e a base de preparação

Para o cálculo das distâncias entre as localizações assumiram-se os pressupostos seguintes:

- i) A base de cálculo para as distâncias é o *rack* que tem 270 centímetros de comprimento. Por exemplo a largura do corredor é de 308 centímetros, convertida em *racks* equivale a 1,1 *racks*.
- ii) No cálculo das distâncias foi considerado o ponto médio do *rack* da localização como ponto de referência e a base de preparação, apresentado na Secção 3.3.

### 3.7.2 Dados fornecidos pela empresa e respetiva análise

Os dados fornecidos pela empresa, foram organizados em 3 grupos:

1. Encomendas feitas pelas unidades hospitalares referentes ao ano de 2017 - estes dados estão num ficheiro que contém as encomendas feitas por todas as unidades hospitalares no ano de 2017. Com esta informação foi feita uma análise ABC referente à procura, descrita no Subcapítulo 3.3. Com o resultado desta análise é possível organizar os artigos pelas localizações segundo a sua procura.
2. Localizações dos artigos no armazém num dia escolhido aleatoriamente - o ficheiro com as localizações, refere-se a um dia de agosto de 2018. Este ficheiro possui a localização e o *stock* de todos os artigos armazenados no armazém naquele dia. Estas localizações serviram de base para os cenários propostos.
3. Quantidade de unidades por caixa - nos dados do ponto 1 e 2 a unidade de quantidade de artigos é a unidade, com vista a facilitar a análise todas as unidades foram convertidas em caixas. Desta forma a unidade base da quantidade de artigos utilizada em toda análise é o número de caixas.

Com os dados identificados e obtidos, a localização dos artigos foi reorganizada tendo em consideração a análise ABC e a distância de cada localização à base de preparação. O método de organização dos artigos constitui uma proposta de melhoria.

Como não existe informação sobre o peso ou o volume das caixas dos artigos, assumiram-se alguns pressupostos. Em primeiro lugar foi essencial organizar o armazém por áreas consoante a similaridade física das localizações e o respetivo tipo de *picking*. Importante referir que para cada área são considerados os artigos e respetivos *stocks* atuais, sendo que a cada área do armazém corresponde uma lista de artigos com os *stocks* respetivos.

Na Figura 3.14 apresenta-se o esquema com a organização por áreas do armazém 1. De acordo com o tipo de *picking*, que difere entre para o nível 0 e os níveis 1, 2 e 3 e a similaridade física das localizações nos *racks*, o armazém foi organizado em 4 áreas:

1. *Racks* dos níveis 1, 2 e 3, das filas A, B, C, D e E, devido à diferença entre o tipo de *picking* executado em cada nível.
2. *Racks* do nível 0, filas A, B, C e *rack* E44, estes *racks* são semelhantes fisicamente, bem como os artigos armazenados.
3. *Racks* do nível 0.1 das filas D e E, exceto a localização E44, no nível 0 das filas D e E o *rack* está dividido em 3 partes em altura (0.1, 0.2 e 0.3), como o nível 0.1 e os artigos armazenados são diferentes dos restantes, os *racks* deste nível foram organizados numa área.
4. *Racks* dos níveis 0.2 e 0.3 das filas D e E, exceto a localização E44, neste caso, como fisicamente os níveis 0.2 e 0.3 e os artigos armazenados são similares foram organizados numa área.

Seguidamente organizou-se os artigos de cada área de acordo com a tipificação da análise ABC apresentada na Secção 3.3.2. Para cada uma das quatro áreas, a lista de artigos correspondentes, organizados por paletes, foi ordenada por ordem decrescente consoante os valores da análise ABC. A análise realizou-se por paletes, pois nas filas A e E podem ser armazenadas duas paletes e nas filas B, C e D três paletes.

De seguida organizaram-se os artigos em cada área. Para definir o valor máximo do número de caixas possível armazenar por paletes calculou-se por área o valor médio do número de caixas por paletes e o número de artigos diferentes por paletes. O cálculo dos valores médios realizou-se com uma análise dos dados através de gráficos de dispersão, o que permitiu verificar se existem valores muito afastados dos outros. Quando isso acontece esses valores não são considerados para o cálculo da média. Com os valores médios foram assumidos os pressupostos seguintes:

- i) Para um artigo que o número de caixas numa paletes é inferior ao valor médio, considerou-se o valor médio como o valor máximo do número de caixas a armazenar numa paletes. Assim, numa paletes podem ser armazenados artigos diferentes.

- ii) Para um artigo que o número de caixas numa palete é superior ao valor médio, ou seja, que na localização atual estava armazenado numa única palete, considerou-se o primeiro valor como o valor máximo possível armazenar desse artigo numa palete. Na possibilidade de partilhar uma palete com outro artigo foi considerado o valor médio como o máximo.

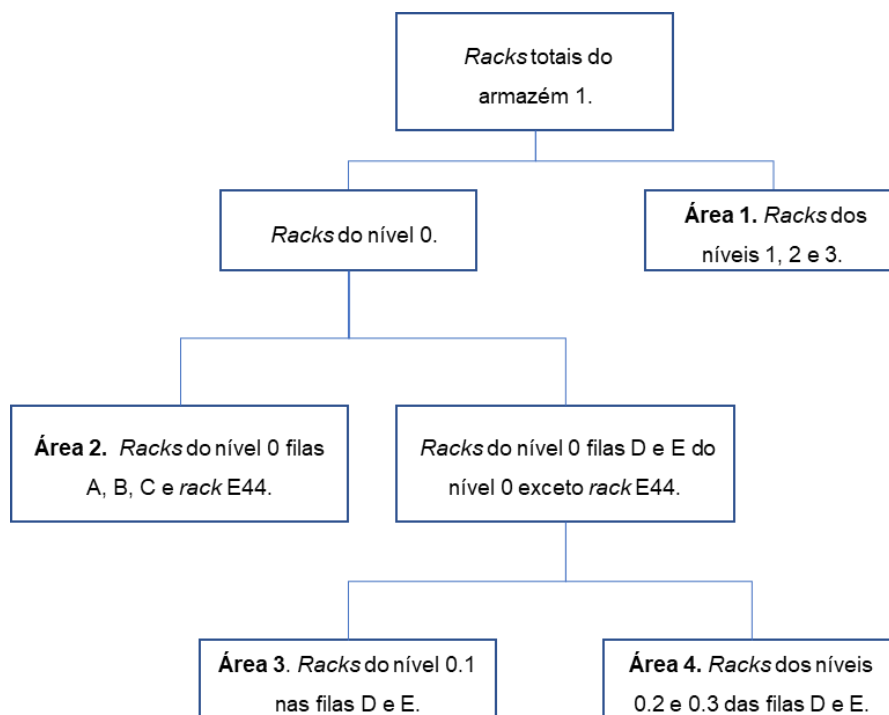


Figura 3.14 Organização por áreas do armazém 1

Os passos explicados foram procedidos nas quatro áreas, contudo existem algumas diferenças:

- Na área 2 para cada palete foi atribuído um único artigo;
- Na área 3 quando uma palete de uma localização não fica completa com o número de caixas de um artigo é preenchida com outros artigos que aparecem posteriormente na lista. Sendo que o número de caixas tem de ser menor ou igual ao número de artigos disponível na palete;
- As 2 prateleiras da área 4 foram consideradas como um todo.

Por fim a cada palete foi atribuída uma localização consoante a distância à base de preparação. As localizações foram ordenadas por ordem crescente de proximidade à base de preparação, sendo que os primeiros artigos de cada lista foram armazenados mais próximos da base.

### 3.8 Síntese do capítulo

A GLSMED Trade, pertencente ao grupo Luz Saúde e tem como objetivo centralizar as compras dos seus estabelecimentos, de forma a conseguir obter vantagens económicas para o grupo. Atualmente fornece 22 dos 29 estabelecimentos que o Grupo Luz possui, fornecendo essencialmente artigos de consumo clínico. Existe um conjunto de artigos com maior procura, definidos pela análise ABC: 81 em 859 artigos, que correspondem a 82,70% da procura total.

A empresa possui dois armazéns, sendo que foi estudado o armazém 1. Neste, ocorre o processo de *picking*, que difere consoante os níveis de armazenagem. Para cada tipo de *picking* são executadas diferentes atividades, no Capítulo 4 são apresentados os tempos médios de cada uma, consoante o operador que as executa.

Na preparação das paletes para satisfação das encomendas é seguida uma escala de dias, cada dia da semana tem associado um grupo de estabelecimentos (unidades hospitalares).

Relativamente ao sistema de encomendas por parte da GLSMED Trade, as encomendas são realizadas pelo departamento de compras.

Cada objetivo proposto requer diferentes dados do sistema em estudo, sendo que o último, relacionado com as propostas de melhoria requer todos os dados. Estes dados são divididos em dados observados diretamente e fornecidos pela empresa. Os primeiros são a duração das atividades de *picking* e as distâncias entre as localizações e entre as localizações e a base de preparação. Os dados fornecidos pela empresa são os métodos de *picking* e armazenagem, listas de encomendas por parte das unidades hospitalares e localizações dos artigos.

Com a informação disponível é possível determinar novas localizações para os artigos consoante o grupo a que pertencem. Existem 4 grupos distintos, o grupo do nível 1, 2 e 3 de todas as filas, o grupo do nível 0 das filas A, B, C e da localização E44, o grupo do nível 0.1 das filas D e E e por fim o grupo dos níveis 0.2 e 0.3 das filas D e E. Com esta nova organização, feita com segundo a análise ABC, e a proximidade das localizações à base de preparação é possível simular novos cenários de modelos para o sistema de *picking* do armazém da GLSMED Trade, o que será apresentado no Capítulo 4.

## 4 Modelação do sistema atual

Neste capítulo apresentam-se dois modelos computacionais desenvolvidos para representar o sistema real, iniciando-se com a contextualização dos modelos e pressupostos assumidos. De seguida, cada modelo computacional é detalhado, verificado e, por fim, validado.

### 4.1 Desenvolvimento da modelação do sistema atual

O sistema atual foi dividido em dois Subsistemas: Subsistema 1, referente ao nível 0 e Subsistema 2 referente aos níveis 1, 2 e 3. Ao Subsistema 1 corresponde o Modelo 1 e ao Subsistema 2 o Modelo 2, pelo que o sistema atual é modelado pelo conjunto de dois modelos. Os dois modelos de simulação são dinâmicos (o tempo é uma variável relevante e de estudo), são estocásticos, pois existem dados probabilísticos, e são discretos, visto que alterações no estado do modelo verificam-se em instantes no tempo.

Para a construção dos modelos de simulação assumiram-se pressupostos relacionados com

- i) a denominação dos *racks*;
- ii) as distâncias no armazém 1;
- iii) a duração das atividades de *picking*;
- iv) a velocidade dos empilhadores;
- v) as variáveis Tabela Produtos e Tabela Quantidades.

O desenvolvimento e as simulações foram realizados com o *software Rockwell Arena*, versão 15.10.

#### 4.1.1 Pressupostos

##### i) Denominação dos *racks*

O desenvolvimento dos modelos computacionais iniciou-se com a denominação dos *racks* (Figura 4.1). Na denominação A20, por exemplo, o primeiro carácter, 'A', representa a fila do *rack*, o segundo carácter, '2', a posição do *rack* na fila e o '0' indica que é a primeira das cinco filas. A redundância entre o primeiro e o último carácter deve-se à limitação do *software Arena* que obriga à utilização de identificadores de localização alfanuméricos.

##### ii) Distâncias no armazém 1

As distâncias no armazém 1 entre a localização de *racks* e entre a localização de cada *rack* e a base de preparação são iguais para ambos os modelos. Como o *software* de simulação utilizado só aceita valores inteiros para a distância entre estações (que representam a localização dos *racks* e a base de preparação) e algumas distâncias incluem casas decimais, todas as distâncias foram multiplicadas por 10.

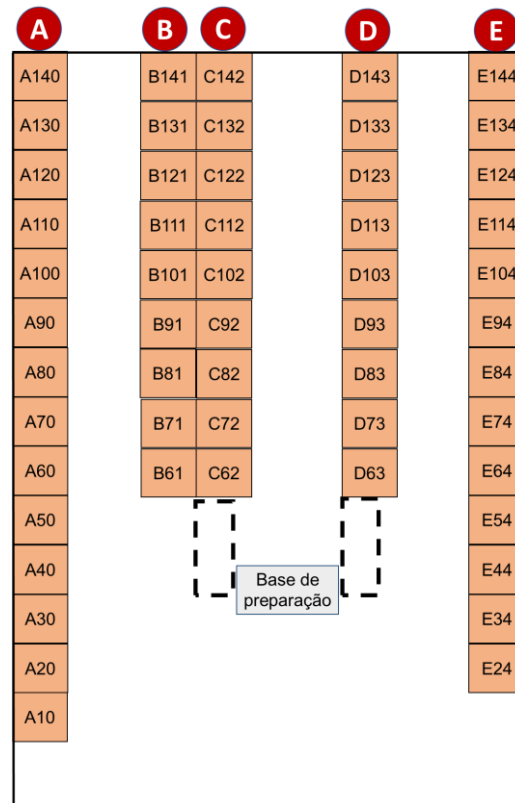


Figura 4.1 Denominação dos racks do armazém 1

### iii) Duração das atividades de *picking*

O cálculo da duração das atividades de *picking* teve em consideração o facto dos quatro operadores alocados a cada tipo de *picking* (dois para o nível 0 e dois para o restante) terem níveis de experiência diferentes na execução das atividades. Assim, o cálculo considera uma percentagem representativa de experiência de cada operador (mencionado nas secções 3.5.2 e 3.5.3). Dado que para o *picking* no nível 0 (Modelo 1) ambos os operadores executam as atividades diariamente, considerou-se uma ponderação igual para os dois operadores (50%). No Modelo 2, o tempo total de execução de uma atividade considerado corresponde, respetivamente, a 90% e a 10% do tempo que o operador X e o operador Z levam a executar a mesma atividade. Uma vez que o operador X executa estas atividades diariamente e o segundo esporadicamente.

### iv) Velocidade dos empilhadores

A velocidades do empilhador foi calculada de acordo com os dados recolhidos: a percentagem considerada de cada operador apresentada nas secções 3.5.2 e 3.5.3 e a conversão do número de racks para o programa de simulação (criou-se a unidade rackArena que equivale a 10 racks). A velocidade 1, correspondente à velocidade do empilhador manual do nível 0 e tem o valor de 3,08 rackArena/segundo. A velocidade 2, correspondente à velocidade do empilhador elétrico dos níveis 1, 2 e 3, tem o valor de 6,75 rackArena/segundo.

## v) Tabela Produtos e Tabela Quantidades

A lista de localizações e respetivos *stocks* encontram-se nas variáveis TabelaProdutos e na Tabela-Quantidades. A primeira contém o código dos artigos e respetivas localizações e a segunda os *stocks* respetivos. Estas variáveis são consideradas em ambos os modelos.

### 4.1.2 Modelo 1 – *Picking* no nível 0

O Modelo 1 corresponde ao modelo computacional do Subsistema 1 e foi desenvolvido com base no modelo conceptual apresentado na Secção 3.5.2 (Figura 3.9) e no modelo conceptual apresentado na Figura 4.2 , onde é apresentado com maior detalhe.

O Modelo 1 é apresentado no Anexo D. Em seguida apresenta-se a explicação do mesmo seguindo a ordem das Etapas do modelo conceptual da Figura 4.2 e algumas figuras representativas.

#### Etapa 1- **Início**

Corresponde ao início do modelo de simulação. Nesta etapa é gerada a entidade (*Entity 1*) no módulo *Create* denominado por *PrepEnc*. Neste modelo uma entidade representa uma linha da encomenda que será preparada. O módulo *Create* gera a entidade e pode modelar o intervalo de tempo entre chegadas de entidades. Contudo, neste caso, o valor máximo de entidades definido foi 1, pois este módulo foi utilizado para dar início à simulação.

#### Etapa 2- **Identificar a encomenda a tratar**

Na Etapa 2 é identificada a lista de encomendas a preparar. Esta identificação é realizada com o auxílio do módulo *Decide (Qual pedido?)*, apresentado na Figura 4.3, onde é decidido qual a encomenda a preparar possuindo cinco hipóteses de solução (uma para cada encomenda). Com o decorrer da simulação o valor referente a cada lista de encomendas é atualizado.

#### Etapa 3- **Ler uma linha do ficheiro da encomenda identificada**

Na Etapa 3 é lido o ficheiro da encomenda identificada na Etapa 2, para tal recorreu-se ao módulo *ReadWrite*. O ficheiro possui a informação apresentada nos PDA's que os operadores necessitam para executar o *picking* das encomendas. Cada linha do ficheiro possui três campos cujos valores são atribuídos respetivamente a (Figura 4.3):

- 1) **artigo**, referente ao código do artigo;
- 2) **ncaixas**, referente ao número de caixas encomendadas;
- 3) **localizacao**, referente à localização do artigo a recolher.

O número de linhas de cada lista de encomendas é definido através de um módulo *Assign*, por exemplo a lista 1 é direcionada para o *Assign* (Dimensão P1). O número da linha do ficheiro referente à lista de encomendas que está a ser preparada é atualizado cada vez que uma linha é lida. Ainda na Etapa 3 é localizada na *TabelaProdutos* a linha que possui o artigo e a localização correspondentes ao que foi lido (Figura 4.4). Com esta informação acede-se na *TabelaQuantidades* ao valor do *stock* existente do artigo.

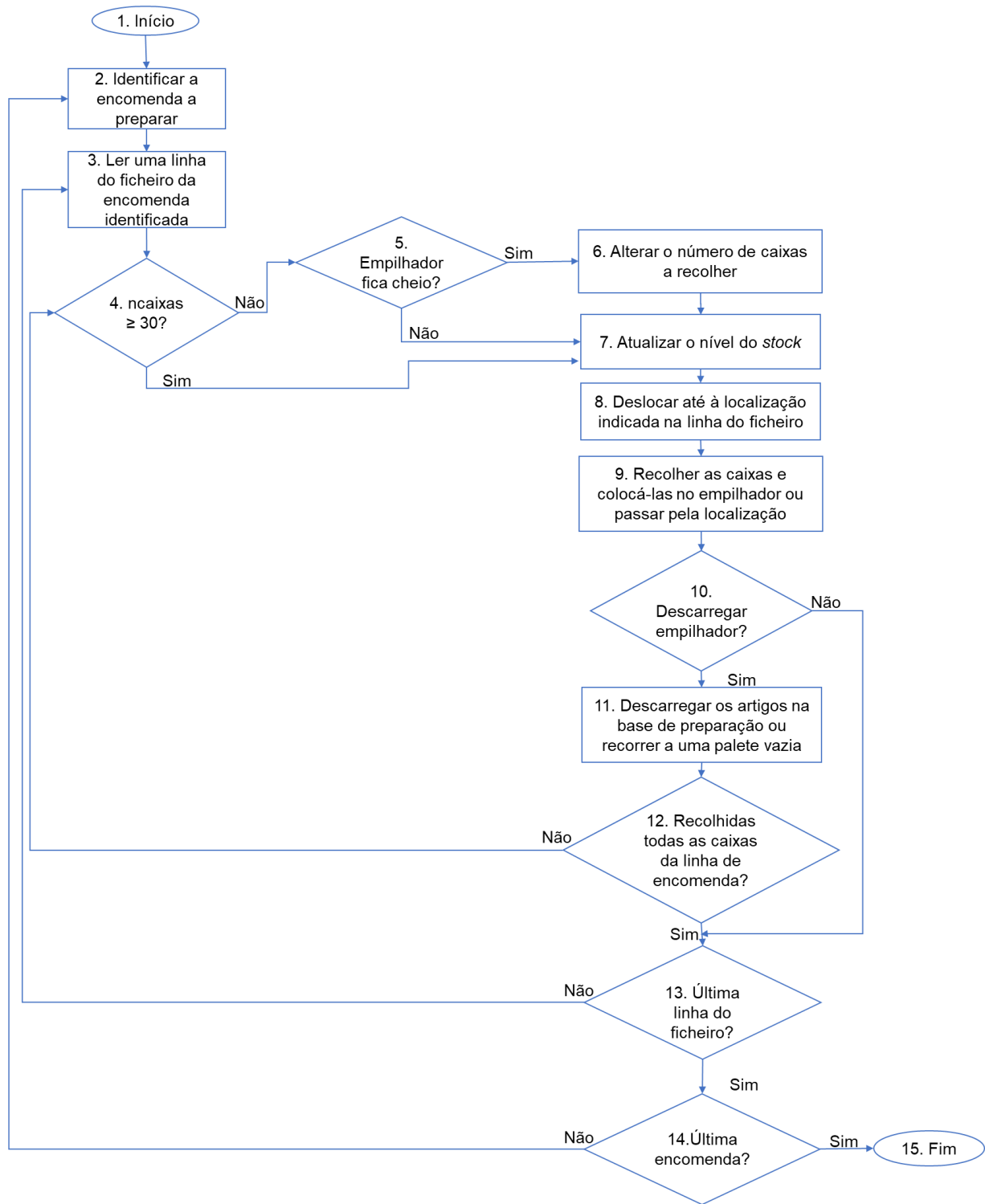


Figura 4.2 Modelo conceptual: detalhe do modelo 1

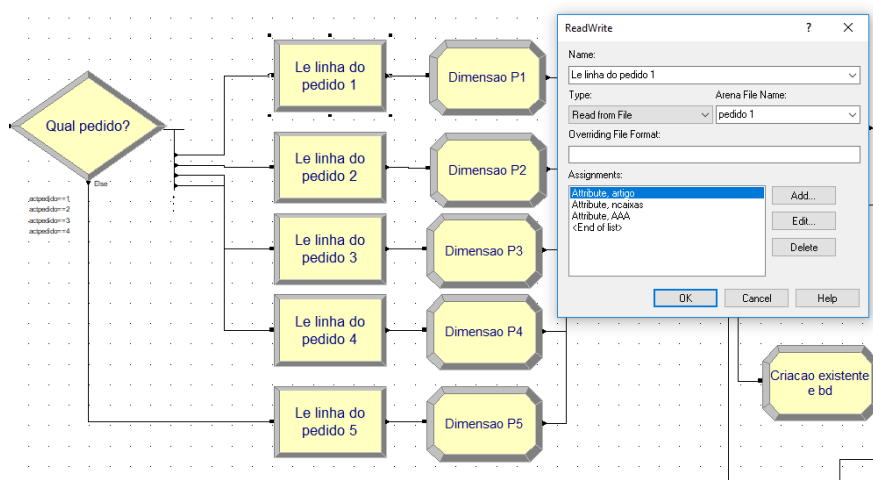


Figura 4.3 Leitura dos ficheiros das listas de encomendas

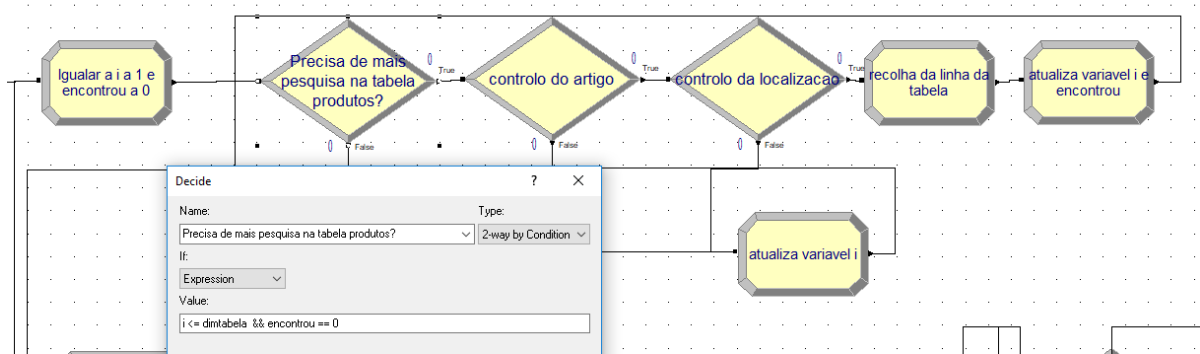


Figura 4.4 Parte do modelo que permite procurar o código e a localização do artigo na TabelaProdutos e Tabela-Quantidades

#### Etapa 4- $ncaixas \geq 30$ ?

Na Etapa 4 é verificado se o *ncaixas* (o número de caixas a recolher) é superior a 30 (número máximo de caixas que pode ser movimentado por palete) através de um módulo *Decide* (*ncaixas maior que 30?*) apresentado na Figura 4.5. Se o valor for inferior prossegue-se para a Etapa 5. Se o valor for igual ou superior a 30 significa que uma encomenda requer um número de caixas superior ao que pode ser movimentado por palete. O valor máximo definido foi de 30 caixas, contudo é necessário considerar casos em que a palete onde o artigo está armazenado contenha um valor superior, e nesses casos é esse o valor máximo que pode ser movimentado por palete. Sendo que nessa palete só pode ser transportado esse artigo, assim é necessário recorrer a uma palete vazia.

#### Etapa 5- Empilhador fica cheio?

Na Etapa 5 recorreu-se ao módulo *Decide* (*b maior que 30?*) apresentado na Figura 4.5 onde é avaliado se o empilhador fica cheio com as *ncaixas*. Ou seja, se o total do número de caixas recolhidas para a palete é superior a 30 caixas. Se for verdadeiro, segue-se para a Etapa 6 onde é atualizado o valor do

número de caixas a recolher. Se for falso segue-se para a Etapa 7 onde é realizada a atualização do nível do *stock* do artigo que está a ser preparado.

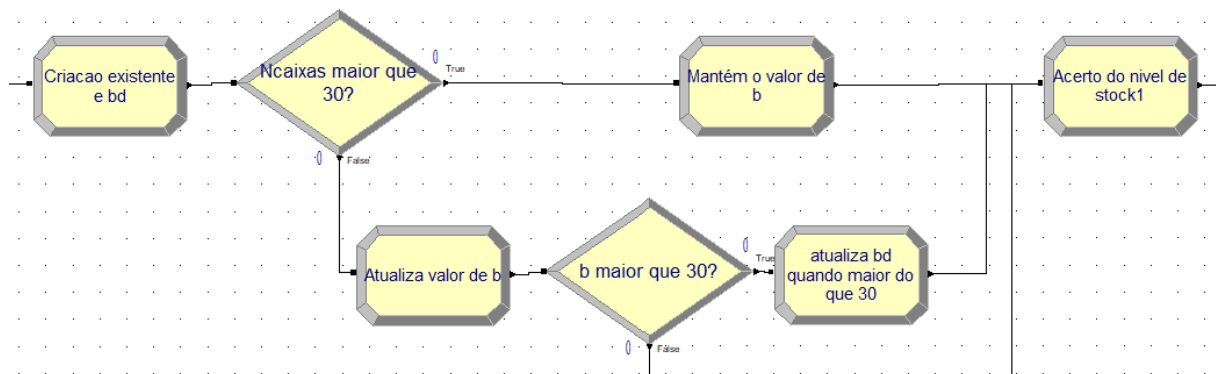


Figura 4.5 Detalhe do modelo: avaliação de ncaixas

### Etapa 6- Alterar o número de caixas a recolher

Na Etapa 6 é atualizado o número de caixas a recolher, isto porque o empilhador não tem capacidade para movimentar as *ncaixas* do artigo que está a ser preparado. Assim, é calculado o número de caixas que é possível recolher e registado o número de caixas que ficam em falta, que serão recolhidas após o operador descarregar a paleta completa na base de preparação.

### Etapa 7- Atualizar o nível do *stock*

Após ser conferido o valor das caixas a recolher, é atualizado o nível do *stock* na *TabelaQuantidades* através do módulo *Assign* (*Acerto do nível de stock 1*) apresentado na Figura 4.6. Ao valor do *stock* existente acedido na Etapa 3 é retirado o valor de caixas que vai ser recolhido.

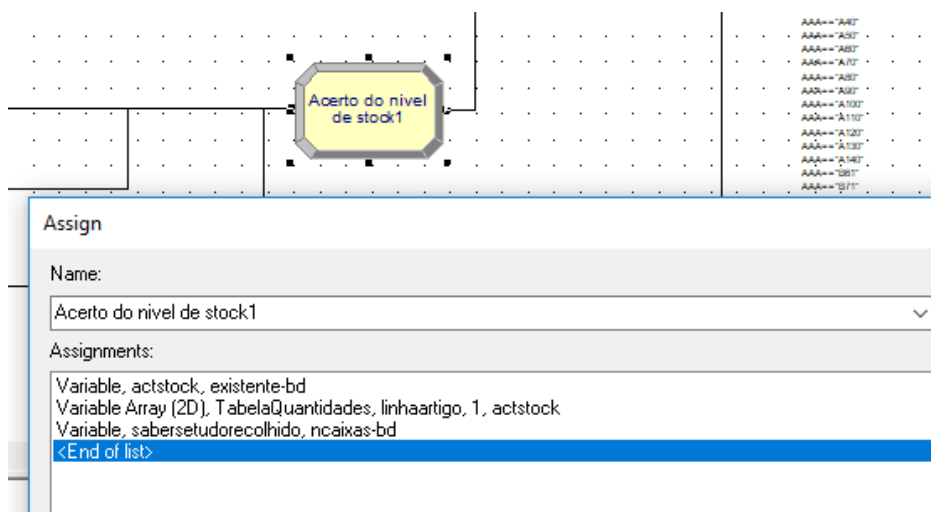


Figura 4.6 Módulo *Assign* onde é realizado o acerto do *stock*

## Etapa 8- Deslocar até à localização indicada na lista

Na Etapa 8 utilizou-se o módulo *Leave para* representar o caminho até à localização identificada na Etapa 3. Na Figura 4.7 apresenta-se o exemplo do módulo *Leave (Caminho até rack E144)* correspondente ao caminho até ao *rack E144*. Nesta deslocação recorreu-se ao recurso *Transporter* (Empilhador) cuja a velocidade é definida pela velocidade 1 (Figura 4.8) e pelas distâncias entre as localizações no armazém (definidas no *Empilhador.Distance*).

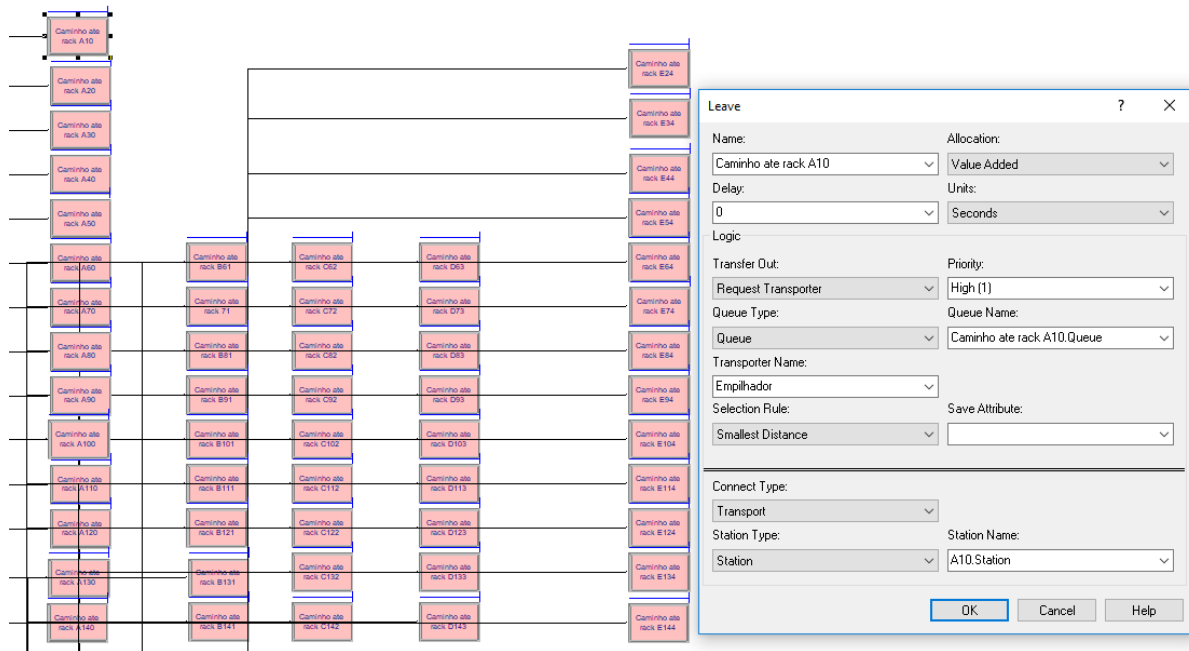


Figura 4.7 Módulos Leave que representam o caminho entre as *stations*

Transporter - Advanced Transfer									
	Name	Number of Units	Type	Distance Set	Velocity	Units	Initial Position S...	When Freed	Report Statistics
1	Empilhador	1	Free Path	Empilhador.Distance	3.08	Per Second	1 rows	Remain Where Freed	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.8 Características do recurso *transporter* empilhador

## Etapa 9- Recolher as caixas e colocá-las no empilhador ou passagem pela localização

Para representar os locais do armazém (localizações dos artigos e a base de preparação) recorreu-se a *Stations* e ao módulo *Enter*. Cada *Station* representa um local, e na Figura 4.9 apresentam-se todos os módulos *Enter* de todos os locais e um exemplo do módulo *Enter* onde é definido o *rack E144*. Neste módulo é definida a duração da atividade de recolha das caixas e a sua colocação no empilhador.

Seja *A* a duração da recolha dos artigos ou a passagem do operador pela localização, equação (2).

$$A = \frac{1}{2} [bd (6 + WEIB(12,4; 1,83) + EXPO(12,4)) + proc (2 + NORM (17,2; 8,14) + 32 BETA(0,587; 1,22))] * t_0 \quad (2)$$

em que:

$\frac{1}{2}$  – corresponde a 50% de cada operador, tal como explicado na Secção 4.1.1;

**bd** – número de caixas a recolher;

$(6 + WEIB(12, 4; 1, 83) + EXPO(12, 4))$  - refere-se à duração da atividade 2 (recolha dos artigos);

$(2 + NORM(17, 2; 8, 14) + 32 BETA(0, 587; 1, 22))$  - refere-se à duração da atividade 3 (pesquisa da próxima localização);

**proc** - Toma o valor 1 ou 0; 1 quando é considerada a duração da atividade 3, caso contrário 0, porque já foi contabilizado o valor da pesquisa da próxima localização;

**t<sub>0</sub>** - Toma valor 1 ou 0; 1 quando o operador efetivamente recolhe as caixas (atividade 2), 0 quando o operador vai até à localização e antes de recolher as caixas recorre a uma paleta vazia (exceção B ou C apresentadas na Secção 3.5.2.).

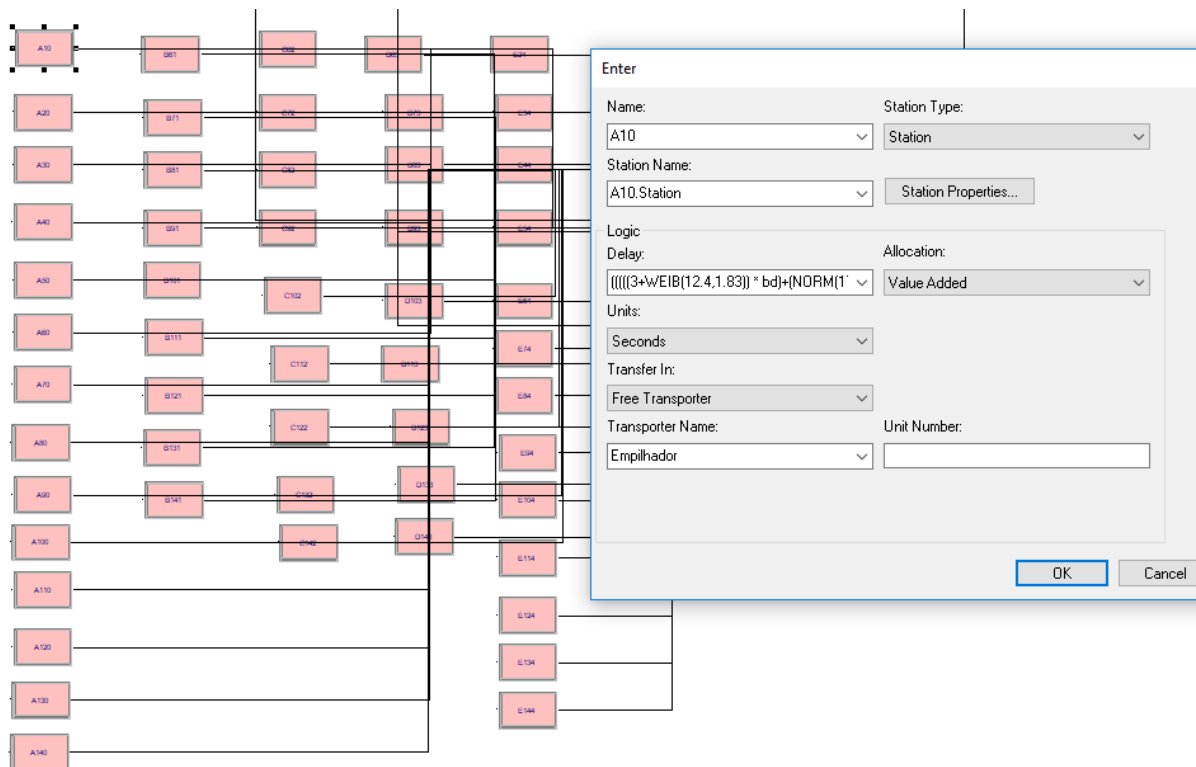


Figura 4.9 Módulos *Enter* que representam os racks do armazém 1

#### Etapa 10- Descarregar empilhador?

Na Etapa 10 verifica-se se é necessário descarregar a paleta na base de preparação ou recorrer a uma paleta vazia. Para tal, utilizou-se o módulo *Decide* (empilhador cheio?, Figura 4.10), com três hipóteses possíveis:

- 1) Módulo *Assign* (*Igualar b a 0*), quando o empilhador está cheio. O número de caixas no empilhador é atualizado para 0, pois a paleta que está a ser preenchida vai ser descarregada na base de preparação.

- 2) Quando o operador tem de recorrer a uma paleta vazia ( $t_0 = 0$ ), ou quando a paleta vazia já foi recolhida e o *ncaixas* já foi recolhido para esta paleta e vai ser descarregado na base de preparação.
- 3) Quando nenhuma das condições anteriores se verifica. Neste caso a entidade prossegue para outro módulo *Decide* (*já foi recolhido tudo da linha do pedido?*) onde é verificado se as caixas da linha da encomenda já foram todas recolhidas. Se for verdadeiro verifica-se se é a última linha da encomenda, e se sim segue-se para a Etapa 11, caso contrário passa para a linha seguinte do ficheiro da encomenda. Se for falso, atualiza-se o valor de *ncaixas* com a diferença entre *ncaixas* e o número de caixas recolhido e o artigo volta a ser procurado na *TabelaProdutos*. São executadas as restantes etapas até ser tudo recolhido.

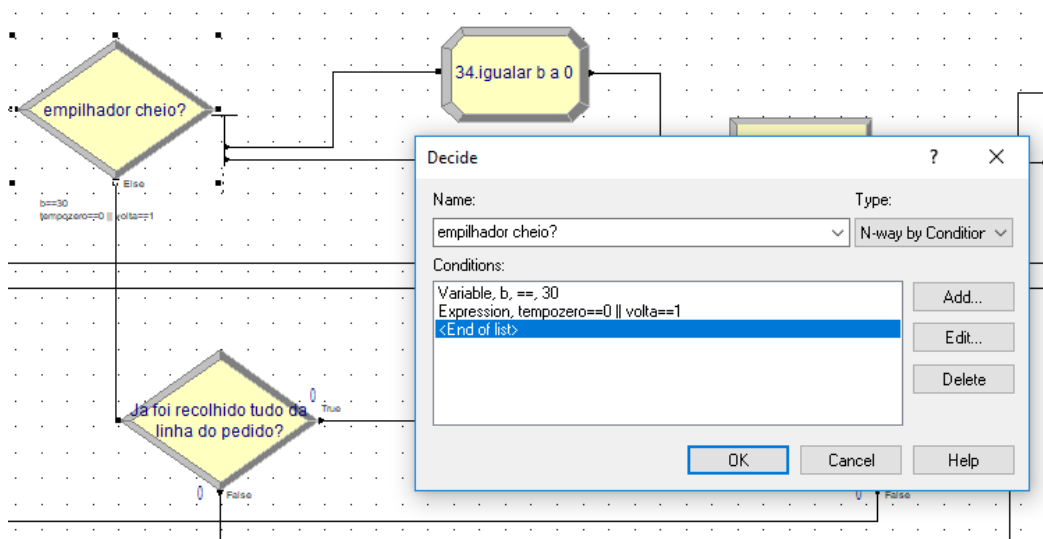


Figura 4.10 Módulo *Decide* onde é decidido se é necessário descarregar a paleta na base de preparação ou buscar uma paleta vazia

### Etapa 11- Descarregar os artigos na base de preparação ou recorrer a uma paleta vazia

Na Etapa 11 recorreu-se ao módulo *Leave* (*caminho até base*, Figura 4.11) para representar o caminho de qualquer *rack* até à base de preparação (com base na velocidade 1).

Nesta etapa é executado o descarregamento do empilhador ou recorre-se a uma paleta vazia. A *station* (*BasePrep.Station*) representa a base de preparação e no módulo *Enter* (*BasePrep*) é calculada a duração desta etapa (Figura 4.11). *B* permite determinar a duração do descarregamento ou de recorrer a uma paleta vazia e é dada por:

$$B = (6 \times f) + (8 \times \text{buscarpaleta}) \quad (3)$$

em que:

- a)  $(6 \times f)$  refere-se à duração da atividade de descarregamento.  $f$  toma o valor 0 ou 1; 0 quando o operador passa pela base de preparação para recorrer a uma paleta vazia e 1 quando o operador descarrega a paleta na base de preparação.
- b)  $(8 \times \text{buscarpaleta})$  representa o tempo necessário para o operador recolher uma paleta vazia.  $\text{buscarpaleta}$  toma valor 0 quando o operador vai descarregar os artigos na base e toma valor 1 quando o operador recorre a uma paleta vazia.

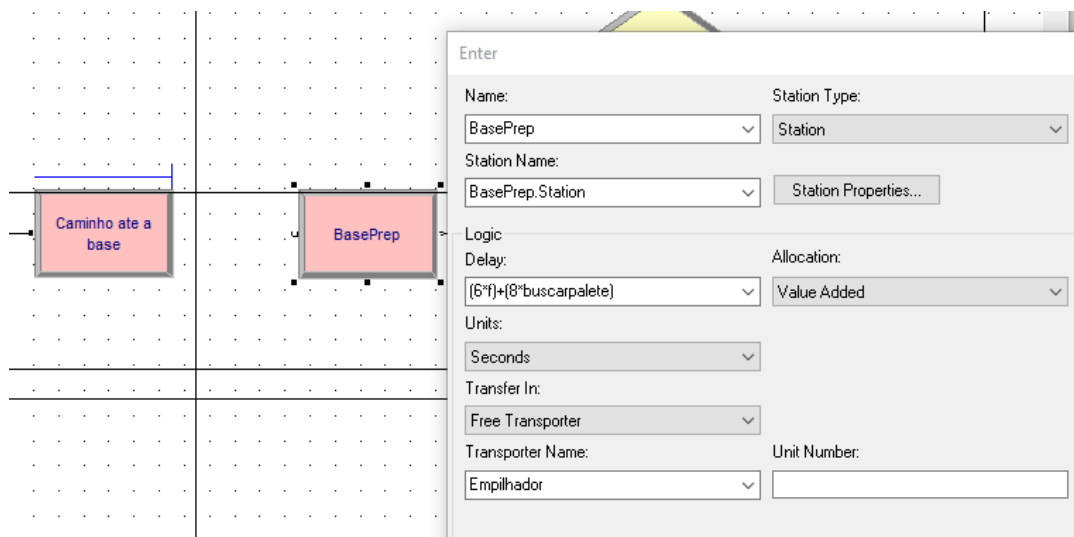


Figura 4.11 Módulo *Enter* que representa a localização da base de preparação e a duração da atividade de descarregamento

#### Etapa 12- **Recolhidas todas as caixas da linha da encomenda?**

A Etapa 12 compreende dois módulos no modelo. O primeiro módulo foi explicado na Etapa 10, sendo relativo à hipótese três do módulo *Decide (empilhador cheio?)*. O segundo módulo aparece após a passagem da entidade pela base de preparação. Ambos os módulos têm a mesma funcionalidade, isto é, verificar se já foram recolhidas todas as caixas da linha da encomenda. Se verdadeiro, segue para a Etapa 13, se falso é atualizado o valor de  $n_{caixas}$  com o valor da diferença entre  $n_{caixas}$  e o número de caixas recolhido. Posteriormente o artigo volta a ser procurado na *TabelaProdutos* e são executadas as restantes etapas até ser tudo recolhido.

#### Etapa 13- **Última linha do ficheiro?**

Na Etapa 13 verifica-se no módulo *Decide (já acabou a lista?)* se a lista de encomendas já foi toda preparada. Se verdadeiro segue-se para a Etapa 14, se falso volta-se à Etapa 2. A linha seguinte do ficheiro é lida e volta a passar por todas as etapas até terminar a leitura do ficheiro.

#### Etapa 14- Última encomenda?

Na Etapa 14 verifica-se se já foram preparadas todas as listas de encomendas. Se verdadeiro termina a simulação na Etapa 15. Se falso prossegue-se para a encomenda seguinte, para a Etapa 2 até ser finalizada a preparação das 5 encomendas.

#### Etapa 15- Fim

O fim da simulação é representado por um módulo *Dispose* (Fim).

### 4.1.3 Modelo 2 – Picking nos níveis 1, 2 e 3

O Modelo 2 corresponde ao modelo computacional do Subsistema 2 e foi desenvolvido com base no modelo conceptual apresentado na Secção 3.5.3 e no modelo conceptual mais detalhado apresentado na Figura 4.12.

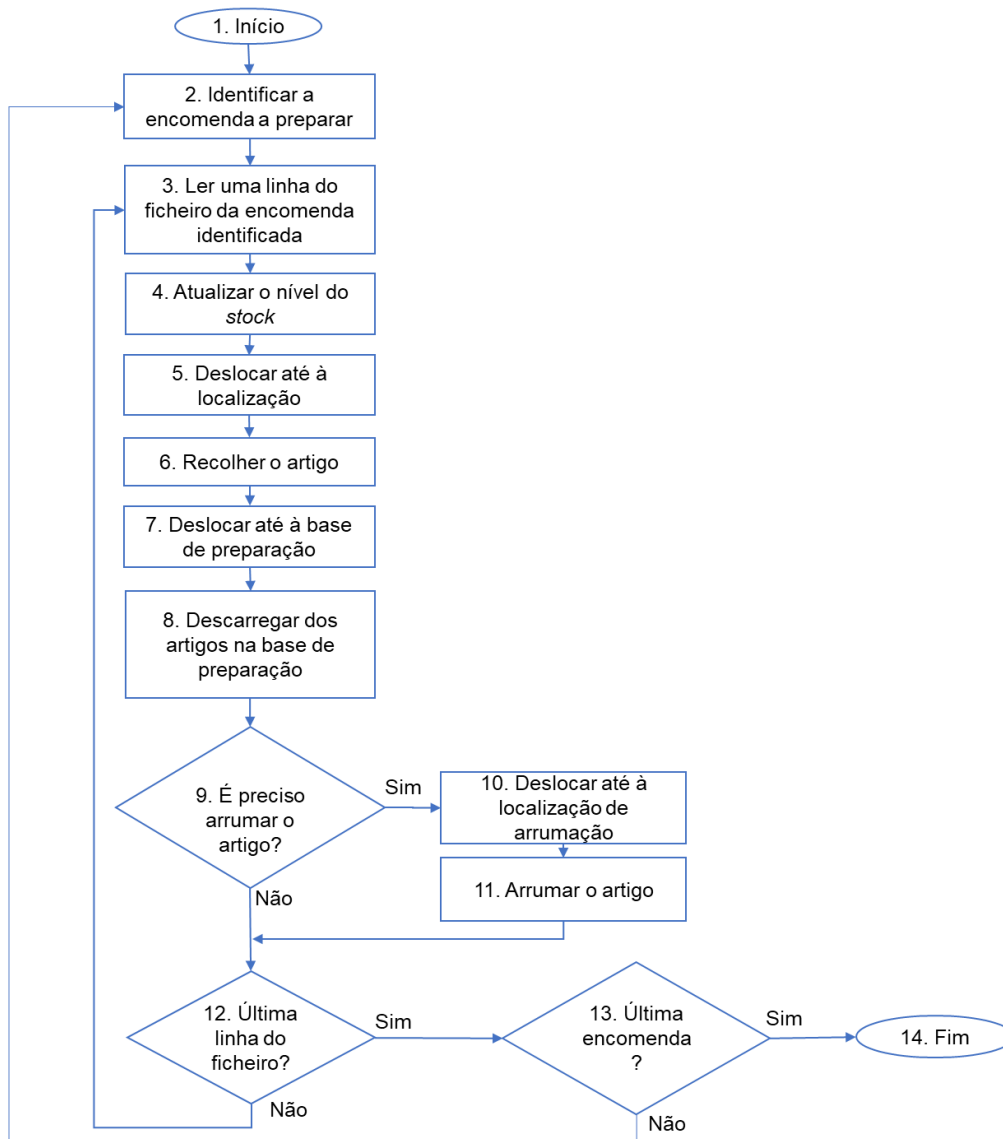


Figura 4.12 Modelo conceptual: detalhe do modelo 2

O Modelo 2 apresenta-se no Anexo E. Em seguida apresenta-se a sua explicação seguindo a ordem das etapas apresentadas na Figura 4.12.

### Etapa 1- Início

A Etapa 1 marca o início do modelo de simulação. Para este modelo foi utilizado o mesmo módulo e lógica utilizados na Etapa 1 do Modelo 1, descritos na Secção 4.1.2.

### Etapa 2- Identificar a encomenda a preparar

Na Etapa 2 é definida qual a encomenda que irá ser preparada. Para tal recorreu-se ao módulo *Decide (Qual pedido?)*, apresentado na Figura 4.13, que detém cinco hipóteses de solução (uma para cada encomenda). Com o decorrer da simulação o número da lista de encomendas é atualizado.

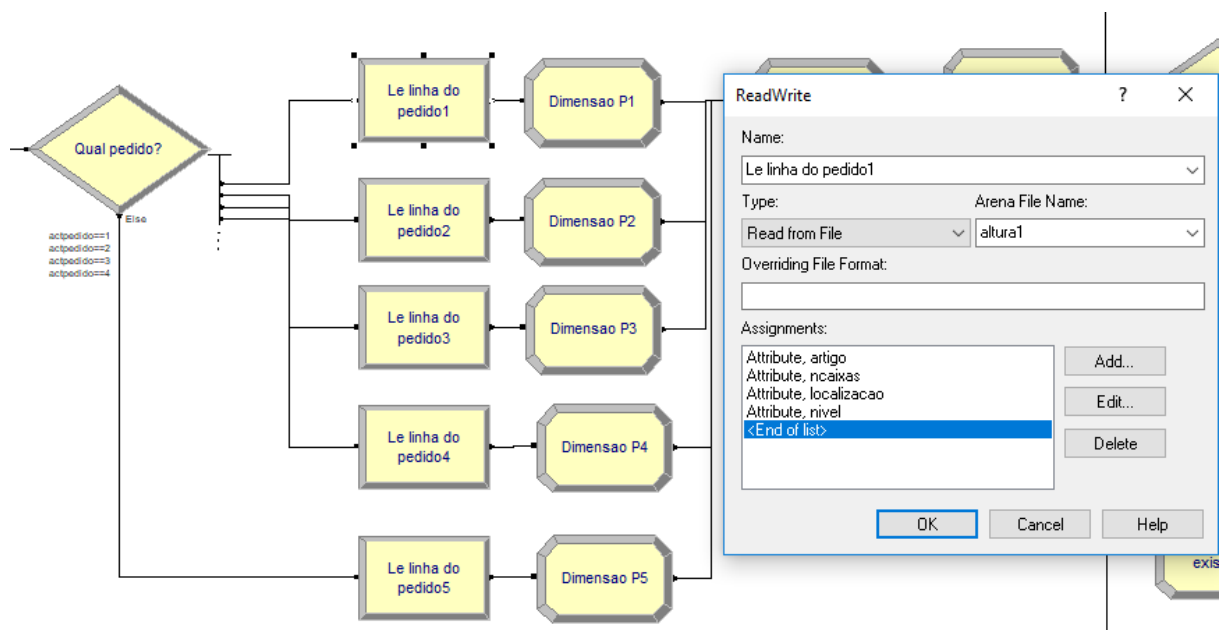


Figura 4.13 Conjunto de módulos relativos à decisão da encomenda a preparar e à leitura do ficheiro da encomenda respetiva

### Etapa 3- Ler uma linha do ficheiro da encomenda identificada

Na Etapa 3 é realizada a leitura o ficheiro da encomenda identificada na Etapa 2 com o módulo *ReadWrite*. Os primeiros quatro campos do ficheiro possuem a informação apresentada nos PDA's que os operadores necessitam para executar o *picking* das encomendas, os restantes são informações necessárias para o decorrer da simulação. Cada linha do ficheiro possui seis campos cujos valores são atribuídos respetivamente a (Figura 4.13):

- 1) **artigo**, referente ao código do artigo;
- 2) **ncaixas**, referente ao número de caixas encomendadas;
- 3) **localização**, referente à localização do artigo a recolher;
- 4) **nível**, referente ao nível da localização;

- 5) **dif**, referente ao valor da diferença entre o número de caixas existentes em *stock* do artigo que será preparado e as *ncaixas*.
- 6) **partilha**, indica se numa paleta existe mais do que um código de artigo. Toma o valor de 0 quando o artigo que será preparado partilha a paleta onde está armazenado com outros artigos, toma o valor de 1 quando o artigo não partilha a paleta e quando todas as caixas existentes em *stock* são recolhidas.

Nesta Etapa 3 também é procurada na *TabelaProdutos* a linha que possui o artigo e a localização correspondentes ao que foi lido. Com esta informação acede-se na *TabelaQuantidades* ao valor do *stock* existente do artigo. Na Figura 4.14 apresenta-se a parte do modelo onde ocorre este processo.

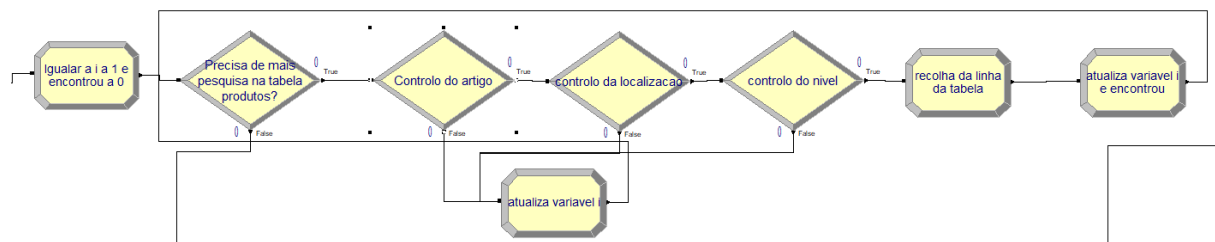


Figura 4.14 Parte do modelo que permite procurar o código e a localização do artigo na *TabelaProdutos* e *TabelaQuantidades*

#### Etapa 4- Atualizar o nível de *stock*

Na Etapa 4 é atualizado o nível do *stock* do artigo que vai ser preparado. A atualização é realizada na *TabelaQuantidades* através do módulo *Assign* (Acerto do nível de *stock* 1) apresentado na Figura 4.15. Ao valor do *stock* existente acedido na Etapa 3 é retirado o valor de caixas que vai ser recolhido (*ncaixas*).

Na Figura 4.15 também é visível o módulo *Decide* (*existente menor ou igual ao ncaixas?*). Este, é utilizado para avaliar se o *stock* existente é igual ou inferior ao *ncaixas*, ou seja, se vão ser recolhidas todas as caixas existentes na paleta da localização escolhida. Se for verdade para efeitos de duração considera-se que o *bd* (*número de caixas a manusear pelo operador*) é 1, porque todos os artigos da paleta ficam na base, não havendo manuseio das *ncaixas*. Se for falso o valor de caixas a manusear (*bd*) é igualado a *ncaixas*;

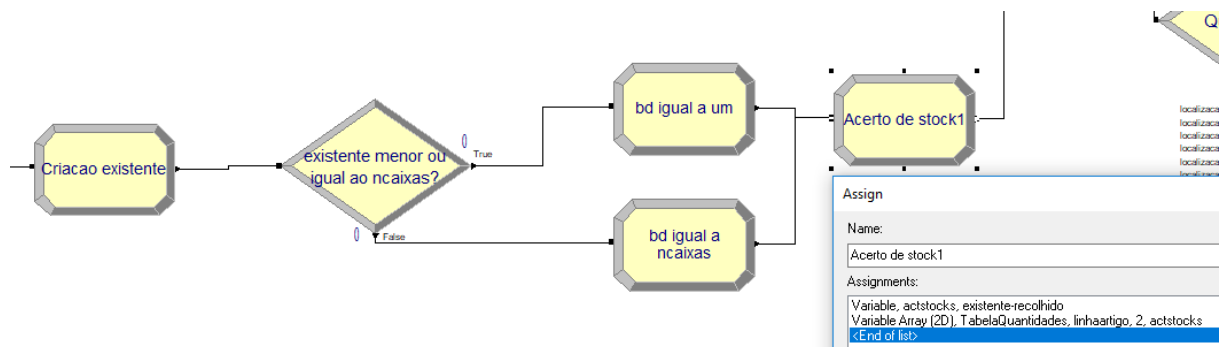


Figura 4.15 Conjunto de módulos onde é definido o valor de *bd* e feito o acerto do nível de *stock*

### Etapa 5- Deslocar até à localização indicada na linha do ficheiro

Na Etapa 5 recorreu-se ao módulo *Leave* para representar o caminho até à localização definida na Etapa 3. Para tal é utilizado o recurso *transporter* cuja a velocidade é definida pela velocidade 2 e as distâncias entre os possíveis locais no armazém. Na Figura 4.16 apresentam-se os módulos *Leave* utilizados neste modelo e um exemplo de um dos módulos referente ao caminho de qualquer localização até ao *rack E144*.

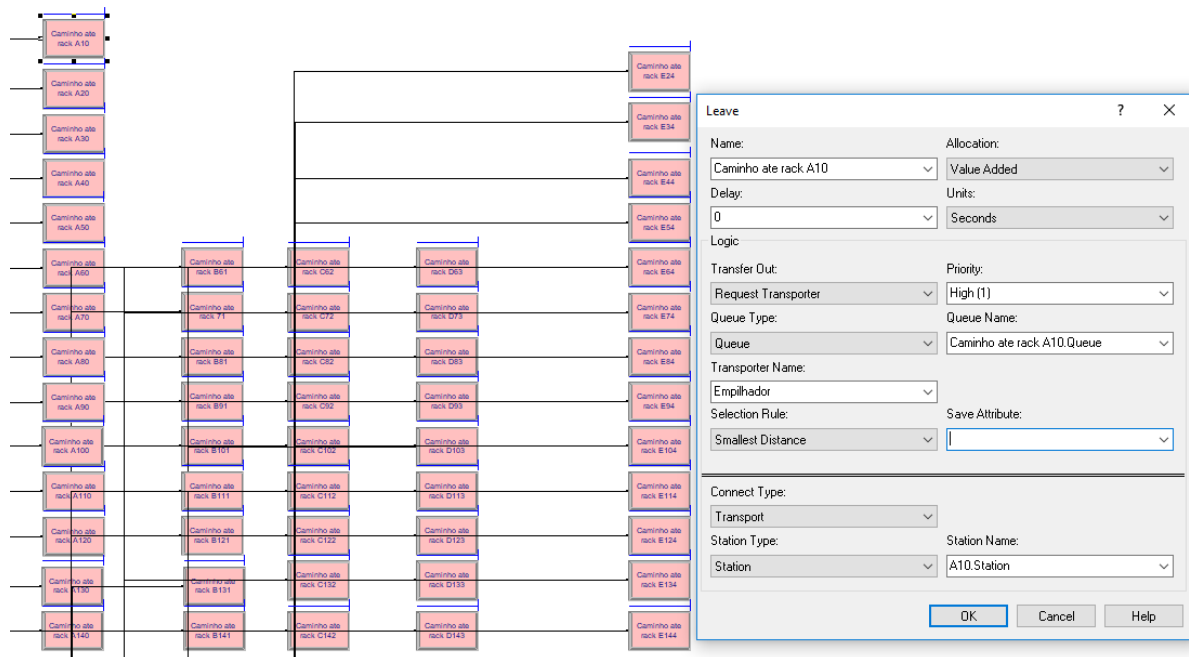


Figura 4.16 Módulos *Leave* onde são definidas as deslocações até à base de preparação

### Etapa 6- Recolher o artigo

Tal como no Modelo 1, os locais do armazém (localizações dos artigos e base de preparação) são representados por *stations* e a duração da recolha dos artigos pelo módulo *Enter* (Figura 4.17).

A duração da recolha ou arrumação das caixas é calculada através de *C*, equação (4):

$$C = ((4 + ERLA(2,78; 4)) \times 0,90) + ((10 + ERLA(7,38; 3)) \times 0,10) + (nível \times 4,5) \quad (4)$$

em que:

$(4 + ERLA(2, 78; 4))$  e  $(10 + ERLA(7, 38; 3))$  - referem-se à atividade 2 (recolha ou arrumação dos artigos) do operador X e Z, respetivamente;

**0,90** – corresponde a 90% do operador X explicado na Secção 4.1.1;

**0,10** – corresponde a 10% do operador Z explicado na Secção 4.1.1;

$(nível \times 4,5)$  - refere-se à duração da subida dos ganchos do empilhador para um determinado nível. O valor do nível varia entre 1 e 3.

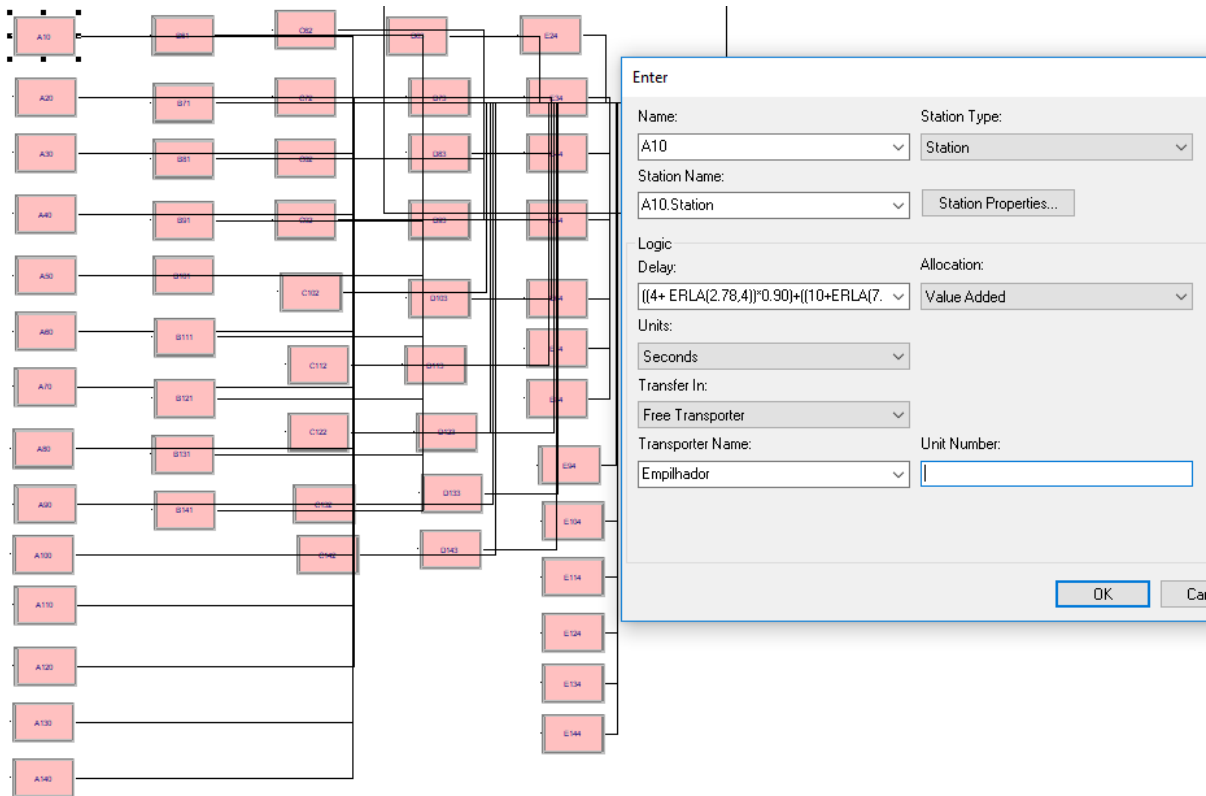


Figura 4.17 Módulos *Enter* que representam os racks do armazém 1

#### Etapa 7- Deslocar até à base de preparação

Na Etapa 7 recorreu-se ao módulo *Leave* (*Caminho ate a base*), apresentado na Figura 4.18, para representar o caminho entre qualquer *rack* até à base de preparação considerando a velocidade 2.

Na Figura 4.18 também apresenta-se o módulo *Decide* (*Passou 1 vez?*), onde é verificado se a paleta do artigo que está a ser preparado ainda não foi descarregada na base de preparação. Se for verdade, a paleta segue para o módeulo *Leave* para posteriormente ser descarregada na base de preparação. Se for falso, significa que a paleta já tinha sido descarregada na base de preparação e de seguida arrumada na localização correspondente e passa para a Etapa 12.

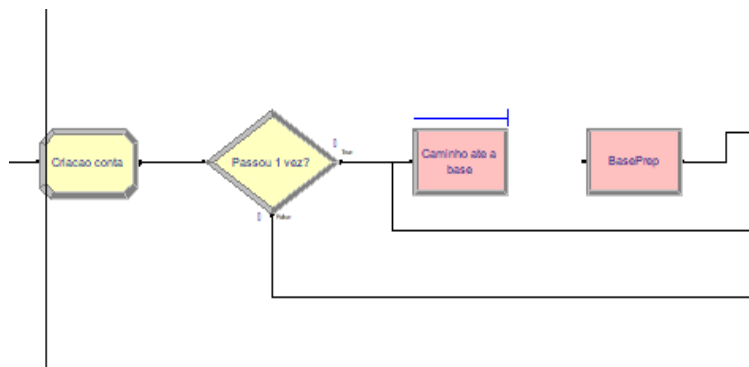


Figura 4.18 Parte do modelo onde é realizado o caminho até à base de preparação através do módulo *Leave*

## Etapa 8- Descarregar os artigos na base de preparação

Na Etapa 8 é realizado o descarregamento da paleta. Para tal recorreu-se ao *Enter (BasePrep)*, apresentado na Figura 4.19. A duração do descarregamento ou passagem do operador pela base é calculada através de  $D$ , equação (5):

$$D = ((E * bd) + (6 + G\text{AMM}(4,29; 2,47) * 0,90 + (8 + EX\text{PO}(29,7) * 0,10 + (E * (dif - 1) + 22) * n) * f \quad (5)$$

Em que:

$E = (2 + ERLA(2,39; 2)) \times 0,90 + ((3 + 19 \times BETA(0,94; 1,5)) \times 0,10)$  – refere-se à atividade 3 (descarregamento dos artigos);

$(6 + G\text{AMM}(4, 29; 2, 47))$  e  $(8 + EX\text{PO}(29, 7))$  - referem-se à atividade 4 (verificação das quantidades) do operador X e Z, respetivamente;

$bd$  - refere-se ao número de caixas a manusear pelo operador;

**22 segundos** – tempo que o operador leva a ir buscar uma paleta vazia;

$f$  – utilizado para o operador finalize o *picking* da lista de encomendas na base de preparação. Toma valor de 0 quando todas os artigos de uma encomenda foram recolhidos, caso contrário toma valor de 1;

$n$  – contabiliza a duração das atividades envolvidas quando o valor de *dif* é superior a 0;

**0,90** – corresponde a 90% do operador X explicado na Secção 4.1.1;

**0,10** – corresponde a 10% do operador Z explicado na Secção 4.1.1;

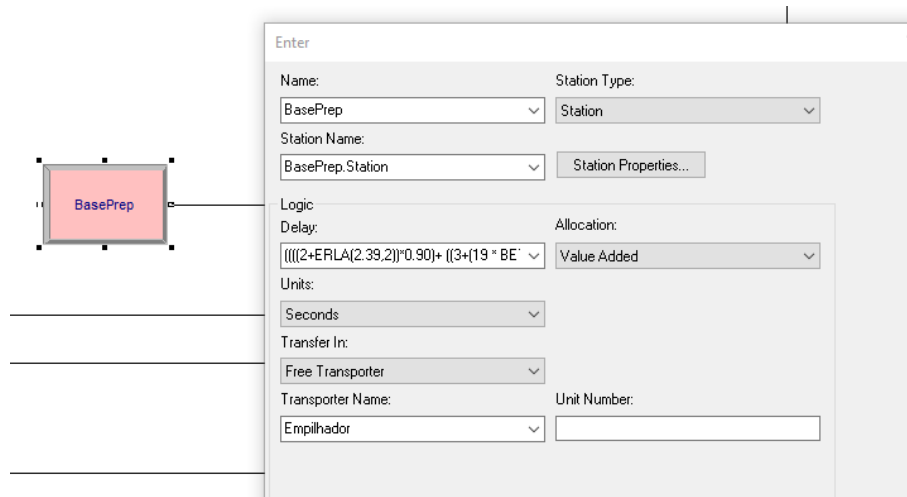


Figura 4.19 Módulo *Enter* onde é representado o descarregamento da paleta na base

No descarregamento é contabilizada a duração da recolha das caixas, bem como a verificação feita pelo operador. Se o artigo que está a ser preparado partilhar a paleta onde está armazenado com outros artigos ou se o valor de *dif* for superior a ncaixas,  $bd$  é igual a ncaixas e  $n$  é igual a 0. Para as

situações B e C apresentadas na Secção 3.5.3,  $bd$  toma o valor de 1, e o valor de  $n$  para B é 0 e para C é 1. Isto porque, como o número de caixas a manusear é o valor da  $dif$  e não o das  $ncaixas$ , é necessário contabilizar o seu manuseamento. Como  $bd=1$  já é contabilizada a duração de uma movimentação na primeira parcela, assim na segunda ao valor do  $dif$  tem de ser retirado 1 ( $dif-1$ ). A atividade de verificação não é afetada uma vez que o operador faz uma por descarregamento.

#### Etapa 9- **É preciso arrumar o artigo?**

Na Etapa 9 é verificado se é necessário arrumar a palete de onde foram descarregadas as caixas através de um módulo *Decide* (*Arruma?* Figura 4.20). Se *partilha* tomar o valor de 1, então a palete não é arrumada, situação B apresentada na Secção 3.5.3, se for 0 é necessário arrumar a palete, na situação C apresentada na mesma Secção pode ocorrer os 2 acontecimentos.

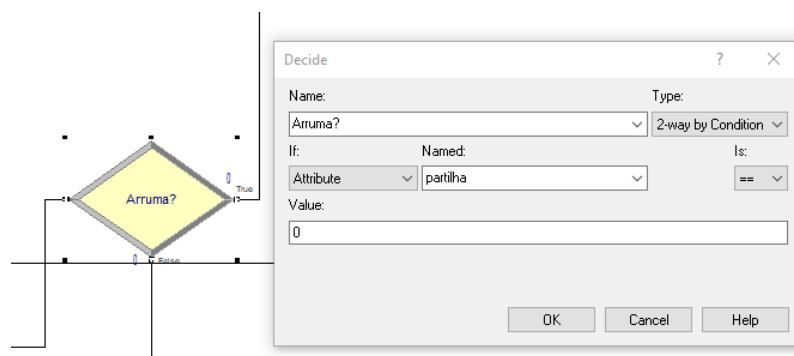


Figura 4.20 Módulo *Decide* onde é verificado se é necessário arrumar a palete

#### Etapa 10- **Deslocar até à localização de arrumação**

Quando a entidade passa pela Etapa 10, significa que foi enviada de novo para a localização onde acabou de recolher o artigo. Este caminho da base de preparação até ao *rack* onde os artigos são arrumados realiza-se novamente nos módulos *Leave* da Etapa 5.

#### Etapa 11- **Arrumar o artigo**

A Etapa 11 consiste na arrumação dos artigos e é calculada com a equação (5).

#### Etapa 12- **Última linha do ficheiro?**

A Etapa 12 é verificado se já foi preparada toda a lista de encomendas e compreende dois módulos no modelo. O primeiro depois de passar pela base de preparação e o segundo depois o artigo ter sido arrumado. Ambos apresentam-se na Figura 4.21.

No primeiro segue-se para o módulo *Decide* (*acabou lista?*) se for verdadeiro passa para a Etapa 13, se for falso passa para a Etapa 9.

No segundo módulo *Decide*, também é avaliado se a lista já foi toda preparada. Se for verdadeiro passa para o *Assign* (*acabou lista*) onde é definido que acabou a lista e segue de novo para a base de preparação. Isto porque, no final de cada lista, o operador desloca-se sempre para a base de preparação, sendo este o local que marca o início e o fim da leitura de cada lista. Se for falso passa para

a Etapa 3 e é lida a linha de encomenda seguinte e são executadas todas as etapas até terminar a lista de encomendas.

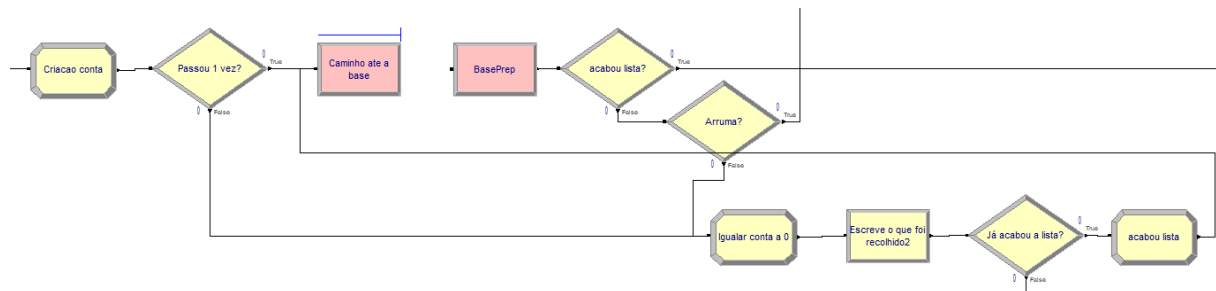


Figura 4.21 Parte do modelo onde é verificado se já foi lida toda a lista de encomendas

### Etapa 13- Última encomenda?

Na Etapa 13 é verificado se já foram preparadas todas as listas de encomendas no módulo *Decide* (*Ultimo pedido?*, Figura 4.22), se for verdadeiro passa para a Etapa 14, fim da simulação. Se for falso, volta para a Etapa 2 e repete todas as etapas até terminar a preparação de todas as encomendas.

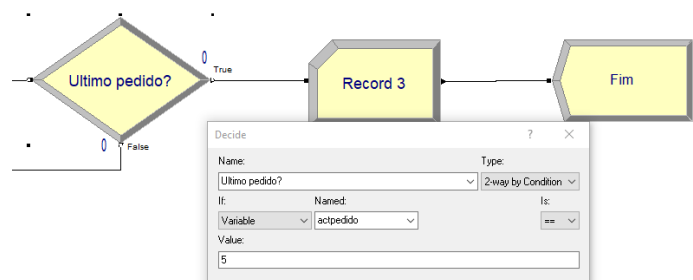


Figura 4.22 Módulo *Decide* onde é avaliado se já foram preparadas todas as encomendas

### Etapa 14- Fim

O fim da simulação é representado por um módulo *Dispose* (*Fim*).

#### 4.1.4 Verificação dos 2 modelos

A verificação do modelo computacional tem como objetivo verificar se o modelo foi desenvolvido de acordo com o modelo conceptual definido. Nos Modelos 1 e 2 a verificação foi realizada de forma similar. Para tal foram utilizadas algumas técnicas propostas por Chung (2004) e referenciadas na Secção 2.3.2.2, nomeadamente:

- i) Desenvolveu-se a animação do modelo, o que permitiu visualizar se a entidade se deslocava entre as *stations* pela ordem correta.
- ii) Utilizou-se a funcionalidade do Arena que permitia estabelecer condições onde era crucial a simulação parar através do relógio de simulação (*break points*) e a funcionalidade de avançar e pausar a simulação.

- iii) Recorreu-se a módulos *ReadWrite* para escrever em ficheiros onde foi possível verificar se as atualizações das variáveis e atributos estavam a ser feitas como esperado.

Para além destas técnicas, os modelos foram apresentados e validados pelo Diretor Adjunto da Direção de Logística e Suporte Operacional da GLSMED Trade.

#### **4.1.5 Validação dos Modelos 1 e 2**

Após o desenvolvimento e verificação do Modelo 1 procedeu-se à sua validação. A validação do modelo assegura que este representa o sistema real. Na validação dos modelos recorreu-se a uma das técnicas propostas por Law e Kelton (1991), que se baseia em comparar os resultados obtidos do modelo computacional com os valores do sistema real. Se forem semelhantes considera-se que o modelo é válido.

Atendendo a que não existe uma encomenda padrão, os modelos foram validados com base numa lista de encomendas para cada modelo.

##### **a) Validação do modelo computacional 1**

Para validar o modelo computacional 1 observou-se o processo de *picking* executado pelo operador Z de uma encomenda com 20 linhas no nível 0 e cronometrou-se a sua duração total. De seguida correu-se o modelo de simulação com a mesma lista e foram realizadas 40 replicações. A duração da preparação da encomenda no sistema real foi de 23 minutos, enquanto que o valor médio resultante da simulação foi de 20,9 minutos. O valor médio da duração resultante da simulação apresentou 2,1 minutos a menos do que o valor cronometrado, o que corresponde a 9,13% abaixo do valor cronometrado. Como a diferença entre os valores é reduzida e foi validado por pelo Diretor Adjunto da Direção de Logística e Suporte Operacional da GLSMED Trade, concluiu-se que o Modelo 1 era válido.

##### **b) Validação do modelo computacional 2**

Para validar o Modelo computacional 2 cronometrou-se o processo de *picking* executado pelo operador que o faz diariamente (operador X), de uma encomenda com 14 linhas no sistema real, nos níveis 1, 2 e 3. Seguidamente correu-se o Modelo 2 com a mesma lista e foram realizadas 40 replicações. O resultado obtido da observação direta da duração da preparação da encomenda foi de 27 minutos. Por outro lado, o valor médio da duração obtido pela simulação foi de 29,1 minutos. O valor médio da duração resultante da simulação apresentou 2,1 minutos a mais do que o valor cronometrado, o que representa 7,78% acima do valor cronometrado. Este resultado era previsível, visto que o valor simulado possui estimativas da duração das atividades realizadas pelos dois operadores e o valor do sistema real foi cronometrado com o operador mais experiente. Conclui-se que o Modelo 2 era válido, pois a diferença dos valores era reduzida e foi validado pelo Diretor Adjunto da Direção de Logística e Suporte Operacional da GLSMED Trade.

## 4.2 Síntese do capítulo

Para representar o sistema atual, este foi dividido em dois subsistemas: Subsistema 1 referente ao nível 0 e Subsistema 2 referente aos níveis 1, 2 e 3. Para cada subsistema foi desenvolvido um modelo computacional, Modelo 1 e Modelo 2, recorrendo ao *software* de simulação Arena.

Para cada modelo procedeu-se à verificação, tendo-se confirmado que os dois modelos estavam de acordo com os respetivos modelos conceituais.

Por fim, os modelos foram validados com base na comparação de dados cronometrados na preparação de uma determinada lista de encomendas no sistema real com os resultados obtidos pela simulação do modelo computacional para a mesma lista. Da análise dos valores obtidos e da validação por parte do Diretor Adjunto da Direção de Logística e Suporte Operacional da GLSMED Trade foi possível concluir que os modelos eram válidos.

## 5 Cenários propostos

Neste capítulo são descritos os cenários desenvolvidos para os dois modelos com o objetivo de apresentar propostas de melhoria relativamente ao modelo de *picking* atualmente aplicado na empresa. Primeiramente é apresentado o desenho de experiências, onde são definidos os cenários base para cada modelo. Seguidamente são apresentados os cenários propostos e a análise e conclusão dos resultados obtidos.

### 5.1 Definição e avaliação dos cenários

De acordo com a metodologia apresentada na Secção 2.3.2.2 este capítulo sustenta o passo 7 (desenho de experiências) e o passo 8 (realização de replicações dos modelos). Com base nos modelos computacionais, Modelo 1 e Modelo 2, foram desenvolvidos cenários base (um para cada modelo) e cenários que incluem propostas de melhoria, sete para o Modelo 1 e três para o Modelo 2.

Para todos os cenários consideraram-se as mesmas cinco listas de encomendas de um determinado dia. Cada lista foi subdividida em 2 grupos de artigos consoante o nível de *picking*: nível 0 (Modelo 1) e níveis 1, 2 e 3 (Modelo 2). Em ambos os grupos foram seguidas as etapas seguintes:

**Etapla 1.** Selecionaram-se encomendas de cinco unidades hospitalares: 1. Hospital Luz Saúde; 2. Hospital Beatriz Ângelo; 3. Cilíria; 4. Hospital de Guimarães; 5. Clínica dos Poetas.

**Etapla 2.** Aos artigos de cada lista de cada unidade hospitalar foram atribuídas localizações de acordo com o ficheiro de localizações mencionado na Secção 4.3. Para a atribuição o fator de prioridade foi a data do lote, ou seja, para um artigo que esteja em mais do que uma localização foi priorizada a que possuía o lote mais antigo. A numeração atribuída às unidades hospitalares, descrita na Etapa 1 foi seguida na atribuição das localizações. Por exemplo, se a lista das unidades 1 e 2 possuir o mesmo artigo e o número de caixas da localização com o lote mais antigo não satisfazer o que é solicitado nas duas listas, à lista da unidade 1 é atribuída a localização do artigo com o lote mais antigo, à lista da unidade 2 é atribuída a mesma localização que à da lista 1 se houver *stock* e é atribuída a localização do artigo seguinte em antiguidade.

**Etapla 3.** Se numa localização não existe o número de caixas de um artigo suficientes para satisfazer uma encomenda, a recolha de caixas do artigo continua na localização seguinte até perfazer a encomenda toda ou até deixar de haver localizações com *stock* do artigo.

O *picking* das listas das encomendas é feito por ordem crescente do número atribuído às unidades hospitalares, apresentadas na Etapa 1 e de acordo com o método serpentina. As listas de encomendas têm dimensões diferentes. Na Tabela 5.1 apresenta-se o número de linhas em cada encomenda para cada modelo.

Tabela 5.1 Número de linhas em cada lista de encomendas para os 2 modelos

Encomenda	Número de linhas	
	Modelo 1	Modelo 2
1	29	14
2	21	20
3	3	6
4	36	31
5	5	3

### 5.1.1 Cenários considerados para o Modelo 1

Os cenários do Modelo 1 diferem em três fatores:

- localização dos artigos. A alteração das localizações atuais para as localizações segundo a análise ABC pode ser vantajoso relativamente à duração do *picking*. Com os artigos com maior procura localizados mais perto da base de preparação levará a menor distâncias percorridas e por consequência poderá diminuir a duração do *picking*;
- número de listas de encomendas. Com a agregação das cinco listas numa única lista, o operador percorre uma única vez a rota de *picking* (descarregando os artigos na base de preparação sempre que o empilhador ficar cheio). Desta forma, artigos presentes em listas de encomendas diferentes são recolhidos de uma só vez. Assim poderá reduzir a duração de *picking*;
- tipo de empilhador. Executar o *picking* do nível 0 com o empilhador elétrico levará a uma redução da duração em deslocações entre localizações, logo uma redução na duração de *picking*.

Na Tabela 5.2 apresenta-se o resumo das condições alteradas nos cenários. Posteriormente é explicado cada cenário e os resultados obtidos.

### 5.1.2 Cenários considerados para o Modelo 2

Os cenários do Modelo 2 diferem em dois fatores:

- localização dos artigos. A alteração das localizações atuais para as localizações segundo a análise ABC poderá reduzir a duração do *picking*. Com a nova organização, os artigos com maior procura estão localizados mais perto da base de preparação o que resulta em menores distâncias percorridas o que poderá levar à redução da duração do *picking*;
- número de listas de encomendas. Com a agregação das cinco listas numa única lista fará com que artigos presentes em listas diferentes sejam recolhidos numa única deslocação o que poderá levar a uma diminuição da duração de *picking*.

Na Tabela 5.3 apresenta-se o resumo das condições alteradas de todos os cenários. Posteriormente é explicado cada cenário e os seus resultados.

Tabela 5.2 Condições do Modelo 1 e dos respetivos cenários

	Localização dos artigos	Número de listas de encomendas	Empilhador	
			Manual	Elétrico
<b>Cenário base 1</b>	Atual	5	x	
<b>Cenário 1.1</b> - Recolha com empilhador elétrico	Atual	5		x
<b>Cenário 1.2</b> - Agregação de cinco listas de encomendas	Atual	1	x	
<b>Cenário 1.3</b> - Recolha com empilhador elétrico e agregação das cinco listas de encomendas	Atual	1		x
<b>Cenário 1.4</b> - Localizações segundo análise ABC	Análise ABC	5	x	
<b>Cenário 1.5</b> - Recolha com empilhador elétrico e localizações segundo análise ABC	Análise ABC	5		x
<b>Cenário 1.6</b> - Localizações segundo a análise ABC e agregação das cinco listas de encomendas	Análise ABC	1	x	
<b>Cenário 1.7</b> - Recolha com empilhador elétrico, agregação das cinco listas de encomendas e localizações segundo análise ABC	Análise ABC	1		x

Tabela 5.3 Condições do Modelo 2 e dos respetivos cenários

	Localização dos artigos	Número de listas de encomendas
<b>Cenário base 2</b>	Atual	5
<b>Cenário 2.1</b> - Agregação das cinco listas de encomendas	Atual	1
<b>Cenário 2.2</b> - Localizações de acordo com a análise ABC	Análise ABC	5
<b>Cenário 2.3</b> - Localizações segundo a análise ABC e agregação das cinco listas de encomendas	Análise ABC	1

Cada cenário foi replicado 40 vezes. Quanto maior o número de replicações menor a incerteza, ou seja, maior precisão. Foi estabelecida, previamente, a precisão para as medidas de desempenho e por tentativa e erro obteve-se as 40 replicações que permitiram dar resposta à precisão pré-estabelecida.

Como o objetivo desta dissertação é analisar o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade e propor soluções de melhoria com vista à redução da duração deste processo, a variável mais relevante é o tempo. Assim, foram analisadas duas medidas de desempenho dos cenários, a duração do *picking* e a duração da deslocação dos empilhadores entre as localizações (esta duração está incluída na duração de *picking*).

Para a analisar a duração do *picking* de cada cenário recorreu-se ao *output analyzer* (ferramenta do *software* Arena). Com esta ferramenta obteve-se o valor médio, o desvio padrão, o *Half-Width* (corresponde a metade da amplitude do intervalo de confiança quando este é determinado para um certo grau de confiança estabelecido) os valores mínimo e máximo e os intervalos de confiança inferior e superior resultantes das 40 replicações (para um intervalo de confiança de 95%). A Figura 5.1 apresenta o

exemplo do resultado obtido através do *output analyzer* para o cenário base 1, com todos os valores referidos.

Para a análise da duração da deslocação recorreu-se, para cada cenário, ao relatório final do *software* Arena, obtendo-se o seu valor médio.

## 5.2 Cenários do Modelo 1 - Explicação e resultados

Nesta secção apresenta-se os resultados e as respetivas análises de todos os cenários desenvolvidos para o Modelo 1.

### 5.2.1 Cenário base 1

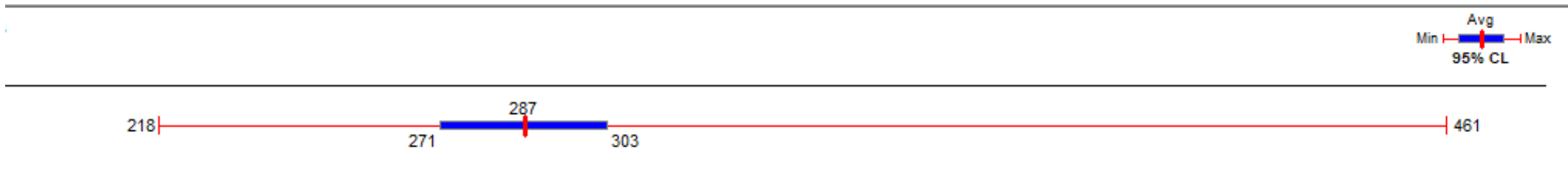
O Cenário base 1 representa o Subsistema 1 atual, onde foram consideradas as localizações atuais dos artigos, as cinco listas de encomendas e o empilhador manual. Os seus resultados foram utilizados como referência para comparar com os dos cenários propostos.

Na Tabela 5.4 apresentam-se os resultados obtidos do *output analyzer* com um intervalo de confiança de 95%. O valor médio da duração total de *picking* do cenário foi de 287,00 minutos, com 49,60 minutos de desvio padrão. O *half-width* apresentou o valor de 15,90 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 271,00 minutos e 303,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.4). Os valores mínimo e máximo variaram entre 218,00 e 461 minutos.

A duração da deslocação dos empilhadores entre as localizações apresentou o valor de 23,20 minutos, o que representa 8,08% da duração média do *picking*.

Tabela 5.4 Duração do *picking* do Cenário base 1

Cenário base 1		Duração do <i>Picking</i> (minutos)
Valor médio		287,00
Desvio Padrão		49,60
<i>Half-width</i>		15,90
Valor mínimo		218,00
Valor máximo		461,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	271,00
	Limite superior	303,00



Classical C.I. Intervals Summary

AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.
287	49.6	15.9	218	461	40

Figura 5.1 Resultado do *output analyzer* do cenário base 1

## 5.2.2 Cenário 1.1 – Recolha com empilhador elétrico

No Cenário 1.1 analisou-se o efeito de substituir o empilhador manual pelo empilhador elétrico. Simulou-se o Modelo com o empilhador com a velocidade 2.

A Tabela 5.5 apresenta os resultados obtidos do *output analyzer*. Obteve-se o valor médio de 274 minutos com um desvio padrão de 49,5 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 15,90 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 258,00 e 290,00 (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.5). O valor mínimo e máximo variou entre 205,00 minutos e 448,00 minutos.

Tabela 5.5 Duração do *picking* no Cenário 1.1

Cenário 1.1		Duração do <i>Picking</i> (minutos)
Valor médio		274,00
Desvio Padrão		49,50
<i>Half-width</i>		15,90
Valor mínimo		205,00
Valor máximo		448,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	258,00
	Limite superior	290,00

A duração média de deslocação dos empilhadores entre as localizações foi de 10,60 minutos, o que representa 3,87% da duração média do *picking*.

Como expectável, comparando os valores do Cenário base 1 e do Cenário 1.1, o valor médio da duração de deslocação foi inferior bem como o valor médio de *picking* (4,53% inferior). Estes resultados devem-se à velocidade do equipamento utilizado no Cenário 1.1.

## 5.2.3 Cenário 1.2 – Agregação das cinco listas de encomendas

O desenvolvimento do Cenário 1.2 teve como objetivo concluir se existe benefício em agregar as cinco listas de encomendas numa só lista. Simulou-se o Modelo 1 com uma única lista de encomendas resultante da agregação das cinco e, por consequência, foram definidos novos pressupostos e atividades. Os pressupostos e atividades definidos foram os seguintes:

- A cada unidade hospitalar foi atribuída uma cor;
- Os artigos são recolhidos dos racks e em cada caixa é colocada uma etiqueta com a cor correspondente à lista de encomendas da unidade hospitalar que está a ser preparada;
- Na base de preparação criaram-se cinco locais, cada um referente a uma unidade hospitalar com uma cor diferente;

- Tal como para o Cenário base 1, foi considerada uma única base de preparação para o cálculo das distâncias percorridas;
- Considerou-se que a colocação de uma etiqueta tem a duração de 2 segundos;
- Como são recolhidos artigos para diferentes encomendas, quando estes são descarregadas na base de preparação é necessário contabilizar o tempo necessário para a separação e descarregamento das caixas pelos locais respetivos. Para esta nova atividade (separação e descarregamento de caixas) foram utilizadas as expressões de recolha dos artigos, equação (2) apresentada na Secção 4.1.2, devido ao facto dos movimentos serem idênticos;
- Para as exceções, a sequência lógica altera-se. Como os artigos são recolhidos para uma paleta que se destina a uma encomenda, apenas se considera a duração da colocação de uma etiqueta (2 segundos) e o descarregamento (6 segundos, considerados no Modelo 1).

Na Tabela 5.6 apresentam-se os resultados relativos à duração do *picking*. O valor médio da duração do *picking* foi de 382,00 minutos com um desvio padrão de 41,20 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 13,20 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 369,00 minutos e 395,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.6). Os valores mínimo e máximo variam entre 325,00 minutos e 502,00 minutos.

Tabela 5.6 Duração do *picking* do Cenário 1.2

Cenário 1.2		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor médio		382,00
Desvio Padrão		41,20
<i>Half-width</i>		13,20
Valor mínimo		325,00
Valor máximo		502,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	369,00
	Limite superior	395,00

A duração média da deslocação foi de 17,20 minutos, representando 4,5% da duração média do *picking*.

Comparando com os valores médios da duração do *picking* dos outros dois cenários (Cenário base 1 e Cenário 1.1), este apresenta um valor superior, 33,10% relativamente ao cenário base 1. Contudo, o valor da duração média da deslocação do Cenário 1.2 é inferior comparando-o com o do cenário base 1, mas superior ao do Cenário 1.1. A duração relativa à colocação de etiquetas e das novas atividades (separação e descarregamento de caixas) não compensa a redução da duração da deslocação quando comparados com os valores do Cenário base 1, uma vez que a duração da deslocação diminui, mas a duração do *picking* aumenta.

## 5.2.4 Cenário 1.3 - Recolha com empilhador elétrico e agregação das cinco listas de encomendas

O Cenário 1.3 foi concebido para analisar o efeito no Modelo 1 das alterações realizadas nos cenários 1.1 e 1.2 em simultâneo.

A Tabela 5.7 apresenta os valores obtidos pelo *output analyzer*. O valor médio do *picking* foi de 373,00 minutos com um desvio padrão de 41,20 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 13,20 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 360,00 minutos e 386,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.7). Os valores mínimo e máximo variam entre 315,00 minutos e 493,00 minutos.

A duração da deslocação obtida foi de 7,90 minutos, representando 2,12% da duração média do *picking*.

Comparando estes resultados com os dos cenários anteriores, o valor médio da duração do *picking* foi inferior ao do Cenário 1.2, mas superior ao dos restantes, 29,97% relativamente ao cenário base 1. Era previsível que o valor diminuísse do Cenário 1.2 para o 1.3, uma vez que no Cenário 1.3 foi utilizado o empilhador elétrico, que tem uma velocidade superior ao normal (velocidade 2). O valor médio da duração da deslocação é inferior relativamente aos cenários anteriores.

Tabela 5.7 Duração do *picking* do Cenário 1.3

Cenário 1.3		Duração do <i>Picking</i> (minutos)
Valor Médio		373,00
Desvio Padrão		41,20
<i>Half-width</i>		13,20
Valor mínimo		315,00
Valor máximo		493,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	360,00
	Limite superior	386,00

## 5.2.5 Cenário 1.4 – Localizações segundo a análise ABC

Com o intuito de compreender a influência na duração do *picking* da alteração das localizações atuais dos artigos pelas localizações definidas com base na aplicação da análise ABC, foi desenvolvido o Cenário 1.4. A definição destas localizações está descrita na Secção 3.3.2. Na prática alteram-se as localizações dos artigos e, por consequência, as cinco listas de encomendas. Com esta nova organização da armazenagem surgiu a exceção C explicada na Secção 3.5.2, para um determinado artigo em vez de ser movimentado as ncaixas (o número de caixas encomendadas), é movimentado o número de caixas resultante da diferença entre o número de caixas existentes em *stock* e ncaixas. O que levou a algumas alterações no modelo, nomeadamente:

- Na Etapa 3 apresentada na Secção 4.1.2 o ficheiro lido em vez de ter três campos, tem quatro, o *dif*, referente ao valor da diferença entre o número de caixas existentes em *stock* do artigo que será preparado e as ncaixas. Só apresenta um valor diferente de 0 quando o artigo que vai ser preparado está nas condições da exceção C.
- Como o operador tem de movimentar a palete que estava armazenada e colocar nessa localização a nova palete, para esta atividade foi considerada a duração de percorrer o comprimento de um *rack* (3,245 segundos).

A Tabela 5.8 apresenta os resultados obtidos para a duração do *picking* cujo o valor médio foi de 280,00 minutos com um desvio padrão de 48,30 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 15,40 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 264,00 minutos e 295,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.8). Os valores mínimo e máximo variam entre 226 minutos e 512 minutos.

A duração média da deslocação foi de 20,80 minutos, o que representa 7,43% da duração média do *picking*.

O valor médio da duração do *picking* foi inferior ao dos outros cenários 2,44 % relativamente ao Cenário base 1, com exceção ao Cenário 1.1, isto porque, no Cenário 1.1 é utilizado o empilhador elétrico, com uma velocidade mais elevada do que o empilhador manual utilizado nos outros cenários.

Tabela 5.8 Duração do *picking* do Cenário 1.4

Cenário 1.4		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		280,00
Desvio Padrão		48,30
<i>Half-width</i>		15,40
Valor mínimo		226,00
Valor máximo		512,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	264,00
	Limite superior	295,00

### 5.2.6 Cenário 1.5 – Recolha com empilhador elétrico e localizações segundo análise ABC

O Cenário 1.5 desenvolveu-se com o propósito de estudar o proveito da alteração das condições do Cenário 1.1 e 1.4 em simultâneo.

O resumo dos resultados obtidos apresenta-se na Tabela 5.9. Para o Cenário 1.5 o valor médio da duração de *picking* resultou em 268,00 minutos com um desvio padrão de 48,30 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 15,40 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 253,00 minutos e 284,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.9). Os valores mínimo e máximo variam entre 214,00 minutos e 500,00 minutos.

A duração da deslocação foi de 9,5 minutos, o que representa 3,54% relativamente à duração do *picking*.

O valor médio da duração do *picking* do Cenário 1.5 foi inferior quando comparado com os cenários anteriores, 6,62% relativamente ao Cenário base 1. Isto porque, neste cenário foram alteradas as duas condições que apresentaram resultados com valores mais reduzidos em simultâneo. O valor médio da duração da deslocação foi inferior a todos os cenários exceto ao do Cenário 1.3, cenário que apresentou menor duração de deslocação até ao Cenário 1.5. Isto deve-se ao facto da agregação das encomendas que reduzir esta duração.

Tabela 5.9 Duração do *picking* do Cenário 1.5

Cenário 1.5		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		268,00
Desvio Padrão		48,30
<i>Half-width</i>		15,40
Valor mínimo		214,00
Valor máximo		500,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	253,00
	Limite superior	284,00

### 5.2.7 Cenário 1.6 – Localizações segundo a análise ABC e agregação das cinco listas de encomendas

O Cenário 1.6 foi desenvolvido associando as alterações do Cenário 1.2 e do Cenário 1.4. O objetivo foi perceber de que forma as alterações realizadas influenciam a duração de *picking*. Foram consideradas as localizações segundo a análise ABC, agregadas as cinco listas de encomendas e seguidos os passos descritos nos cenários (Cenário 1.2 e Cenário 1.4).

A Tabela 5.10 apresenta os resultados do *output analyzer*. Obteve-se o valor de 356,00 minutos para o valor médio da duração do *picking*, com um desvio padrão de 45,10 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 14,40 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 341,00 minutos e 370,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.10). Os valores mínimo e máximo variam entre 281 minutos e 455,00 minutos.

A duração da deslocação apresentou o valor de 14,60 minutos, o que representa 4,10% relativamente à duração média do *picking*.

Comparando estes valores com os dos outros cenários, o valor da duração do *picking* é superior a todos os cenários, 24,04% relativamente ao Modelo base 1, exceto ao do Cenário 1.2. Isto porque, no 1.6 foi considerada a agregação das cinco listas de encomendas, que por sua vez foi o cenário que apresentou maior duração média do *picking* (Cenário 1.2).

A duração média da deslocação foi inferior ao dos outros cenários, com exceção nos Cenários 1.1, 1.3 e 1.5, porque nestes três cenários foi utilizado o empilhador elétrico, com uma velocidade superior ao utilizado no Cenário 1.6 (empilhador manual).

Tabela 5.10 Duração do *picking* do cenário 1.6

Cenário 1.6		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		356,00
Desvio Padrão		45,10
<i>Half-width</i>		14,40
Valor mínimo		281,00
Valor máximo		455,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	341,00
	Limite superior	370,00

### 5.2.8 Cenário 1.7 - Recolha com empilhador elétrico, agregação das cinco listas de encomendas e localizações segundo análise ABC

Por fim, desenvolveu-se o Cenário 1.7 que engloba as alterações das condições envolvidas nos Cenários 1.3 e o 1.4. Foram realizadas as alterações de acordo com o descrito nos três cenários identificados.

Na Tabela 5.11 são apresentados os resultados obtidos. O valor médio da duração de *picking* foi de 355,00 minutos, com um desvio padrão de 51,50 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 16,50 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 339,00 minutos e 372,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.11). Os valores mínimo e máximo variam entre 279,00 minutos e 500,00 minutos.

A duração média da deslocação foi de 6,90 minutos, o que representa 1,94% relativamente à duração de *picking*.

O valor do *picking* é superior ao de todos os outros cenários, 23,69 % relativamente ao Cenário base 1, exceto ao do Cenário 1.2. Sendo que a única diferença entre o Cenário 1.2 e 1.7 foi o facto de as localizações estarem organizadas segundo a análise ABC, concluiu-se que este fator fez com que houvesse uma redução da duração média do *picking*. Relativamente ao valor médio da duração da deslocação, o Cenário 1.7 apresentou o valor mais reduzido, isto porque, engloba as alterações dos três fatores.

Tabela 5.11 Duração de *picking* do Cenário 1.7

Cenário 1.7		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		355,00
Desvio Padrão		51,50
<i>Half-width</i>		16,50
Valor mínimo		279,00
Valor máximo		500,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	339,00
	Limite superior	372,00

### 5.2.9 Análise dos resultados dos cenários do Modelo 1

Na Tabela 5.12 apresenta-se o resumo da duração do *picking* e da deslocação de todos os cenários e a diferença da duração total de *picking* entre o Cenário base 1 e cada cenário proposto, sendo que o valor de referência é o do Cenário base 1. A análise dos resultados permite concluir que o cenário 1.5 (empilhador elétrico e as localizações definidas segundo a análise ABC) foi o que apresentou o menor valor de duração média de *picking* (268,00 minutos). Por outro lado, o Cenário 1.7 (empilhador elétrico, a agregação das cinco listas e as localizações definidas segundo a análise ABC) foi o que apresentou menor duração de deslocação (6,99 minutos, que representa 1,94% relativamente à duração média do *picking*).

Analisando os resultados dos cenários concluiu-se que de entre os três fatores alterados no cenário base 1, o que apresentou maior impacto na duração do *picking* foi a substituição do empilhador manual pelo elétrico. Quanto aos restantes fatores, seguidamente, o que apresentou maior impacto foi a alteração das localizações segundo a análise ABC. Comparando os cenários que não contemplam o fator que teve maior impacto (empilhador elétrico), ou seja, executados com o empilhador manual, Cenários 1.2, 1.4 e 1.6, o que apresentou o valor menor da duração média do *picking* foi o Cenário 1.4, onde é apenas alterado o fator das localizações.

O terceiro fator, agrupar as encomendas, para o Modelo 1 não apresentou vantagem em termos de duração do *picking* quando comparado com o Cenário base 1. Concluiu-se este facto através da Tabela 5.12, o cenário que apresenta maior diferença de duração com o Cenário base 1, é o Cenário 1.2, com uma diferença de 95 minutos. Assim, o Cenário 1.2 tem um valor médio da duração do *picking* superior em 33,10% relativamente ao Cenário base 1. Concluiu-se que a duração das novas atividades não compensa a redução da duração da deslocação quando comparados com os valores do Cenário base 1, uma vez que a duração da deslocação diminui, mas a duração média do *picking* aumenta.

Pode concluir-se que:

- Se for possível recorrer a um empilhador elétrico o Cenário 1.5 é o mais vantajoso: empilhador elétrico e localizações definidas segundo a análise ABC;
- Se o *picking* tiver de ser executado com o empilhador manual (como acontece atualmente), o Cenário 1.4 é o mais vantajoso: empilhador manual e as localizações definidas segundo a

análise ABC.

Tabela 5.12 Durações referentes às simulações dos cenários do Modelo 1

Modelo 1	Duração (minutos)			Diferença entre a duração total de <i>picking</i> do cenário base 1 com o cenário proposto	
	<i>Picking</i>	Deslocação		minutos	%
		minutos	% relativamente à duração de <i>picking</i>		
<b>Cenário base 1</b>	287,00	23,20	8,08	-	-
<b>Cenário 1.1</b>	274,00	10,60	3,87	13,00	4,53
<b>Cenário 1.2</b>	382,00	17,20	4,5	-95,00	-33,10
<b>Cenário 1.3</b>	373,00	7,90	2,12	-86,00	-29,97
<b>Cenário 1.4</b>	280,00	20,80	7,43	7,00	2,44
<b>Cenário 1.5</b>	<b>268,00</b>	9,50	3,54	19,00	<b>6,62</b>
<b>Cenário 1.6</b>	356,00	14,60	4,10	-69,00	-24,04
<b>Cenário 1.7</b>	355,00	6,90	1,94	-68,00	-23,69

### 5.3 Cenários do Modelo 2 - Explicação e resultados

Nesta secção, apresenta-se os resultados e as respetivas análises de todos os cenários desenvolvidos para o Modelo 2.

#### 5.3.1 Cenário base 2

O Cenário base 2 representa o Subsistema 2 atual, onde foram consideradas as localizações atuais dos artigos, as cinco listas de encomendas e o empilhador elétrico. Os resultados do Cenário base 2 foram utilizados como referência para comparar com os dos cenários propostos.

A Tabela 5.13 apresenta os resultados obtidos, o valor médio resultou em 249,00 minutos com um desvio padrão de 23,20 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 7,41 minutos, o que significa que o valor duração média do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 241,00 minutos e 256,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.13). Os valores mínimo e máximo variam entre 223,00 minutos e 305,00 minutos.

A duração média da deslocação foi de 34,40 minutos, o que representa 13,82% relativamente à duração média do *picking*.

Tabela 5.13 Duração do *picking* do Cenário base 2

Cenário base 2		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor médio		249,00
Desvio Padrão		23,20
<i>Half-width</i>		7,41
Valor mínimo		223,00
Valor máximo		305,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	241,00
	Limite superior	256,00

### 5.3.2 Cenário 2.1 – Agregação das cinco listas de encomendas

O Cenário 2.1 foi desenvolvido com o propósito de concluir se existe benefício em agregar as cinco listas de encomendas numa só lista. Esta proposta passa por simular o Modelo 2 com as cinco encomendas agrupadas, o que levou à definição de novos pressupostos e atividades, nomeadamente:

- A cada unidade hospitalar foi atribuída uma cor;
- Os artigos são recolhidos dos racks e em cada caixa é colocada uma etiqueta com a cor correspondente à lista de encomendas da unidade hospitalar que está a ser preparada;
- Na base de preparação criaram-se cinco locais, cada um referente a uma unidade hospitalar com uma cor diferente;
- Tal como para o Cenário base 2, foi considerada uma única base de preparação para o cálculo das distâncias percorridas;
- Duração da colocação da etiqueta em cada caixa recolhida foi de 2 segundos;
- Manteve-se a duração para a verificação das quantidades (atividade 4 apresentada na Secção 3.5.3), sendo que quando foi necessário um artigo para mais do que uma encomenda multiplicou-se essa duração pelo número de encomendas diferentes.

Na Tabela 5.14, apresenta-se os valores obtidos das replicações do Cenário 2.1, sendo que a duração média do *picking* foi de 229 minutos, com um desvio padrão de 23,20 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 7,40 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 222,00 minutos e 237,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.14). Os valores mínimo e máximo variam entre 190,00 minutos e 282,00 minutos.

A duração média de deslocação foi de 26,90 minutos, que corresponde a 11,75% da duração média do *picking*.

Comparando o Cenário 2.1 com o Cenário base 2, a duração do *picking* diminuiu (20%), bem como a duração da deslocação. Concluiu-se que a agregação das cinco listas de encomendas é vantajosa relativamente às duas medidas de desempenho.

Tabela 5.14 Duração do *picking* do Cenário 2.1

Cenário 2.1		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		229,00
Desvio Padrão		23,20
<i>Half-width</i>		7,40
Valor mínimo		190,00
Valor máximo		282,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	222,00
	Limite superior	237,00

### 5.3.3 Cenário 2.2 – Localizações de acordo com a análise ABC

O Cenário 2.2 foi desenvolvido com o objetivo de concluir se a alteração das localizações atuais dos artigos pelas localizações segundo a análise ABC influenciam a duração do *picking*.

Na Tabela 5.15 apresentam-se os valores obtidos para a duração do *picking*. O valor médio da duração do *picking* obtido foi de 226,00 minutos com um desvio padrão de 19,50 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 6,25 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 220,00 minutos e 232,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.14). Os valores mínimo e máximo variam entre 187,00 minutos e 265,00 minutos.

Tabela 5.15 Duração do *picking* do Cenário 2.2

Cenário 2.2		Duração do <i>picking</i> (minutos)
Valor Médio		226,00
Desvio Padrão		19,50
<i>Half-width</i>		6,25
Valor mínimo		187,00
Valor máximo		265,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	220,00
	Limite superior	232,00

A duração média da deslocação foi de 24,60 minutos, representando 10,88% da duração média do *picking*.

Comparando o Cenário 2.2 com o Cenário base 2 e o Cenário 2.1, a duração média do *picking* diminuiu, 23% relativamente ao Cenário base 2. A duração média da deslocação também diminuiu relativamente aos dois cenários anteriores. Concluiu-se que a alteração para as localizações segundo a análise ABC apresenta vantagem em termos de duração relativamente à alteração da agregação das cinco listas.

### 5.3.4 Cenário 2.3 – Localizações segundo a análise ABC e agregação das cinco listas de encomendas

O Cenário 2.3 foi desenvolvido para analisar o efeito no Modelo 2 das alterações realizadas simultaneamente para o Cenário 2.1 e 2.2.

A Tabela 5.16 apresenta os valores, relativamente à duração do *picking*, obtidos para o Cenário 2.3, o valor médio da duração total de *picking* foi de 212 minutos com um desvio padrão de 20,90 minutos. O *half-width* apresentou o valor de 6,70 minutos, o que significa que o valor duração do *picking* para um intervalo de confiança de 95% varia entre 205,00 minutos e 218,00 minutos (intervalos de confiança apresentados na Tabela 5.16). Os valores mínimo e máximo variam entre 182,00 minutos e 270,00 minutos.

Tabela 5.16 Duração do *picking* do Cenário 2.3

Cenário 2.3		Duração (minutos)
		<i>Total de Picking</i>
Valor Médio		212,00
Desvio Padrão		20,90
<i>Half-width</i>		6,70
Valor mínimo		182,00
Valor máximo		270,00
Intervalo de confiança	Limite inferior	205,00
	Limite superior	218,00

A duração da deslocação foi de 19,40 minutos, o que representa 9,15% da duração média do *picking*.

Este cenário apresentou uma diminuição da duração média do *picking* relativamente aos cenários anteriores, 37% relativamente ao Cenário base 2. A duração média da deslocação também foi a todos os outros cenários. Estes resultados eram previsíveis visto que a duração do *picking* diminuiu em ambos os Cenários (2.1 e 2.2), logo alterando os dois fatores em simultâneo levou ao cenário com a duração média do *picking* mais reduzida.

### 5.3.5 Análise dos resultados dos cenários do Modelo 2

A Tabela 5.17 apresenta o resumo dos dados das durações do *picking* e de deslocação de todos os cenários e a diferença da duração média do *picking* entre o Cenário base 2 e cada cenário proposto, sendo que o valor de referência é o do Cenário base 2. Com os resultados obtidos, concluiu-se que os três cenários propostos apresentam vantagem relativamente ao cenário base 2. De cenário para cenário a duração total de *picking* bem como de deslocação diminuíram, assim o cenário que apresentou maior vantagem relativamente às duas durações foi o Cenário 2.3 (cinco listas agrupadas e localizações segundo a análise ABC). Quanto aos restantes cenários, o que apresentou menor duração foi o

Cenário 2.2, daí concluir-se que entre os dois fatores alterados nestes cenários, o que teve maior impacto foi a alteração das localizações. Assim o melhor Cenário é o 2.3 com a duração média de *picking* de 212 minutos dos quais 9,15% correspondem à duração média de deslocação.

Tabela 5.17 Durações referentes às simulações dos cenários do Modelo 2

Modelo 2	Duração (minutos)			Diferença entre a duração total de <i>picking</i> do cenário base 2 com o cenário proposto	
	<i>Picking</i>	Deslocação		minutos	%
		minutos	% relativamente à duração de <i>picking</i>		
<b>Cenário base 2</b>	249,00	34,40	13,82	-	-
<b>Cenário 2.1</b>	229,00	26,90	11,75	229,00	20,00
<b>Cenário 2.2</b>	226,00	24,60	10,88	226,00	23,00
<b>Cenário 2.3</b>	212,00	19,40	9,15%	212,00	37,00

## 5.4 Síntese do capítulo

Para alcançar o objetivo da dissertação, analisar o processo de *picking* da empresa GLSMED Trade e propor soluções de melhoria com vista à redução da duração deste processo, desenvolveram-se dez cenários para identificar se introduziam melhorias para os dois subsistemas. Para o Subsistema 1 (nível 0) para além do Modelo base 1, foram desenvolvidos sete cenários nos quais foram alterados até três fatores (tipo de empilhador, número de listas de encomendas e/ou a localização dos artigos). Para o Subsistema 2 (níveis 1, 2 e 3) foi desenvolvido o Modelo base 2 e adicionalmente foram desenvolvidos três cenários, onde se alteraram até 2 fatores - número de listas de encomendas e/ou a localização dos artigos.

Cada cenário foi replicado 40 vezes e foram obtidos resultados referentes à duração total de *picking* e de deslocação. A partir da análise destes valores conclui-se o seguinte:

- a) No Subsistema 1 se o *picking* for executado com o empilhador elétrico, o cenário que apresentou maior vantagem em termos de duração total de *picking* foi o Cenário 1.5: empilhador elétrico e localizações segundo a análise ABC. Por outro lado, se o *picking* for executado com o empilhador manual, o Cenário 1.4 apresenta maior vantagem: empilhador manual e as localizações segundo a análise ABC.
- b) No Subsistema 2, o Cenário 2.3 foi o que apresentou melhores resultados relativamente à duração total de *picking*: localizações segundo a análise ABC e as cinco listas de encomendas agrupadas numa lista.



# 6 Conclusões e propostas futuras

## 6.1 Conclusões

Nesta dissertação desenvolveu-se um caso de estudo relacionado com a proposta de soluções que permitam reduzir o tempo de execução do *picking* no armazém 1 da empresa GLSMED Trade. O processo de *picking* e o método de armazenamento foram o foco desta dissertação.

A GLSMED Trade pertence ao grupo Luz Saúde e centraliza as compras das unidades hospitalares do grupo, fornecendo maioritariamente artigos de consumo clínico. No armazém 1, o *picking* de uma encomenda é dividido em dois tipos de *picking* consoante o nível da localização dos artigos: *picking* no nível 0 e *picking* nível 1, 2 e 3. Cada tipo de *picking* é executado por um operador, sendo que no nível 0 é utilizado um empilhador manual, e nos níveis 1, 2 e 3 um empilhador elétrico. A rota de *picking* é feita segundo o método serpentina e cada encomenda é preparada individualmente.

A preparação das encomendas para as unidades hospitalares segue uma escala de dias, cada dia da semana tem associado um grupo de unidades. O transporte até às unidades hospitalares é realizado por uma empresa externa.

Os dados necessários para desenvolver as propostas de melhoria para foram divididos em dois grupos: dados observados diretamente e dados fornecidos pela empresa. Os primeiros referem-se à cronometração da duração de cada atividade no processo de *picking* e determinadas distâncias percorridas no armazém. Os dados fornecidos pela empresa foram as listas de *picking*, as localizações dos artigos no armazém 1 e o método de armazenagem.

Analisou-se a procura dos artigos por parte das unidades hospitalares através da análise ABC com base nas encomendas ao longo do ano de 2018. Esta análise permitiu concluir quais os artigos com maior e menor procura, o que posteriormente foi utilizado como parâmetro de prioridade para o novo armazenamento dos artigos. Relativamente à armazenagem foi proposta uma nova organização consoante o resultado da análise ABC, visto que atualmente era organizada de forma aleatória. Com acesso às localizações dos artigos no armazém de um dia aleatório, os artigos foram divididos por grupos consoante a similaridade entre as localizações. Criaram-se quatro grupos de artigos:

- i. Localizações níveis 1, 2 e 3 com todas as filas;
- ii. Localizações nível 0 filas A, B e C e localização E44;
- iii. Localizações nível 0.1 filas D e E;
- iv. Localizações níveis 0.2 e 0.3 filas D e E.

Para cada grupo de artigos foi desenvolvida uma nova organização: para cada artigo foi correspondido uma localização, sendo que os artigos foram dispostos por ordem decrescente da procura e as localizações por ordem crescente de distância à base de preparação.

Com a informação recolhida relativamente às atividades envolvidas no armazém em estudo e a armazenagem dos artigos foram desenvolvidos cenários como propostas de melhoria. O sistema atual do

armazém 1 foi dividido em dois subsistemas, Subsistema 1 referente ao nível 0 e Subsistema 2 referente aos níveis 1, 2 e 3. Para cada um foi desenvolvido um modelo computacional, Modelo 1 e Modelo 2, com o auxílio do *software* de simulação Arena. De seguida procedeu-se à verificação e validação de cada modelo.

Com os modelos computacionais desenvolvidos foram definidos os cenários. Para cada modelo desenvolveu-se um cenário base (Modelo 1 - Cenário base 1; Modelo 2 – Cenário base 2) com as localizações do sistema atual, cinco encomendas reais e com os empilhadores correspondentes a cada nível. No Modelo 1 foram testados três fatores (localização dos artigos, número de encomendas e o tipo de empilhador) ao todo foram definidos sete cenários. Seguidamente apresentam-se as alterações feitas em cada cenário relativamente aos modelos base:

- 1.1 Empilhador elétrico;
- 1.2 Agregação de cinco listas de encomendas;
- 1.3 Alterações dos cenários 1.1 e 1.2 em simultâneo;
- 1.4 Localizações segundo a análise ABC;
- 1.5 Alterações dos cenários 1.1 e 1.4 em simultâneo;
- 1.6 Alterações dos cenários 1.2 e 1.4 em simultâneo;
- 1.7 Alterações dos cenários 1.1, 1.2 e 1.4 em simultâneo.

No Modelo 2 foram desenvolvidos três cenários. Seguidamente apresentam-se as alterações feitas em cada cenário relativamente aos modelos base:

- 2.1 Agregação de cinco listas de encomendas;
- 2.2 Localizações segundo a análise ABC;
- 2.3 Alterações dos Cenários 2.1 e 2.2 em simultâneo.

Cada um dos cenários foi simulado recorrendo ao *software* de simulação Arena. Realizaram-se 40 replicações para cada um e obtiveram-se resultados para as duas medidas de desempenho consideradas: duração do *picking* e a duração da deslocação dos empilhadores entre as localizações.

Para o Subsistema 1 concluiu-se que o cenário mais vantajoso relativamente à duração do *picking* foi o Cenário 1.5 com o valor médio de 268,00 minutos. Neste cenário foram consideradas as alterações em simultâneo dos cenários 1.1 e 1.4 (cenários que apresentaram menor valor da duração do *picking* seguidamente ao Cenário 1.5) e correspondem à utilização do empilhador elétrico e às localizações segundo análise ABC. Com a utilização do empilhador elétrico (com uma velocidade superior ao do manual) a duração média da deslocação diminuiu e por consequência diminuiu a duração média de *picking*. Por outro lado, a alteração das localizações atuais dos artigos pelas localizações definidas com base na aplicação da análise ABC levou a que os artigos com maior procura se localizassem mais perto da base de preparação, o que levou a uma diminuição da duração média do *picking*. Contudo, como atualmente o *picking* é executado com o empilhador manual, foi realizada uma comparação entre os cenários que o utilizam, para a possibilidade de este equipamento continuar a ser utilizado. Assim, o cenário que apresentou a duração média do *picking* menor foi o Cenário 1.4, em que as localizações

são segundo a análise ABC, uma vez que o fator que apresentou maior vantagem seguidamente do empilhador elétrico, foram as localizações segundo a análise ABC.

Para o Subsistema 2 o Cenário 2.3 foi o que apresentou maior vantagem relativamente à duração do *picking*, com uma duração média do *picking* de 212 minutos. Este cenário foi a combinação do cenário 2.1 e 2.2, em que as localizações são segundo a análise ABC e as cinco listas de encomendas agrupadas numa lista. Em ambos os cenários (2.1 e 2.2), a duração média do *picking* diminuiu, sendo previsível que alterando os dois fatores em simultâneo resultaria num cenário ainda mais vantajoso.

Em ambos os subsistemas a alteração da localização dos artigos no armazém segundo a análise ABC apresentou vantagem, tal como nos casos de estudo apresentados na Secção 2.4.

## **6.2 Propostas futuras**

Como trabalho futuro deve ser estudado outro cenário para o Subsistema 2 colocando dois operadores a trabalhar paralelamente, (um operador desloca-se para recolher as paletes com os artigos enquanto que o segundo fica na base a descarregar as paletes que o primeiro traz). O fator alterado neste cenário aumentará a necessidade do número de operadores, mas poderá ser vantajoso relativamente à duração total de *picking*.

A utilização da tecnologia Identificação por Rádio Frequência (RFID) deve ser explorada como uma possível forma de melhorar o desempenho das atividades do processo de *picking*. Esta estratégia passaria pela colocação de etiquetas nas caixas dos artigos na sua recção, sendo possível melhorar o controlo do *stock* dos artigos e indicar, de forma automatizada, a localização onde o artigo está armazenado. Para além destas vantagens, esta tecnologia pode reduzir a duração da verificação dos artigos na base de preparação.



# Referências bibliográficas

- Altiook, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena* (Vol. 136). Boston: Academic Press.
- Bonney, M. C., Schmidt, J. W., & Taylor, R. E. (1970). *Simulation and Analysis of Industrial Systems. Operational Research Quarterly (1970-1977)*.
- Casella, G., & L. Berger, R. (2002). *Statistical Inference*. Pacific Grove: Duxbury - Thomson learning.
- Chan, F. T. S., & Chan, H. K. (2010). 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.
- Charles G. Petersen II. (1997). An evaluation of order picking routing policies. *International Journal of Operations and Management Science*, 17(11), 1098–1111.
- Chung, C. A. (2004). *Simulation Modeling Handbook - A Practical Approach*. Boca Raton: CRC Press.
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501.
- Dekker, R., De Koster, M. B. M., Roodbergen, K. J., & Van Kalleveen, H. (2004). Improving order-picking response time at Ankor's warehouse. *Interfaces*, 34(4), 303–313.
- Dukic, G., Cesnik, V., & Opetuk, T. (2010). Order-picking methods and technologies for greener warehousing. *Strojarstvo*, 52(1), 23–31.
- Faget, P., Eriksson, U., & Hermann, F. (2005). Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference ME Kuhl, NM Steiger, FB Armstrong, and JA Joines, eds. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, (2001), 1643–1649.
- Forbes, C., Evans, M., Hastings, N., & Peacock, B. (2011). *Statistical Distributions*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Goetschalckx, M., & Ashayeri, J. (1989). Classification and design of order Picking. *Logistics World*, 2(2), 99–106.
- Grupo Luz Saúde. (2018). Luz Saúde. Retrieved from <http://www.luzsaude.pt/pt/>.
- Gunasekaran, A., Marri, H. B., & Menci, F. (1999). Improving the effectiveness of warehousing operations: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, 99(8), 328–339.
- Hall, R. W. (1993). Distance approximations for routing manual pickers in a warehouse. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 25(4), 76–87.
- Kelton, W. D., P. Sadowski, R., & A. Sadowski, D. (2001). *Simulation with Arena*. Boston: McGraw-Hill.
- Koster, R. De, Le-duc, T., & Roodbergen, K. J. (2006). Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(January 2006), 481–501.

- Law, A. M. (2015). *Simulation Modeling and Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling & Analysis. Computer Systems Performance Evaluation and Prediction*. Singapore: McGraw-Hill.
- Moeller, K. (2011). Increasing warehouse order picking performance by sequence optimization. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20, 177–185.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2002). *Applied Statistics and probability for Engineers*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Petersen, C. G., & Schmenner, R. W. (1999). An evaluation of routing and volume-based storage policies in an order picking warehouse. *Decision Sciences*, 30(2), 481–501.
- Rockwell Automation. (2018). Arena Simulation. Retrieved February 11, 2019, from <https://www.arenasimulation.com/>
- Rossetti, M. D. (2016). *Simulation Modeling and Arena*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Great Britain: Kogan Page.
- Stuart, I., McCutcheon, D., Handfield, R., McLachlin, R., & Samson, D. (2002). Effective case research in operations management: a process perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(1), 403–418.
- Tompkins, J. A., & White, J. A. (1984). *Facilities planning*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Vitasek, K. (2013). Supply chain management terms and glossary. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*, 3(6), 346–352.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research Design and Methods* (Vol. 5). Thousand Oaks: SAGE Inc.

# Anexos

## Anexo A - Distribuições estatísticas

Tabela A.1 Distribuições estatísticas

Distribuição Estatística	Características	Parâmetros	Denotação de acordo com o <i>Input Analyzer</i>
<b>Normal</b>	Contínua. Das mais utilizadas em estatística. Tem o formato de um sino (Casella e L.Berger, 2002).	$\mu$ - valor médio. $\sigma$ - desvio padrão.	NORM ( $\mu$ , $\sigma$ )
<b>Erlang (Montgomery &amp; Runger, 2002)</b>	Contínua. Relacionada com as distribuições Exponencial e Gamma. Pode ser utilizada para determinar probabilidades (Montgomery e Runger, 2002).	$\lambda = 1/\beta$ – “taxa”, real positivo, ( $\beta$ - parâmetro de escala). Por exemplo, a taxa média de ocorrência de sucessos. k – Parâmetro de Erlang	ERLA ( $\lambda$ , k)
<b>Lognormal</b>	Contínua. Uma variável aleatória possui uma distribuição lognormal se o seu logaritmo seguir uma distribuição normal (Casella e L.Berger, 2002)).	$\mu$ – valor médio. $\sigma$ – desvio padrão.	LOGN ( $\mu$ , $\sigma$ )
<b>Weibull</b>	Contínua Utilizada em aplicações de confiabilidade (Forbes, et al., 2011).	$\beta$ -Parâmetro de escala. $\alpha$ - Parâmetro de forma.	WEIB ( $\beta$ , $\alpha$ )
<b>Exponencial</b>	Contínua. Frequentemente utilizada para modelar intervalos de tempo, como por exemplo até à ocorrência de falhas.	$\beta$ - Parâmetro de escala.	EXPO ( $\beta$ )
<b>Beta</b>	Contínua. Definida no intervalo [0,1]. Frequentemente utilizada para modelar proporções que se situam entre 0 e 1. Como os valores dos parâmetros variam, a distribuição pode assumir muitas formas (Casella e L.Berger, 2002).	$\alpha_1$ – Parâmetro de forma alfa 1. $\alpha_2$ - Parâmetro de forma alfa 2.	BETA ( $\alpha_1$ , $\alpha_2$ )
<b>Triangular</b>	Contínua.	Min – Valor mínimo. Moda – valor da moda. Max – valor máximo.	TRIA (Min, Moda, Max)
<b>Gama</b>	Contínua. Relaciona-se com as distribuições qui-quadrado, erlang e exponencial como casos especiais (Law, 2015).	$\beta$ – Parâmetro de escala. $\alpha$ – Parâmetro de forma.	GAMM ( $\beta$ , $\alpha$ )

## Anexo B - Análise ABC

Tabela B.1 Análise ABC

Nº	Rótulos de Linha	Nº de caixas	Nº de caixas	Nº de caixas acumulado	Classe
1	C000005459-Compressa N/Esteril Tnt 7,5x7,5cm 30gr	78296	12,75%	12,75%	A
2	C000001127-Luva Vinyl M	70152	11,42%	24,17%	A
3	C000005585-Luva Vinyl L	46966	7,65%	31,82%	A
4	C000005637-Resguardo 60x60cm	28588	4,65%	36,47%	A
5	C000001128-Luva Vinyl S	15721	2,56%	39,03%	A
6	C000005583-Luva Nitrilo M	13388	2,18%	41,21%	A
7	C000000019-Agulha Diluição 19gx1 1/2 1,10x40	12551	2,04%	43,25%	A
8	C000005458-Compressa N/Esteril Tnt 10x10cm 30gr	12536	2,04%	45,29%	A
9	C000001179-Resguardo 60x90cm	11911	1,94%	47,23%	A
10	C000000144-Eléctrodo Ecg Adulto	11506	1,87%	49,11%	A
...					
82	C000000244-Fio Sint. Abs. (mult.) 2/0 Ag. Cil. 26mm 1/2	813	0,13%	82,83%	B
83	H000000640-Copo plástico	773	0,13%	82,96%	B
84	C000003311-Eléctrodo Ecg Transparente ao Rx 51x51mm	764	0,12%	83,08%	B
85	C000002808-Máscara Cirúrgica C/Viseira	764	0,12%	83,20%	B
86	C000005695-Tubo Aspiração Ligação Sonda Yankauer	754	0,12%	83,33%	B
87	C000001198-Seringa Gasimetria	746	0,12%	83,45%	B
...					
299	C000015944-Pinça Biópsia Descart 230cm	153	0,02%	95,60%	C
300	C000002310-Penso Hipoalerg. Esteril C/Compressa 9x20cm	152	0,02%	95,62%	C
301	C000003423-Sistema Nutrição Entérica Universal	151	0,02%	95,65%	C
302	C000005608-Papel Tecido Nao Tecido 60x60cm 37gr Folha Única	150	0,02%	95,67%	C
303	C000001075-Fio Sint. Abs. (mult.) 0 Ag. Cort Inv. 40mm 1/2	149	0,02%	95,70%	C
304	C000001207-Sonda Aspiração Ch10	147	0,02%	95,72%	C
...					
859	C000001219-Fio Sint.Abs. p/ Endoscopia	1	0,0002%	100,00%	C
	Total Geral	639193	100,00%	100,00%	

## Anexo C - Valores cronometrados

### *Picking* nível 0

#### Atividade 1

Tabela C.1 Operador Y atividade 1 no nível 0

Observação	Duração (segundos)	Nº de <i>racks</i>
1	4,65	1,0
2	5,68	1,0
3	7,46	1,0
4	4,33	2,0
5	5,86	2,0
6	6,52	2,0
7	6,87	2,0
8	9,53	2,0
9	6,21	2,3
10	9,91	2,5
11	8,07	2,5
12	8,24	2,5
13	10,37	2,5
14	11,56	2,6
15	6,23	3,0
16	10,86	3,0
17	11,30	3,0
18	10,12	3,5
19	13,43	3,9
20	13,20	4,0
21	13,34	4,5
22	10,33	4,5
23	9,85	4,8
24	20,36	5,6
25	14,31	6,0
26	17,71	6,4
27	16,24	6,5
28	20,54	8,0
29	21,16	8,4
30	23,31	9,3
31	33,05	10,5

Tabela C.2 Operador Z atividade 1 no nível 0

Observação	Duração (segundos)	Nº de racks	Observação	Duração (segundos)	Nº de racks
1	1,64	0,50	33	7,31	4,00
2	1,99	0,50	34	8,03	4,00
3	2,86	0,50	35	8,51	4,00
4	3,19	0,50	36	10,51	4,00
5	3,61	0,50	37	11,29	4,00
6	2,57	1,00	38	11,51	4,00
7	2,57	1,00	39	13,22	4,00
8	3,37	1,00	40	11,96	4,80
9	4,00	1,00	41	10,09	5,00
10	4,43	1,00	42	11,00	5,00
11	4,45	1,00	43	11,94	5,00
12	4,91	1,00	44	15,03	5,00
13	5,36	1,00	45	10,80	5,40
14	6,12	1,00	46	10,48	6,00
15	6,48	1,50	47	17,74	7,00
16	6,55	1,50	48	19,24	7,00
17	4,66	2,00	49	11,70	7,40
18	5,03	2,00	50	18,05	7,80
19	5,13	2,00	51	14,04	8,00
20	5,52	2,00	52	24,45	8,00
21	7,29	2,00	53	13,21	8,00
22	7,32	2,00	54	16,40	8,00
23	7,72	2,00	55	24,17	8,40
24	8,45	2,00	56	16,20	8,50
25	11,63	2,00	57	16,46	9,00
26	11,50	2,50	58	20,01	9,20
27	7,80	2,50	59	21,38	9,40
28	8,13	2,50	60	15,80	9,50
29	7,10	2,80	61	16,40	10,00
30	7,44	3,00	62	19,82	10,00
31	11,44	4,00	63	25,46	12,00
32	14,05	4,00	64	35,75	15,50

## Atividade 2

Tabela C.3 Operador Y atividade 2 no nível 0

Observação	Duração (segundos)	Nº de Caixas	Observação	Duração (segundos)	Nº de Caixas
1	3,44	1	22	30,37	1
2	6,98	1	23	35,13	1
3	7,42	1	24	35,54	1
4	7,54	1	25	39,60	1
5	7,79	1	26	44,33	1
6	9,11	1	27	50,86	1
7	9,81	1	28	8,64	2
8	9,98	1	29	15,62	2
9	10,12	1	30	40,17	2
10	10,59	1	31	44,73	2
11	11,19	1	32	69,29	2
12	11,31	1	33	16,87	3
13	11,36	1	34	19,23	3
14	12,76	1	35	21,17	3
15	12,86	1	36	23,57	3
16	13,34	1	37	24,57	4
17	13,63	1	38	41,35	4
18	14,86	1	39	35,28	5
19	17,44	1	40	64,89	5
20	18,03	1	41	62,56	8
21	18,60	1	42	123,49	9

Tabela C.4 Operador Z atividade 2 no nível 0

Observação	Duração (segundos)	Nº de caixas	Observação	Duração (segundos)	Nº de caixas
1	8,99	1	31	34,08	2
2	10,89	1	32	34,25	2
3	11,16	1	33	35,38	2
4	11,49	1	34	37,43	2
5	11,83	1	35	38,49	2
6	12,63	1	36	39,97	2
7	13,13	1	37	45,6	2
8	14,1	1	38	50,91	2
9	14,86	1	39	19,31	3
10	15,78	1	40	21,73	3
11	16,84	1	41	25,74	3
12	16,96	1	42	26,33	3
13	17,33	1	43	26,55	3
14	17,6	1	44	44,48	3
15	18,32	1	45	70,68	3
16	18,81	1	46	36,50	4
17	19,27	1	47	38,44	4
18	19,58	1	48	40,66	4
19	21,22	1	49	41,82	4
20	38,39	1	50	73,80	4
21	67,26	1	51	108,55	4
22	7,33	2	52	29,92	5
23	12,53	2	53	36,27	5
24	13,76	2	54	43,00	5
25	14,2	2	55	77,40	5
26	19,46	2	56	77,13	8
27	20,89	2	57	109,41	8
28	21,3	2	58	67,16	12
29	29,74	2	59	199,61	23
30	32,26	2			

### Atividade 3

Tabela C.5 Operador Y atividade 3 no nível 0

Observação	Duração (segundos)
1	2,16
2	2,52
3	3,01
4	3,01
5	3,08
6	3,21
7	3,25
8	3,33
9	3,38
10	4,60
11	4,74
12	4,89
13	5,27
14	5,44
15	5,74
16	6,14
17	6,82
18	7,46
19	8,42
20	9,30
21	9,39
22	10,85
23	15,14
24	16,86
25	17,03
26	17,53
27	19,41
28	23,44
29	23,57
30	23,66
31	24,66
32	25,65
33	30,72
34	33,79
35	61,73

Tabela C.6 Operador Z atividade 3 no nível 0

Observação	Duração (segundos)	Oservação	Duração (segundos)
1	2,00	28	17,44
2	5,71	29	17,56
3	5,92	30	17,64
4	6,66	31	18,06
5	7,42	32	18,48
6	8,01	33	18,60
7	8,33	34	18,94
8	8,45	35	18,95
9	8,52	36	19,30
10	8,79	37	19,55
11	10,02	38	19,59
12	10,05	39	21,04
13	10,06	40	21,43
14	11,10	41	21,67
15	11,16	42	21,72
16	11,90	43	21,86
17	12,59	44	22,74
18	12,79	45	23,00
19	13,82	46	23,33
20	13,94	47	23,61
21	14,43	48	24,44
22	14,44	49	29,72
23	15,17	50	30,14
24	15,41	51	30,75
25	16,65	52	31,08
26	16,65	53	33,90
27	17,08	54	46,46

## Picking níveis 1, 2 e 3

### Atividade 1

Tabela C.7 Operador Z atividade níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração (segundos)	Nº de racks
1	16,19	6,5
2	12,97	6,5
3	7,22	4,0
4	21,48	9,5
5	17,62	9,5
6	24,31	12,3
7	9,31	6,0
8	4,72	3,0
9	6,23	3,0
10	11,38	6,5
11	11,02	6,5
12	10,07	6,5
13	10,83	6,5
14	9,98	3,5
15	10,26	3,5
16	12,85	6,0
17	11,67	6,0
18	11,16	6,5
19	12,65	7,5
20	12,46	8,0
21	13,90	8,0
22	5,32	3,0
23	4,39	2,5
24	7,84	4,0
25	6,16	3,0
26	9,55	6,0
27	15,68	12,1

Observação	Duração (segundos)	Nº de racks
28	9,66	4,6
29	4,16	2,0
30	11,97	7,1
31	15,21	7,1
32	11,91	7,0
33	13,50	8,0
34	29,28	11,0
35	27,94	11,0
36	22,86	9,1
37	11,21	8,6
38	5,13	1,0
39	10,95	6,0
40	3,63	1,5
41	3,45	0,5
42	2,51	0,5
43	3,47	1,0
44	4,86	2,0
45	10,55	7,5
46	9,99	7,0
47	12,23	6,5
48	14,00	7,1
49	19,53	12,5
50	22,31	11,1
51	12,63	4,1
52	11,14	3,6
53	20,10	3,6

Tabela C.8 Operador X atividade 1 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração	Nº de racks	Observação	Duração	Nº de racks	Observação	Duração	Nº de racks
1	6,12	4,40	36	3,63	2,40	71	3,94	2,00
2	7,24	2,70	37	4,25	2,50	72	6,24	3,00
3	6,72	2,70	38	5,24	2,40	73	8,88	7,50
4	10,23	8,00	39	4,84	2,50	74	7,48	6,10
5	18,20	13,50	40	5,69	4,00	75	12,78	9,50
6	16,25	10,50	41	2,69	1,50	76	6,59	4,50
7	12,45	10,00	42	7,62	6,00	77	11,23	9,00
8	13,43	10,40	43	9,48	8,90	78	11,49	9,50
9	17,02	11,50	44	5,68	2,00	79	11,90	10,50
10	9,62	2,50	45	5,81	5,50	80	15,62	12,00
11	5,30	3,00	46	10,08	6,00	81	16,11	7,50
12	6,15	4,50	47	7,05	5,50	82	10,86	8,50
13	7,93	4,50	48	8,90	6,00	83	10,62	8,00
14	3,40	3,00	49	8,66	6,00	84	10,23	6,50
15	4,91	4,00	50	5,14	3,00	85	10,61	6,50
16	8,32	7,00	51	6,99	5,00	86	2,70	1,50
17	11,80	11,00	52	8,66	7,00	87	3,22	2,00
18	14,98	12,00	53	6,94	6,00	88	7,06	3,00
19	8,04	8,00	54	6,65	6,00	89	7,05	6,00
20	5,97	3,50	55	8,27	7,00	90	12,29	9,50
21	5,23	4,50	56	8,24	6,00	91	10,73	8,00
22	5,57	3,00	57	7,88	6,00	92	5,17	3,00
23	11,05	8,00	58	12,69	9,00	93	15,68	4,70
24	9,34	8,00	59	13,11	9,10	94	7,45	5,00
25	3,72	1,40	60	10,27	8,00	95	7,34	6,00
26	6,99	2,50	61	3,62	3,00	96	8,18	7,00
27	16,83	10,00	62	3,82	2,50	97	6,76	5,00
28	14,73	11,10	63	5,85	4,50	98	4,95	3,50
29	4,46	2,40	64	5,53	4,00	99	10,33	6,00
30	6,96	6,00	65	5,43	4,50	100	9,25	6,00
31	5,91	4,00	66	7,56	6,00	101	4,69	3,00
32	13,14	10,40	67	7,32	6,00	102	3,62	3,00
33	3,94	3,00	68	6,41	4,50	103	4,00	2,50
34	5,45	5,50	69	7,53	6,00	104	9,39	8,50
35	8,59	6,50	70	5,76	4,00	105	9,16	5,50

## Atividade 2

Tabela C.9 Operador Z atividade 2 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração (segundos)
1	10,70
2	4,36
3	31,84
4	32,17
5	26,07
6	46,33
7	26,54
8	24,88
9	26,32
10	31,91
11	28,57
12	38,59
13	28,88
14	45,32
15	40,89
16	61,50
17	27,68
18	123,88
19	16,37
20	22,02
21	31,67
22	36,57
23	31,07
24	48,52
25	15,68
26	31,72
27	51,65
28	67,75
29	25,25
30	33,23
31	29,88
32	26,52
33	21,89
34	27,97
35	27,86
36	31,79
37	25,57
38	25,72

Tabela C.10 Operador X atividade 2 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração (segundos)	Observação	Duração (segundos)	Observação	Duração (segundos)
1	10,56	31	15,30	60	9,30
2	17,30	32	10,47	61	7,55
3	15,08	33	14,39	62	11,76
4	11,32	34	11,55	63	6,90
5	22,88	35	15,10	64	11,12
6	9,02	36	23,92	65	15,00
7	12,17	37	11,85	66	15,28
8	13,06	38	11,81	67	14,69
9	16,36	39	15,23	68	26,00
10	13,70	40	10,07	69	17,33
11	19,50	41	9,61	70	13,61
12	16,19	42	15,56	71	24,76
13	11,56	43	11,48	72	28,34
14	25,06	44	10,40	73	12,11
15	9,79	45	14,02	74	16,28
16	28,58	46	13,67	75	13,66
17	22,56	47	14,01	76	16,36
18	10,61	48	15,87	77	25,57
19	17,86	49	9,57	78	31,34
20	3,11	50	19,43	79	13,35
21	16,76	51	11,82	80	7,80
22	21,54	52	29,43	81	15,30
23	12,23	53	9,34	82	9,38
24	14,93	54	8,46	83	12,45
25	19,28	55	17,43	84	26,94
26	7,16	56	9,26	85	11,82
27	10,98	57	4,96	86	25,03
28	17,32	58	8,56	87	1,95
29	13,34	59	17,72	88	12,65
30	14,19				

### Atividade 3

Tabela C.11 Operador Z atividade 3 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração	Nº de Caixas
1	21,03	1
2	7,66	2
3	135,31	12
4	30,07	3
5	36,59	2
6	17,39	2
7	24,02	5
8	20,89	6
9	18,70	3
10	47,06	4
11	17,06	3
12	22,31	2
13	22,01	2
14	20,93	1
15	171,99	39
16	37,32	2
17	29,26	2
18	25,82	4
19	14,14	2
20	35,89	6
21	23,79	2
22	17,60	2
23	33,90	3
24	111,30	6
25	20,00	5
26	32,05	3
27	45,00	4
28	74,04	10
29	20,03	2
30	41,20	4
31	52,03	5

Tabela C.12 Operador X atividade 3 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração	Nº de Caixas	Observação	Duração	Nº de Caixas
1	6,21	1	23	21,85	3
2	10,72	1	24	22,13	3
3	4,92	1	25	29,42	3
4	5,49	1	26	26,10	3
5	6,18	1	27	14,43	3
6	6,44	1	28	24,20	3
7	6,53	1	29	28,01	3
8	7,66	1	30	23,77	3
9	9,50	1	31	12,32	3
10	12,01	1	32	13,64	4
11	13,71	1	33	15,37	4
12	5,36	1	34	9,92	4
13	11,98	2	35	19,54	4
14	17,08	2	36	20,43	4
15	20,21	2	37	30,44	5
16	20,45	2	38	16,81	5
17	31,36	2	39	20,65	5
18	17,59	2	40	19,71	6
19	6,17	2	41	28,21	7
20	8,36	2	42	28,66	7
21	22,10	2	43	42,97	7
22	9,49	2	44	29,40	10

#### Atividade 4

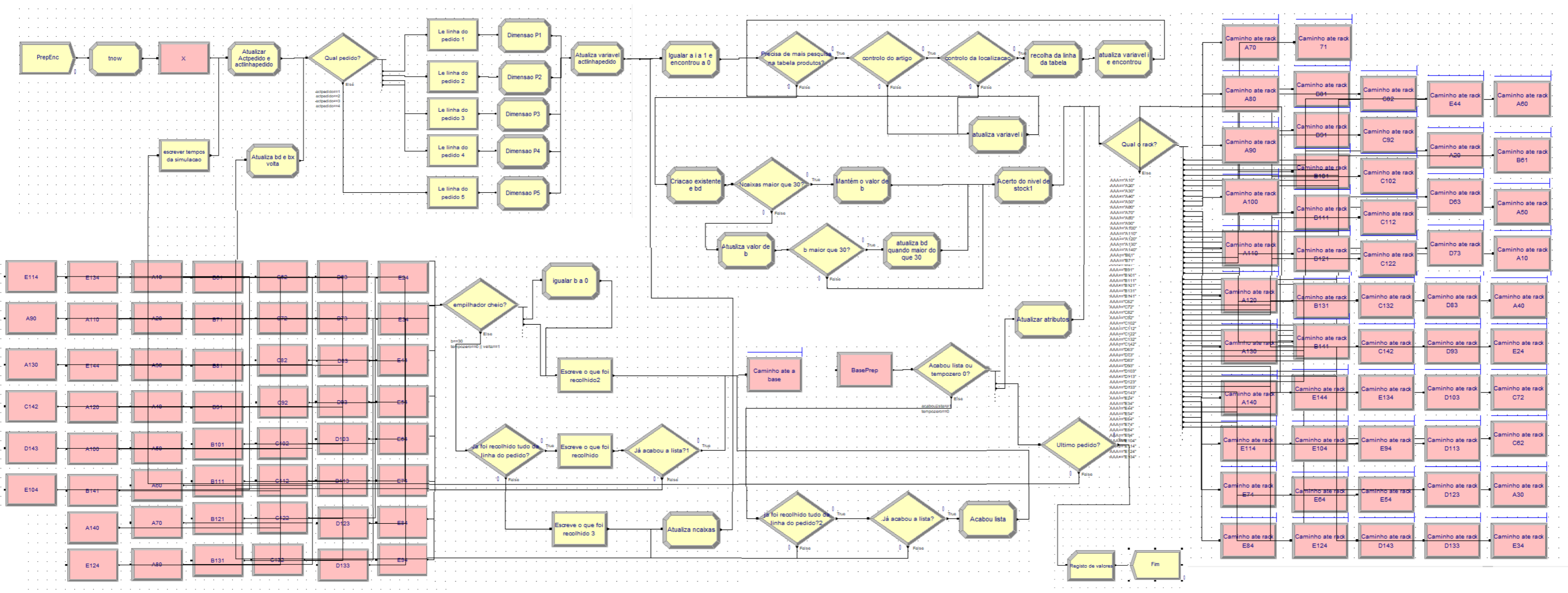
Tabela C.13 Operador Z atividade 4 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração (segundos)
1	23,16
2	62,00
3	17,86
4	27,15
5	20,24
6	90,88
7	22,10
8	18,00
9	20,00
10	28,00
11	29,88
12	8,56
13	18,17
14	16,37
15	90,22
16	14,09
17	12,71
18	39,05
19	38,00
20	31,11
21	112,17
22	73,58
23	20,22
24	70,66
25	15,80
26	32,00
27	70,20
28	22,16
29	95,24
30	31,34
31	25,35
32	9,45

Tabela C.14 Operador X atividade 4 níveis 1, 2 e 3

Observação	Duração (segundos)	Observação	Duração (segundos)
1	9,72	31	6,91
2	10,15	32	9,33
3	11,29	33	10,35
4	12,62	34	11,85
5	12,63	35	13,57
6	14,50	36	20,47
7	14,70	37	10,32
8	16,08	38	17,73
9	16,30	39	28,58
10	19,91	40	11,47
11	25,20	41	15,47
12	8,27	42	17,92
13	7,54	43	24,88
14	11,56	44	22,48
15	12,83	45	85,53
16	13,28	46	21,93
17	15,38	47	23,76
18	19,21	48	10,37
19	24,78	49	12,19
20	15,48	50	12,71
21	60,63	51	13,36
22	8,67	52	14,60
23	12,09	53	17,95
24	14,67	54	19,87
25	15,53	55	24,95
26	16,04	56	26,61
27	16,76	57	49,28
28	16,87	58	18,56
29	23,78	59	12,82
30	27,21	60	85,53

# Anexo D – Modelo arena subsistema 1



# Anexo E - Modelo arena subsistema 2

