NOVA SCHOOL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

DAVID JOSÉ ALMEIDA AMIANO

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA CONTÍNUA NA GESTÃO DA ARMAZENAGEM UTILIZANDO A FILOSOFIA *LEAN*

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
setembro, 2022

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA CONTÍNUA NA GESTÃO DA ARMAZENAGEM UTILIZANDO A FILOSOFIA *LEAN*

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

DAVID JOSÉ ALMEIDA AMIANO
Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Doutor Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz,
Professor Auxiliar Convidado,
Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Susana Carla Vieira Lino Medina Duarte, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

Vogais: Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa;

Doutor Pedro Emanuel Botelho Espadinha da Cruz, Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa.

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa
setembro, 2022

Elaboração de Metodologia para a Implementação da Melhoria Contínua na Gestão da Armazenagem utilizando a Filosofia *Lean*

Copyright © DAVID JOSÉ ALMEIDA AMIANO, 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

A concretização da presente dissertação foi apenas possível graças a todas as pessoas que me apoiaram e acreditaram em mim ao longo de todo este processo.

Inicialmente gostaria de agradecer ao professor Doutor Pedro Espadinha da Cruz por toda a disponibilidade para esclarecer quaisquer dúvidas que surgissem ao longo do processo e por toda a orientação que me deu e que foi fundamental para o desenvolvimento da dissertação.

Devo também um enorme agradecimento a toda a equipa do centro logístico, em particular ao Eng. Rui Quintelas por todo o conhecimento que me transmitiu e por ter sido absolutamente incansável no apoio que me prestou.

Para a minha família reservo também um especial agradecimento, em particular ao meu irmão que apesar dos largos quilómetros que nos separam, nunca deixou de estar presente.

Queria também agradecer aos meus amigos André, Pedro, Mariana Capítulo, Mariana Calder e Mariana Sousa por estarem sempre lá por mais que passem os anos.

Para as melhores colegas de curso, Inês, Joana e Madalena, segue também um agradecimento especial por toda a ajuda que sempre me disponibilizaram ao longo dos últimos cinco anos.

RESUMO

O mundo empresarial do século XXI destaca-se pela sua elevada competitividade, sendo que, para as empresas resistirem perante este contexto é imperativo que maximizem a eficiência dos seus processos. Com este paradigma a utilização da filosofia *Lean* nas etapas mais críticas da cadeia de abastecimento, como é o caso da armazenagem, é essencial para as empresas eliminarem os seus desperdícios. Devido a esta importância, nos últimos anos tem-se verificado um aumento da literatura associada à aplicação da filosofia *Lean* na armazenagem. No entanto, devido às características únicas de cada armazém, existem sempre novas oportunidades para expandir o conhecimento já existente.

O principal objetivo da presente dissertação baseia-se na criação de uma metodologia de melhoria contínua aplicada a um contexto de um espaço de armazenagem. Para tal, é efetuada uma revisão de literatura dos conceitos fundamentais sobre a gestão de armazéns e a filosofia *Lean*, complementada pela aplicação da metodologia proposta através de um estudo de caso realizado num centro logístico no distrito de Lisboa, de modo a proceder à sua validação.

A metodologia proposta aborda a identificação e concretização de oportunidades de melhoria através da implementação da filosofia *Lean* tendo como base as etapas do ciclo PDCA. Assim, esta inicia-se pela identificação de oportunidades de melhoria, seguindo-se da implementação de soluções, e terminando com a verificação e padronização das soluções implementadas.

Na realização do estudo de caso foram seguidas as linhas orientadoras da metodologia. Assim, foram identificadas as oportunidades de melhoria, seguidas da definição de três propostas de melhoria que deveriam ser implementadas: a redefinição de uma segmentação efetuada, a criação de uma ferramenta que permite acompanhar a rotatividade do *stock* e a redução da altura de determinadas localizações. Devido aos constrangimentos existentes a redefinição só poderá ser avaliada numa iniciativa posterior. Por outro lado, a ferramenta que permite analisar a rotatividade do *stock* foi implementada com sucesso, permitindo à equipa de gestão obter uma visão em relação ao *stock* com maior e menor rotatividade, alertando também, no imediato, para a existência de um número mais elevado de *slow* e *non-movers* do que aquele que era expectável. Por fim, a redução da altura de determinadas localizações

foi simulada garantindo que esta mudança se traduziria em ganhos equivalentes a cerca de 1,7% do espaço de armazenagem.

Palavras-chave: Filosofia *Lean*, Armazenagem, Ciclo PDCA

ABSTRACT

The business world of the 21st century stands out for its high competitiveness, and for companies to withstand this context it is imperative that they maximise the efficiency of their processes. With this paradigm, the use of the Lean philosophy in the most critical stages of the supply chain, as is the case of storage, is essential for companies to eliminate waste. Due to this importance, in recent years there has been an increase in the literature associated with the application of Lean philosophy in warehousing. However, due to the unique characteristics of each warehouse, there are always new opportunities to expand the existing knowledge.

The main objective of this dissertation is based on the creation of a continuous improvement methodology applied to a warehouse context. To this end, a literature review of fundamental concepts about warehouse management and Lean philosophy is carried out, complemented by the application of the proposed methodology through a case study carried out in a logistics centre in the Lisbon district, in order to proceed to its validation.

The proposed methodology approaches the identification and realisation of improvement opportunities through the implementation of the Lean Philosophy based on the steps of the PDCA cycle. So, it starts by the identification of improvement opportunities, followed by the implementation of solutions, and finishing with the verification and standardisation of the implemented solutions.

In the realization of the case study, the methodology guidelines were followed. Thus, improvement opportunities were identified, followed by the definition of three improvement proposals that should be implemented: the redefinition of an existing segmentation, the creation of a tool to follow the stock rotation and the reduction of the height of certain locations. Due to the existing constraints, the redefinition can only be assessed in a later initiative. On the other hand, the tool that allows the analysis of stock turnover was successfully implemented, allowing the management team to have a vision regarding the stock with higher and lower turnover, alerting also, immediately, to the existence of a higher number of slow and non-movers than expected. Finally, the reduction in height of certain locations was simulated, guaranteeing that this change would result in gains equivalent to approximately 1.7% of storage space.

Keywords: *Lean* Philosophy, Storage, PDCA Cycle

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA 1
1.2. OBJETIVOS 2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA 5

2.1. LOGÍSTICA 5
2.1.1. Armazém 6
2.2. FILOSOFIA *LEAN* 10
2.2.1. Origem e definição do Lean 10
2.2.2. Princípios do Lean 100
2.2.3. Tipos de desperdício 11
2.2.4. Ferramentas e implementação Lean 12
2.2.5. Lean Warehousing 13
2.3. CICLO PDCA 15
2.3.1. Ciclo PDCA na gestão de armazéns 16

3. METODOLOGIA PROPOSTA 19

3.1. METODOLOGIA 19
3.1.1. Etapa Plan 20
3.1.2. Etapa Do 24
3.1.3. Etapas Check e Act 24
3.2. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NUM ESTUDO DE CASO 24

4. ESTUDO DE CASO 27

4.1. O CENTRO LOGÍSTICO 27
4.1.1. Caracterização do espaço de armazenamento 27
4.1.2. Gestão de stock no centro logístico 28
4.2. RESULTADOS 30
4.2.1. Contextualização do estudo de caso 30
4.2.2. Aplicação da metodologia 31

5. CONCLUSÃO 53
5.1. CONCLUSÕES GERAIS 53
5.2. RECOMENDAÇÕES FUTURAS 55
BIBLIOGRAFIA 57
ANEXOS 65
ANEXO A: EVOLUÇÃO DOS VOLUMES EXISTENTES EM ARMAZÉM 65
ANEXO B: TABELAS DE FREQUÊNCIAS 69
ANEXO C: DIAGRAMAS DE PARETO 81
ANEXO D: *LAYOUT* DO ESPAÇO DE ARMAZENAGEM 85
ANEXO E: RESULTADOS REFERENTES AO MÊS DE ABRIL DE 2022 87
ANEXO F: MANUAL DE ATUALIZAÇÃO DE FERRAMENTA DE ANÁLISE DE ROTAÇÃO 89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 2
FIGURA 2.1 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DOS PROCESSOS GERAIS EXISTENTES EM ARMAZÉNS 8
FIGURA 2.2 - CICLO PDCA 16
FIGURA 3.1 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS ETAPAS E FASES DA METODOLOGIA PROPOSTA 20
FIGURA 4.1 - FLUXOGRAMA ILUSTRATIVO DA ESTRUTURA UTILIZADA 30
FIGURA 4.2 - FLUXOGRAMA REFERENTE AO PROCESSO DE COMPACTAÇÕES 32
FIGURA 4.3 - FLUXOGRAMA REFERENTE AO PROCESSO DE *PICKING* 33
FIGURA 4.4 - EVOLUÇÃO DO VOLUME OCUPADO EM FUNÇÃO DA CAPACIDADE DO CENTRO LOGÍSTICO 34
FIGURA 4.5 - DIAGRAMA DE PARETO DAS CATEGORIAS DE NEGÓCIO 36
FIGURA 4.6 - IMAGEM ILUSTRATIVA DO SUBAPROVEITAMENTO DAS LOCALIZAÇÕES EM ALTURA 39
FIGURA 4.7 - DIAGRAMA EM ÁRVORE RELATIVO AO PROBLEMA 1. E 3. 40
FIGURA 4.8 - DIAGRAMA EM ÁRVORE RELATIVO AO PROBLEMA 2. 41
FIGURA 4.9 - DIAGRAMA EM ÁRVORE RELATIVO AO PROBLEMA 4. 41
FIGURA 4.10 - AJUSTE EFETUADO PARA TESTAR A EXEQUIBILIDADE DA REDUÇÃO DA ALTURA 43
FIGURA 4.11 - IMAGEM ILUSTRATIVA DA INTERFACE DO MODELO 46
FIGURA 4.12 - GRÁFICO QUE REPRESENTA O VOLUME DE *NON-MOVERS* EM RELAÇÃO AO TOTAL POR ÁREA DE NEGÓCIO 49
FIGURA 4.13 - GRÁFICO CIRCULAR QUE REPRESENTA O VOLUME DE *NON-MOVERS* EM RELAÇÃO AO TOTAL NA ÁREA DE NEGÓCIO (9) 49
FIGURA C.1 - DIAGRAMA DE PARETO DA CATEGORIA (S) 81
FIGURA C.2 - DIAGRAMA DE PARETO DA CATEGORIA (G) 82
FIGURA C.3 - DIAGRAMA DE PARETO DA CATEGORIA (U) 83
FIGURA C.4 - DIAGRAMA DE PARETO DA CATEGORIA (P) 84
FIGURA D.1 - LAYOUT DO ESPAÇO DE ARMAZENAGEM COM GANHO DE LOCALIZAÇÕES REALÇADO 85

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - KPI UTILIZADOS PARA MEDIR DESEMPENHO DE ARMAZÉM 11
TABELA 3.1 - DESCRIÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES DA MATRIZ GUT 22
TABELA 4.1 - MATRIZ GUT REALIZADA AOS PROBLEMAS IDENTIFICADOS 39
TABELA 4.2 - ALTURAS DAS PALETES ANALISADAS 40
TABELA 4.3 - PLANO DE AÇÃO SEGUIDO NA PRESENTE INICIATIVA 43
TABELA 4.4 - CARACTERÍSTICAS E VOLUMETRIA DAS REFERÊNCIAS ANALISADAS 44
TABELA 4.5 - RESULTADOS OBTIDOS PARA CADA UM DOS CENÁRIOS 45
TABELA 4.6 - SISTEMATIZAÇÃO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS CENÁRIOS SIMULADOS 48
TABELA A.1 - EVOLUÇÃO DO VOLUME EM LOCALIZAÇÕES STANDARD POR TIPO DE POSIÇÃO 65
TABELA A.2 - EVOLUÇÃO DO VOLUME EM LOCALIZAÇÕES STANDARD OCUPADO POR DEPÓSITO 66
TABELA A.3 - EVOLUÇÃO DO VOLUME EM LOCALIZAÇÕES STANDARD POR ÁREA E CATEGORIA DE NEGÓCIO 66
TABELA A.4 - EVOLUÇÃO DO VOLUME EM LOCALIZAÇÕES STANDARD POR TIPO DE VOLUMETRIA DAS LOCALIZAÇÕES 67
TABELA B.1 - TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO VOLUME OCUPADO POR CATEGORIA DE NEGÓCIO 69
TABELA B.2 - TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO VOLUME OCUPADO PELA CATEGORIA (S) 70
TABELA B.3 - TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO VOLUME OCUPADO PELA CATEGORIA (G) 72
TABELA B.4 - TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO VOLUME OCUPADO PELA CATEGORIA (U) 78
TABELA B.5 - TABELA DE FREQUÊNCIAS RELATIVA AO VOLUME OCUPADO PELA CATEGORIA (P) 79
TABELA E.1 - RESUMO DOS RESULTADOS REFERENTES AO MÊS DE ABRIL DE 2022 87

ACRÓNIMOS E SIGLAS

ABR - Abril

ABS - Absoluta

AC - Acumulada

AGO - Agosto

DEZ - Dezembro

DMAIC - Define, Measure, Analyze, Improve and Control

FEV - Fevereiro

FIFO - First In First Out

GUT - Gravidade, Urgência, Tendência

IT - Information Technology

JAN - Janeiro

JUL - Julho

JUN - Junho

KPI - Key Performance Indicators

LS - Localizações Standard

M - Movers

MAI - Maio

MAR - Março

MRP - Material Requirements Planning

NM - Non-movers

NOV - Novembro

OC - Ocupada

OUT - Outubro

PDA - Personal Digital Assistant

PDCA - Plan, Do, Check and Act

QTD - Quantidade

SET - Setembro

TP - Tipo de Posição

UNI - Unidades

WIP - Work in progress

1. INTRODUÇÃO

O capítulo inicial efetua uma apresentação geral da dissertação, começando por apresentar uma contextualização dos temas que são abordados, seguido dos objetivos que devem ser atingidos e conclui com a definição da estrutura utilizada.

1.1. Contextualização do problema

O mercado empresarial global tem vindo a sofrer mudanças profundas e repentinas durante os últimos anos. Este tornou-se cada vez mais complexo, obrigando as empresas a operarem da forma mais eficiente possível de modo a aumentar a sua margem de lucro e tornarem-se assim cada vez mais competitivas (Martins et al., 2020).

Devido a este fator, nos últimos anos, a gestão de armazéns tem ganho uma importância cada vez maior (Bartholdi & Hackman, 2019). O desempenho da cadeia de abastecimento é diretamente influenciado pelos armazéns e, para maximizar este desempenho, deve existir uma estratégia de gestão de armazéns que tenha em consideração a sua capacidade, organização e os processos seguidos pelos operadores (Martins et al., 2020).

O objetivo principal de um armazém consiste na gestão do movimento e na armazenagem de um bem da forma mais eficiente, enquanto permite também alguma flexibilidade na gestão dos restantes recursos (Roos et al., 2014). Assim, para aumentar a vantagem competitiva de uma empresa é necessário identificar ferramentas de melhoria contínua que indiquem os problemas críticos relacionados com os *stocks* e que facilitem a procura por novas soluções (van der Aalst, 2011).

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que derivou de observações de metodologias aplicadas pela indústria japonesa durante a década de 1950 (Ketchanchai et al., 2021).

A filosofia *Lean* demonstrou ser bastante efetiva no que diz respeito a eliminar atividades que não acrescentam valor, especialmente quando aplicada à gestão de armazéns. A aplicação desta metodologia leva a melhorias consideráveis nos armazéns e na cadeia de valor através da redução do *lead time* para os clientes e da redução de *stock* (Melton, 2005).

Os métodos que envolvem a aplicação da melhoria contínua permitem que a empresa diminua os seus custos e aumente a sua vantagem competitiva. Deste modo, a melhoria contínua irá contribuir para aumentar a produtividade nas empresas (Martins et al., 2020).

1.2. Objetivos

Tendo em atenção a importância de melhorar os processos de uma peça fulcral nas cadeias de abastecimento que são os armazéns, a presente dissertação pretende implementar a filosofia *Lean* no contexto da ocupação de um centro logístico e quantificar os resultados obtidos. Como tal, é pretendido que a questão de investigação "Como melhorar a gestão de armazéns usando a filosofia *Lean*?" seja respondida.

Assim, foram definidos os seguintes objetivos a atingir para responder com sucesso à questão de investigação:

- Efetuar uma revisão da literatura detalhada sobre o tema, com foco na gestão de armazéns e na aplicação da filosofia *Lean*.
- Delinear uma metodologia de melhoria contínua aplicada a um contexto de um espaço de armazenagem, devendo existir um foco em:
- Caracterizar a situação atual do espaço, para obter uma sólida variedade de informação que permita identificar facilmente as oportunidades de melhoria existentes;
- Identificar soluções para os problemas constatados.

1.3. Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação encontra-se representada esquematicamente na figura 1.1.

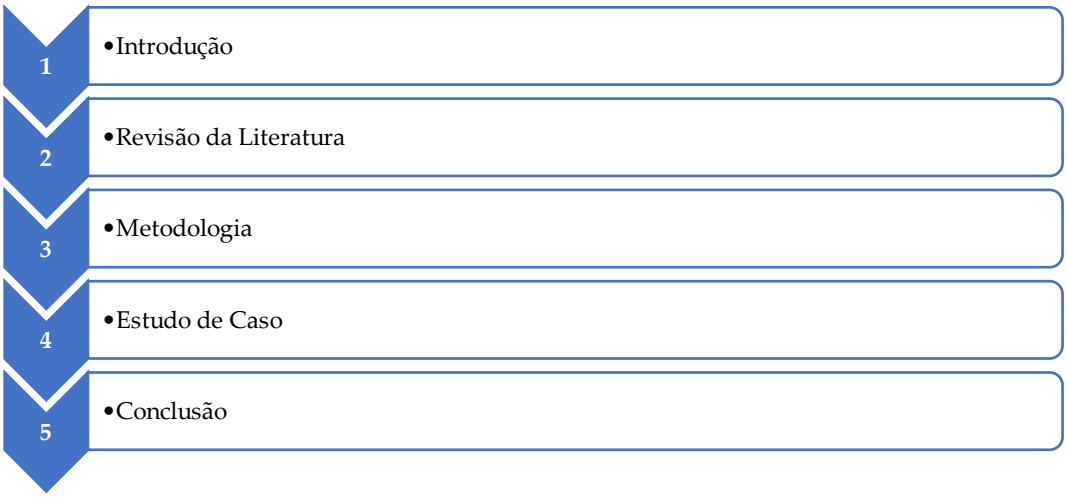


Figura 1.1 - Estrutura da dissertação

O capítulo 1 tem como principal função realizar uma pequena introdução aos temas abordados na presente dissertação, bem como expor os objetivos que se pretendem atingir e indicar a estrutura utilizada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura relativa aos temas abordados na dissertação. Este encontra-se dividido em três subcapítulos de forma que a informação seja assimilada de uma forma mais fácil e estruturada.

O capítulo 3 compreende a formulação da metodologia utilizada para ser posteriormente aplicada diretamente num estudo de caso.

No capítulo 4 a metodologia criada no capítulo anterior é colocada em prática através da realização de um estudo de caso. Este capítulo aborda numa fase inicial conceitos inerentes ao local onde o estudo de caso foi efetuado, de modo a providenciar uma melhor compreensão de todas as designações utilizadas posteriormente na descrição da aplicação prática.

Por fim, o capítulo 5 dá por concluída a dissertação ao apresentar de forma breve os principais resultados obtidos na mesma, bem como recomendações para futuros trabalhos na área.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é efetuada uma análise à literatura existente relacionada com os diferentes temas abordados na presente dissertação. Assim são abordados três temas com maior relevância para a compreensão dos capítulos posteriormente apresentados.

Inicialmente será apresentada a área da logística, com um foco particular na caracterização de armazéns.

De seguida serão abordados alguns conceitos relacionados com a filosofia *Lean*, começando pela sua origem e principais características, seguido da sua combinação com o Seis Sigma e terminando com a introdução do conceito de *Lean Warehousing*.

Por último será abordado o Ciclo PDCA e a forma como este pode ser aplicado aos desafios associados à gestão da armazenagem.

2.1. Logística

A logística é uma área que conecta diferentes operações e intervenientes dentro de uma cadeia de abastecimento e determina grande parte da eficácia global da empresa e da eficiência na gestão dos seus recursos (Qaiser et al., 2017).

A eficácia e sustentabilidade de um sistema logístico pode determinar, a longo prazo, a competitividade e o sucesso de uma empresa. Assim, são investigados novos métodos, tanto por académicos como por profissionais industriais, para melhorar a sustentabilidade económica, ambiental e social das atividades logísticas (Sun et al., 2022). Um bom planeamento logístico é crucial para uma empresa se destacar dos seus competidores, sendo que a implementação de processos com elevados níveis de eficiência permite que a empresa ofereça um melhor nível de serviço aos seus clientes sem necessitar de investir mais capital em novas tecnologias ou em mais recursos humanos (Abrahamsson & Rehme, 2010).

A gestão de um sistema logístico envolve várias atividades diferentes, tais como, a gestão de serviços de informação e transporte, a gestão de inventários e a armazenagem (Murphy & Poist, 2003).

2.1.1. Armazém

O armazém é definido como o local utilizado por uma organização para armazenar mercadorias, tanto matérias-primas que serão, posteriormente, processadas, como produtos acabados que se encontram prontos para serem comercializados (Gozali et al., 2020).

O armazém permite gerir inventários, regular a oferta e a procura, satisfazer os requisitos internos e externos das empresas e permite ainda que as empresas possam otimizar os seus custos de transporte (Oey & Nofrimurti, 2017). Adicionalmente, o armazém pode também servir outras operações de valor acrescentado, tais como serviços de produção, reciclagem, reparação ou gestão de devoluções (Coyle, 2013).

Os armazéns são essenciais para uma grande parte das organizações existentes, visto que promovem a utilidade de certos bens ao aumentar o tempo em que estes estão disponíveis para os potenciais clientes (Ramanathan, 2006). Em termos operacionais, um armazém pode ser muito mais do que um local para armazenar bens e deve constituir uma vantagem competitiva para a empresa (Farahani, 2011).

No contexto empresarial atual, os armazéns desempenham um papel vital na cadeia de abastecimento, sendo que uma melhoria da eficiência operacional e da produtividade dos armazéns é crucial para os profissionais e gestores industriais da cadeia de abastecimento (Edis et al., 2022). Assim, a eficiência de um armazém deve ser maximizada através do aumento da sua produtividade, da minimização da utilização de espaço e da redução de custos, o que deverá resultar num aumento da satisfação do cliente final (Edis et al., 2022).

Os maiores desafios que têm surgido nos últimos anos na área da gestão de armazéns estão diretamente relacionados com a obtenção de uma maior flexibilidade às variações da procura dos produtos armazenados, com a melhoria da visibilidade do inventário existente num determinado momento e com a otimização das operações dos centros logísticos e aumento da eficiência dos seus processos (Buonamico et al., 2017).

2.1.1.1. Tipos de armazém

Existem na literatura múltiplas formas distintas para agrupar em categorias os diferentes tipos de armazém existentes.

Em Ghiani et al. (2004) os armazéns são classificados de diversas formas. A primeira distinção efetuada é entre armazéns de produção e centros de distribuição. Seguidamente, é afirmado que os armazéns podem também ser agrupados tendo em conta os seus papéis na cadeia de abastecimento, dividindo-se em: armazéns de matérias-primas, armazéns de WIP, armazéns de produtos acabados, armazéns de distribuição, entre outros. Por fim, foi também efetuada uma categorização baseada na propriedade do armazém, nomeadamente fazendo a distinção entre: armazém próprio, público e alugado.

Em Berg & Zijm (1999) a divisão é feita em três tipos distintos: armazéns de distribuição, que são o local onde os produtos são recolhidos aos fornecedores e distribuídos aos clientes; armazéns de produção, que são o local utilizado para armazenar matérias-primas e produtos

acabados; e armazéns por contrato, que consistem numa instalação que realiza operações de armazenagem em nome de um ou mais clientes. Os mesmos autores efetuam também outro tipo de categorização baseada no nível de automatização, dividindo os armazéns em três classes distintas: armazéns com sistema manual, que consistem em armazéns onde um operador se desloca autonomamente ou através de um veículo ao longo das localizações onde necessita de efetuar o *picking*; armazéns com sistema automatizado, onde o operador ocupa uma posição fixa, enquanto o armazém transporta automaticamente o produto; armazéns com sistema automático onde as operações de recolha são realizadas por máquinas sem a necessidade de qualquer operador.

2.1.1.2. *Layout* de armazém

Existem dois tipos principais de *layout* de armazém, um deles privilegia um fluxo direcionado enquanto o outro privilegia o chamado fluxo em U (Carvalho, 2002).

Os autores que escrevem sobre a matéria estão longe de obter um consenso quanto à melhor forma de armazenamento. Pode-se referir, apenas, que ambos os *layouts* apresentam diferentes características, sendo que se salientam as seguintes vantagens (Carvalho, 2002):

Para armazéns de fluxo direcionado:

- Redução considerável do tempo de deslocação;
- Diminuição drástica dos congestionamentos internos e externos;
- Adaptação mais fácil à prática do *cross-docking*;
- Adaptação mais fácil a instalações fabris (linhas de produção).

Para armazéns de fluxo em U:

- Redução da distância média de viagem;
- Redução do espaço necessário para receção/expedição, uma vez que é conjunto às duas situações;
- Utilização mais adequada do equipamento (menor número de viagens sem carga);
- Organização mais fácil de zonas de armazenamento com base no volume movimentado.

2.1.1.3. Gestão da armazenagem

A gestão de armazém tem um papel importante no panorama da gestão logística, visto que um bom sistema de armazenamento tem o potencial de acelerar o fluxo de materiais, reduzir custos e assegurar o normal funcionamento de serviços (Xu & Liang, 2017).

Nos casos em que a rede de distribuição tem mais do que um armazém a gestão operacional de todos eles é essencial para a existência de uma estratégia eficaz de transporte rodoviário para o mercado, não só considerando os armazéns pertencentes à própria organização, mas também aqueles que lhe são alheios (Oey & Nofrimurti, 2017).

2.1.1.4. Processos de armazém

Os armazéns existentes atualmente, embora todos eles sejam diferentes devido às suas características físicas e às necessidades que procuram assegurar, muitas vezes partilham o

mesmo padrão geral de fluxo de material (Bartholdi & Hackman, 2019). Assim, há quatro atividades principais que caracterizam geralmente este fluxo, nomeadamente a receção, a armazenagem, o *picking* e a expedição, representados na figura 2.1.

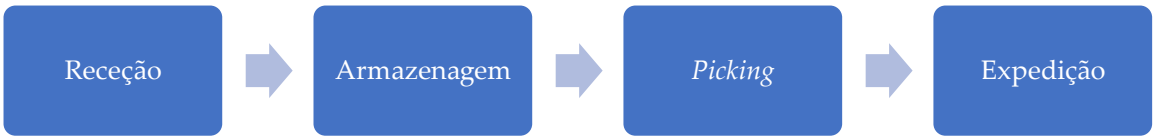


Figura 2.1 - Esquema representativo dos processos gerais existentes em armazéns

A receção abrange as atividades relacionadas com a chegada ordenada de todos os materiais sendo o seu limite delineado pelo ato de colocar os artigos no armazém (Buonamico et al., 2017).

A armazenagem consiste na manutenção organizada dos materiais enquanto se aguarda que estes sejam solicitados para a fase seguinte (Buonamico et al., 2017).

O *picking* refere-se ao processo de recolha de materiais armazenados para satisfazer uma encomenda específica (Buonamico et al., 2017).

A expedição dá por terminado o tempo de permanência dos materiais em armazém e consiste no controlo e preparação de encomendas que deverão ser carregadas no tipo de transporte a utilizar à saída do armazém (Buonamico et al., 2017).

2.1.1.5. Armazenagem

Pela importância atribuída a esta etapa nos capítulos posteriores da presente dissertação, a revisão de literatura desta será detalhada.

A armazenagem é uma das operações mais importantes efetuadas no armazém e divide-se em três subfunções (Gu et al., 2007):

1. Atribuição de materiais ao departamento;
2. Atribuição de materiais entre zonas;
3. Atribuição de local de armazenamento.

As duas primeiras subfunções incorporam na sua maioria decisões que dizem respeito ao *layout* e às limitações físicas dos armazéns (Gu et al., 2007).

A atribuição de locais de armazenamento, por outro lado, é uma decisão operacional e tem como objetivo atribuir os materiais recebidos aos locais correspondentes onde devem ser armazenados, considerando a utilização do espaço e os custos de manipulação. Os principais elementos envolvidos na atribuição de locais de armazenamento são os seguintes (Gu et al., 2007):

- Especificações da área do armazém;
    - *Layout*;
    - Propriedades físicas;
- Áreas de armazenamento;
    - Dimensões físicas;

    - Capacidade;
- Artigos a armazenar;
    - Dimensões físicas;
    - Horas de chegada;
    - Quantidade.

2.1.1.5.1. Tipos de armazenagem

Existem diversas estratégias de armazenagem de *stocks*. As estratégias principais presentes na literatura incluem a armazenagem aleatória, a armazenagem dedicada e a armazenagem baseada na classe (Gu et al., 2007).

Na política aleatória, também denominada de método de armazenamento de lote flutuante, qualquer artigo pode ser atribuído a qualquer local de armazenagem, ou seja, o artigo não tem uma localização pré-definida (Gozali et al., 2020). Os armazéns que implementam a estratégia de armazenamento aleatório são denominados armazéns caóticos (Quintanilla et al., 2015). A principal vantagem associada a esta estratégia de armazenamento está relacionada com uma utilização mais uniforme do espaço de armazenagem, no entanto a utilização desta estratégia pode também resultar em longas rotas para as equipas de *picking* e em dificuldades para saber onde está um dado produto num determinado momento (Guerriero et al., 2015).

Na estratégia de armazenamento dedicado, também chamada de método de armazenamento de lote fixo, ao contrário da estratégia apresentada no parágrafo anterior, cada produto é atribuído a um local pré-determinado associado à sua classificação (Edis et al., 2022).

A estratégia de armazenagem por classe consiste numa junção das regras do armazenamento dedicado e do armazenamento aleatório. Nesta estratégia os produtos são inicialmente categorizados em classes, tendo em conta a rotatividade esperada de cada produto, e seguidamente estas classes são atribuídas a áreas pré-determinadas. A localização de cada classe encontra-se bem definida, enquanto a localização dos artigos dentro de cada classe é aleatória (Reyes et al., 2019).

As políticas de armazenamento partilhado que utilizam uma combinação das políticas de armazenamento acima referidas podem também proporcionar uma melhor utilização do espaço (Muppani (Muppant) & Adil, 2008).

2.1.1.6. Avaliação de armazém

A medição e a previsão do desempenho da cadeia de abastecimento têm uma relevância cada vez maior, uma vez que o armazenamento constitui uma componente essencial das operações logísticas, contribuindo para a rapidez e, consequentemente, para o lucro final obtido graças à existência de uma cadeia de abastecimento mais eficiente (Islam et al., 2021). Assim, todos os sistemas de armazenamento necessitam de ser avaliados constantemente em relação ao seu desempenho. Deste modo, é essencial conceber um conjunto de indicadores que permitam obter uma representação global do armazém (Tangen, 2004).

Os *Key Performance Indicators* (KPI) são indicadores quantificáveis que refletem o desempenho de uma dada organização em avaliação durante a prospeção de objetivos. Os KPI são essenciais para que os gestores verifiquem se a performance realizada está de acordo com as expectativas ou se, por outro lado, esta se encontra aquém do esperado e deve sofrer alterações. O conjunto certo de indicadores irá potenciar o desempenho e destacar de forma imediata quais as áreas que mais necessitam de sofrer alterações (Faveto et al., 2021).

Os KPI permitem às organizações ter um ponto de referência para o seu desempenho e ajudam a identificar as áreas que mais podem estar a afetar os custos e a satisfação do cliente final (Faveto et al., 2021).

Dependendo dos processos em análise, existem inúmeros KPI que podem ser utilizados. Em Faveto et al. (2021) são utilizados os KPI apresentados na tabela 2.1 para medir o desempenho de um armazém.

2.2. Filosofia *Lean*

Ao longo das últimas décadas várias empresas de diferentes países e de diversas áreas industriais começaram a introduzir na sua operação práticas *Lean*. A filosofia *Lean* tem gerado importantes benefícios, sendo um elemento fulcral para o sucesso de muitas organizações (Melton, 2005).

2.2.1. Origem e definição do *Lean*

O *Lean* é uma filosofia originária do Japão, mais precisamente da fábrica da Toyota e surgiu durante a década de 1940. Taiichi Ohno, considerado o principal responsável pelo Sistema de Produção da Toyota, através da implementação desta filosofia, criou na fábrica um fluxo contínuo que não dependia de longos períodos de produção para ser eficiente. Esta ideologia baseava-se no reconhecimento de que apenas uma pequena parte do tempo para processar tinha efetivamente valor acrescentado para o cliente final. Na altura em que este tipo de pensamento surgiu, este era claramente o oposto do que existia no mundo ocidental à data, onde a utilização do *Material Requirements Planning* (MRP) e sistemas computadorizados complexos estava a desenvolver-se em simultâneo com as filosofias de produção em massa originalmente desenvolvidas por Henry Ford no início do século XX (Melton, 2005).

2.2.2. Princípios do *Lean*

O *Lean* procura identificar os desperdícios existentes nas empresas e eliminá-los, seguindo a aplicação de cinco princípios: o primeiro consiste em definir claramente tudo aquilo que cria valor acrescentado para o cliente e eliminar o que não é necessário, o segundo está relacionado com o mapeamento da cadeia de valor, o terceiro envolve a maximização da capacidade dos fluxos de produção, o quarto define que o fluxo de produtos deve ser "puxado" apenas através das necessidades dos clientes e o quinto consiste em procurar alcançar a perfeição através da prática da melhoria contínua (Martins et al., 2020).

Tabela 2.1 - KPI utilizados para medir desempenho de armazém

(Adaptado de (Faveto et al., 2021))

KPI	Unidade
Rendimento	LU/min
Área ocupada	m^2
Recetividade	LU
Flexibilidade da capacidade	-
Distância percorrida	m
Utilização de recursos	%
Ocupação das estantes	%
WIP crítico	LU
Colisão de máquinas	l/hora
Espaço desocupado	%
Capacidade dos veículos	LU
Rotação de *stock*	Dias
Material mal colocado	%
Seletividade	%
Precisão do posicionamento	%
Número de falhas	l/ano
Taxa de congestionamento	LU/min
Utilização máxima	%
Ordens não processadas	%
Precisão do *picking*	%
Balanço do *stock*	-
Armazém/exposição	%

2.2.3. Tipos de desperdício

A maior parte da implementação *Lean* concentra-se tipicamente na redução de desperdícios, pois considera-se que estes não acrescentam qualquer valor à organização (Oey & Nofrimurti, 2017).

Uma das normas básicas pelas quais o *Lean* se rege está relacionada com a eliminação dos 3M: *muda*, *mura*, e *muri*, cujo significado é, respetivamente, desperdício, variabilidade e sobrecarga (Oey & Nofrimurti, 2017).

De acordo com os princípios da gestão *Lean*, existem oito tipos de *muda*: transporte, inventário, movimento, espera, sobreprodução, sobreprocessamento, defeitos e subaproveitamento dos recursos humanos (Begam et al., 2013).

- O transporte é considerado na medida em que apesar de ser considerada uma atividade muitas vezes fundamental, não traz valor acrescentado ao produto (Buonamico et al., 2017).

- O inventário consiste na existência de um *stock* na cadeia entre fornecedores, fabricantes e clientes, e é necessário para compensar os problemas que podem surgir ao longo da cadeia de abastecimento (Buonamico et al., 2017).
- O desperdício de movimento é qualquer movimento que não acrescente valor para o produto, por exemplo, as deslocações que os operadores têm de efetuar na fábrica (Buonamico et al., 2017).
- O quarto desperdício é o tempo gasto sempre que existe um tempo de espera de algo necessário para completar uma tarefa. Nos armazéns e centros de distribuição, os produtos armazenados estão sistematicamente à espera entre as várias fases do processo (Buonamico et al., 2017).
- A sobreprodução é o ato de fabrico ou de tratamento de algo sem ser estritamente necessário e requisitado pelos clientes. Isto resulta na acumulação de maiores inventários e maiores custos associados ao armazenamento de *stock*. No armazém, a sobreprodução pode ser, por exemplo, preparar uma encomenda mais cedo do que é necessário (Buonamico et al., 2017).
- O sobreprocessamento acontece quando é delegado demasiado tempo ou esforço para fazer algo que não tem valor acrescentado para o cliente. Este pode incluir a utilização de equipamento mais caro ou preciso do que aquele que é estritamente necessário para realizar a operação (Buonamico et al., 2017).
- Defeitos são, por si só, um desperdício, mas também o são porque por vezes criam a necessidade de reparar um dado material (Buonamico et al., 2017).
- O último desperdício é a utilização indevida dos trabalhadores em tarefas que ficam aquém daquelas que podem realizar em termos de valor acrescentado para o produto (Buonamico et al., 2017).

2.2.4. Ferramentas e implementação *Lean*

Várias ferramentas *Lean* foram estabelecidas no passado, com o objetivo de obter uma melhoria contínua dos processos através do aumento da produtividade, redução de custos, ou ambos (Oey & Nofrimurti, 2017).

Em geral, as ferramentas *Lean* podem ser classificadas de acordo com as seguintes categorias, complementadas com os respetivos exemplos (Aljunaidi & Ankrak, 2014):

- ferramentas de visualização;
  - 5S e *Pokayoke*;
- ferramentas *just-in-time*;
  - *Kanban* e *Andon*;
- ferramentas de melhoria do processo;
  - *Value stream mapping* e *Kaizen*;
- ferramentas de automação;
  - *Jidoka*;
- ferramentas de nivelamento da produção;

- *Heijunka*.

No entanto, para iniciar uma implementação *Lean*, não basta apenas implementar as ferramentas, é necessário definir objetivos e KPI para os medir. A falta de compreensão e da avaliação do desempenho das iniciativas *Lean* é uma das principais razões para o fracasso destas práticas (Behrouzi & Wong, 2011), pois o que não é medido é desconhecido e, portanto, não pode ser melhorado (Buonamico et al., 2017).

Muitas empresas estão a avançar para a implementação da filosofia *Lean*, através da utilização das ferramentas disponíveis, porque ajuda a satisfazer as necessidades de cliente, melhorar a produtividade do trabalho, minimizar os níveis de *stock* acumulados e a aumentar a utilização dos equipamentos que se encontram subaproveitados (Pandya & Shah, 2015).

2.2.5. *Lean Warehousing*

Após o sucesso do Sistema de Produção da Toyota, diversas empresas aplicaram as práticas e ferramentas *Lean* nas suas fábricas, e, pelos bons resultados obtidos, posteriormente replicaram as práticas noutras áreas e processos. No entanto, a aplicação de práticas *Lean* em processos diretamente associados à cadeia de abastecimento é algo mais recente. Segundo Myerson (2012), só nos últimos vinte anos foram utilizadas ferramentas *Lean* especificamente para simplificar e otimizar processos diretamente ligados à área da logística.

A implementação bem sucedida dos princípios *Lean* ao longo de uma cadeia de abastecimento, apresenta desafios próprios, e, para ultrapassar estes desafios, é importante que todas as entidades, incluindo os armazéns, tenham o conhecimento necessário para implementar as práticas pretendidas (Sharma & Shah, 2016).

Os princípios *Lean* podem ser aplicados diretamente em armazéns, com o objetivo de aumentar a sua produtividade, visto que os armazéns estão sempre sob pressão para efetuarem um desempenho mais eficiente, mais rápido e sem falhas (Oey & Nofrimurti, 2017). A implementação de práticas *Lean*, especificamente na gestão de armazéns e centros de distribuição, tem consequências positivas para os clientes e também para as próprias empresas porque, por um lado, permite minimizar o número de atividades sem valor acrescentado do ponto de vista do cliente e, por outro lado, pode ser uma vantagem competitiva para a empresa porque efetua uma gestão mais eficiente da cadeia de abastecimento (Myerson, 2012). Assim, o *Lean Warehousing* tem-se desenvolvido como um conceito importante na área do *Lean Thinking* (P.G & Pratap, 2020).

Num contexto de *Lean Warehousing* não deve haver interrupções no fluxo de trabalho em curso, transporte desnecessário de material, movimento de trabalhadores ou excesso de produtos acabados. A razão para tal é que os objetivos gerais no *Lean Warehousing* são os mesmos que no *Lean Manufacturing*: acelerar o fluxo de material, eliminar desperdícios e reduzir o inventário. No entanto, apesar de os objetivos gerais serem os mesmos, os objetivos particulares diferem visto que os processos específicos associados à operação de armazéns também são diferentes (Buonamico et al., 2017).

As ferramentas *Lean* que podem ser implementadas numa perspetiva de gestão de armazém estão diretamente dependentes do caso e do contexto, por exemplo, de uma forma geral verifica-se que à medida que o armazém se torna mais moderno, mais ferramentas podem ser utilizadas. No entanto, o fator mais importante para uma implementação bem-sucedida está intimamente ligado com o papel do apoio à gestão na implementação da filosofia *Lean*. O envolvimento da gestão na implementação da filosofia *Lean* abre linhas de comunicação com os funcionários e cria, entre os trabalhadores, um sentimento mais positivo em relação à gestão, desempenhando um papel chave no sucesso da implementação da filosofia *Lean* (Worley & Doolen, 2006).

Embora os princípios *Lean* indiquem que as empresas devem ter uma menor dependência dos armazéns, estas instalações terão de ser eficientes, especialmente quando o tempo de entrega dos produtos ao cliente se torna um dos principais KPI (Dotoli et al., 2013). Deste modo, a aplicação da filosofia *Lean* no armazém tem um impacto significativo na melhoria global do desempenho da organização (Andjelkovic et al., 2017).

Os resultados que se esperam obter através da implementação do *Lean Warehousing* assentam na redução do *stock* armazenado, no aumento da produtividade, na maior assertividade dos inventários efetuados, na existência de menos erros durante o processo de *picking*, na redução do número de ruturas de *stock*, na melhoria dos indicadores relacionados com a saúde e segurança no trabalho, na otimização do espaço de armazenamento e na redução dos custos de transporte (Buonamico et al., 2017).

2.2.5.1. Aplicação do *Lean Warehousing*

Na literatura encontram-se documentadas diversas aplicações do *Lean Warehousing*.

Em Villacrez-Zelada et al. (2022), o *Lean Warehousing* foi aplicado numa pequena empresa, cuja principal área de negócio está diretamente associada à gestão de armazéns e de inventários. O principal objetivo consistia no aumento do nível de serviço que seria atingido através do aumento da eficiência dos seus processos. Para atingir o objetivo definido foram utilizadas técnicas como a previsão da procura, a aplicação de políticas de gestão de *stock* e uma melhoria nos processos de *picking* e embalamento, tendo por base os fundamentos da filosofia *Lean Warehousing*. No final verificou-se um aumento de 9,8% no nível de serviço, passando dos 87,3% para os 97,1%, demonstrando a mais-valia na aplicação da filosofia de *Lean Warehousing* em pequenas empresas.

Em Perez-Morante et al. (2021), o *Lean Warehousing* foi utilizado com o objetivo de otimizar o desempenho do *picking* através da redução de dois problemas existentes, previamente detetados, as ruturas de *stock* e os elevados tempos para efetuar o *picking* de produtos. Através das melhorias efetuadas verificou-se que a eficiência dos processos de *picking* aumentou em 6,7%. Desta forma foi possível validar o sucesso da aplicação da filosofia *Lean* a um processo específico de armazém, neste caso, o *picking*.

Em Prasetyawan et al. (2020), o *Lean Warehousing* foi utilizado para diminuir os desperdícios decorrentes dos processos existentes em armazém, numa empresa da indústria da

cosmética. O principal objetivo da iniciativa consistia em maximizar o espaço de armazenamento e eliminar a existência de *stock* armazenado no chão do armazém. Para abordar este problema foram utilizadas duas técnicas, o *Value Stream Mapping* e o *Process Activity Mapping*, de modo a serem identificados claramente os processos que mais desperdício produzem. Desta forma foi possível defininir três melhorias que deveriam ser implementadas: alocar os *stocks* especiais a áreas do armazém especificamente criadas para armazenar este tipo de produtos, criar localizações mais pequenas para que os produtos de tamanho reduzido não ocupem espaço desnecessário, e efetuar uma alteração na política de armazenamento, de modo a que esta considere, de forma diferenciada, os materiais com elevada rotação, os *slow-movers* e os *non-movers*. Após a implementação das ações descritas, o desempenho do armazém revela um aumento significativo nos indicadores relacionados com a qualidade e a produtividade, comprovando a aplicabilidade do *Lean Warehousing* num contexto de maximização do espaço de armazenamento.

2.3. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma abordagem de gestão proposta por cientistas japoneses, melhorada e amplamente divulgada pelo Dr. Deming, um cientista americano, que dá também nome alternativo a este método que é também conhecido como Ciclo de Deming (Moen & Norman, 2009).

Este ciclo, representado de forma esquemática na figura 2.2, é uma ferramenta de melhoria contínua que se divide em quatro etapas distintas (Werkema, 2012):

- *Plan* (Planear) - Marca o início do ciclo e baseia-se na definição dos objetivos que se pretendem atingir, bem como dos meios que devem ser utilizados de modo que estes sejam atingidos.
- *Do* (Fazer) - Etapa em que são executadas as ações delineadas na fase anterior e recolhidos os resultados obtidos decorrentes das mesmas. Nesta etapa é necessário garantir que os trabalhadores responsáveis pela implementação das ações estão devidamente treinados e preparados para as efetuar nas condições desejadas.
- *Check* (Verificar) - Etapa em que os resultados obtidos na etapa anterior são comparados com os objetivos e as expectativas que foram delineadas na etapa inicial.
- *Act* (Agir) - Etapa final onde se atua sobre os resultados obtidos, sendo que essa atuação pode ser feita de duas formas distintas. Caso os resultados obtidos tenham ido ao encontro das expectativas criadas inicialmente, a ação aplicada deve ser utilizada como padrão para o futuro. Caso os resultados obtidos não estejam de acordo com as metas delineadas, deve-se agir sobre as causas que levaram ao sucedido.

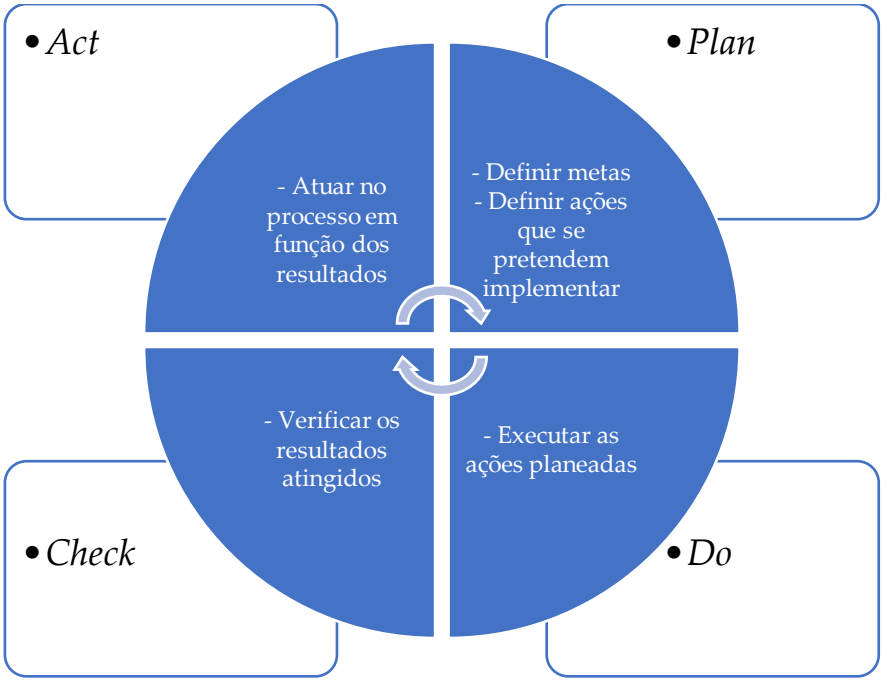


Figura 2.2 - Ciclo PDCA

2.3.1. Ciclo PDCA na gestão de armazéns

Na literatura é possível encontrar diversos exemplos da aplicação bem sucedida do ciclo PDCA associado a um contexto de gestão de armazéns.

Em Che-Ani et al. (2017) é seguida a abordagem ditada pelo ciclo PDCA para resolver atrasos existentes nos processos de produção de uma fábrica. Esta abordagem permitiu, numa fase inicial, identificar a causa-raiz do problema, verificando-se que os atrasos derivavam do tempo de movimentação entre o armazém, onde se encontravam armazenadas as matérias-primas, e a fábrica. Assim, foi identificada uma potencial solução para o problema que consistia na melhoria da comunicação entre as equipas responsáveis pelo planeamento, pela produção e pelo armazém. Seguidamente procedeu-se à implementação da solução identificada, através de um acerto dos momentos exatos para se efetuarem determinados procedimentos entre as equipas. Na fase seguinte a melhoria implementada foi monitorizada através do controlo dos momentos exatos em que os procedimentos deveriam ser efetuados. Na etapa final do ciclo, inferiu-se que a melhoria implementada poderia ser afetada pela existência de erros efetuados pelos operadores, pelo que, foi sugerido que se procedesse à implementação de um sinal luminoso no armazém que avisasse os operadores em relação ao momento exato em que deviam começar a atividade, de modo a evitar a existência de erros.

Em Bottani et al. (2020) o ciclo PDCA é utilizado como base para a melhoria de processos num armazém. Para iniciar o processo procedeu-se à recolha e tratamento da informação existente, seguido pela avaliação da informação através da aplicação de KPI. Deste modo foi possível definir que se pretendiam atingir três objetivos, nomeadamente, o aumento da produtividade nos processos de receção e *picking*, a redução da percentagem de lotes FIFO para encomendas de vários clientes e a redução do valor médio da quantidade armazenada

existente ao nível do chão. Na etapa seguinte foi desenvolvida uma nova estratégia de armazenamento, através da alteração das localizações onde cada produto era armazenado, tendo em conta os objetivos definidos. Na terceira etapa procedeu-se à implementação do modelo, sendo que para tal foi disposta sinalização no armazém para alertar os operadores em relação às mudanças que seriam efetuadas. Para finalizar o ciclo foram comparados os valores dos KPI obtidos inicialmente com os valores correspondentes à implementação das ações de melhoria, tendo-se verificado que apenas o objetivo relativo à redução da percentagem de lotes FIFO foi bem-sucedido.

Em Sanchez et al. (2021) o ciclo PDCA dita as etapas gerais a seguir no estudo de caso utilizado, apesar de, ao contrário dos estudos de caso anteriores, não ser efetuada uma discriminação clara das quatro etapas aquando da descrição do caso prático. O âmbito do estudo de caso em questão incide sobre a redução das não-conformidades num armazém através da implementação de princípios Lean. Assim, numa fase inicial procedeu-se à análise da informação existente, detetando-se falhas ao nível da normalização de processos e do relato de não-conformidades. De seguida foram aplicadas ferramentas, tal como o Diagrama de *Ishikawa*, para identificar as causas-raiz do problema. Desta forma foram discriminadas quatro causas, nomeadamente: a existência de *stock* fictício, atrasos na expedição, não-conformidades na quantidade de produtos expedidos, e a existência de produtos danificados. Assim, numa fase posterior, foi proposta a aplicação de um modelo com vista a minimizar os efeitos causados pelas causas-raiz identificadas, tendo por base outros modelos já existentes e aplicados em armazéns de indústrias similares. Posteriormente procedeu-se à validação do modelo através da sua aplicação, tendo-se obtido resultados que equivalem a uma redução do impacto das não-conformidades na ordem dos 85%, permitindo ao armazém uma poupança de mais de 295 mil dólares.

3.
METODOLOGIA PROPOSTA

No presente capítulo é descrita a metodologia desenvolvida com o objetivo de ser aplicada com vista à identificação e desenvolvimento de melhorias no contexto de um espaço de armazenagem. A metodologia encontra-se dividida em quatro etapas, sendo cada uma delas caracterizada de acordo com as ferramentas que serão utilizadas.

Através da combinação da utilização de ferramentas Lean com a estrutura que advém do ciclo PDCA, a metodologia apresentada deverá cumprir com os objetivos da gestão da armazenagem.

3.1. Metodologia

Com o objetivo de proceder à implementação da filosofia *Lean* na gestão da armazenagem, optou-se por utilizar o ciclo PDCA como base para a metodologia utilizada.

Foi estabelecida uma relação direta entre o *Lean* e o ciclo PDCA para garantir os objetivos da gestão da armazenagem, visto que, o *Lean* contém todas as ferramentas e técnicas necessárias que permitem a identificação e resolução de problemas existentes em diversos contextos, entre eles o da armazenagem através do *Lean Warehousing*, e o ciclo PDCA oferece uma definição dos passos a seguir para que a aplicação do *Lean* seja efetuada de uma forma cíclica e estruturada, tendo sido também já aplicado na literatura, de uma forma bem sucedida, num contexto de gestão da armazenagem. Desta forma, ambos deverão atuar de uma forma complementar para atingir os objetivos pretendidos.

Deste modo, as quatro etapas que definem o ciclo PDCA foram dispostas como as principais linhas orientadoras da metodologia, no entanto, efetuou-se uma correspondência entre as etapas do ciclo e as fases do processo, que foram definidas de modo a se obter uma segmentação com um nível de detalhe adicional, com o objetivo de proporcionar indicações mais detalhadas aos intervenientes que procurem implementar a presente metodologia. Desta forma foi possível definir os passos a seguir para alcançar os objetivos que foram propostos. No esquema apresentado na figura 3.1 é possível ter uma perceção visual dos passos a seguir

para a implementação da presente metodologia, bem como da correspondência entre as etapas do ciclo PDCA e as fases definidas.

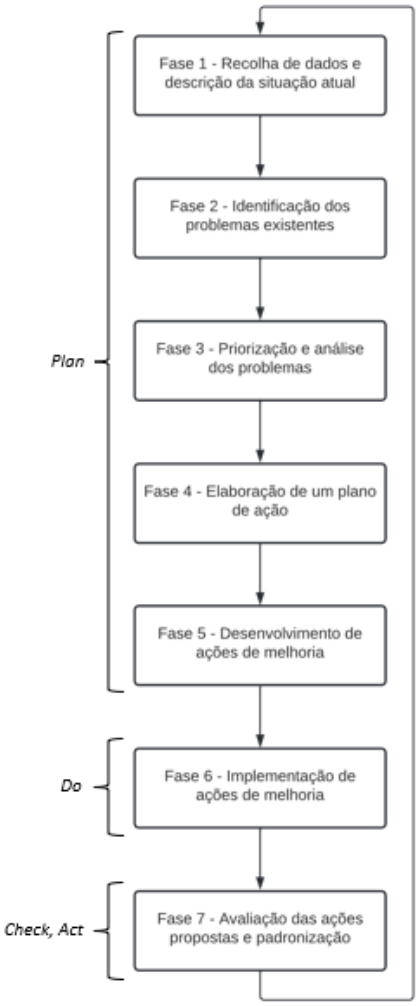


Figura 3.1 - Esquema representativo das etapas e fases da metodologia proposta

3.1.1. Etapa *Plan*

3.1.1.1. Fase 1 - Recolha de dados e descrição da situação atual

A etapa *Plan* do ciclo PDCA inicia com uma caracterização da situação atual do armazém. Com esse objetivo, é necessário numa fase inicial efetuar uma extensa recolha de informação que permita que nas fases posteriores seja possível identificar de forma abrangente os problemas associados à ocupação do armazém.

Assim, inicialmente efetuam-se diversas visitas ao *Gemba* para se ter um primeiro contacto direto com o espaço do armazém e efetuar uma recolha de informação inicial.

No seguimento das primeiras deslocações ao armazém é também necessário realizar entrevistas não estruturadas a diversos operadores que contactam no seu dia-a-dia com o *stock* existente em armazém, com o objetivo de recolher informação mais pormenorizada

sobre os tipos de fluxo existentes em armazém, em particular com aqueles que têm um maior impacto direto sobre a armazenagem.

Posteriormente, é essencial estruturar a informação recolhida nas entrevistas efetuadas, de modo a sistematizar os conceitos obtidos. Tendo em conta que a informação que deverá ser recolhida está diretamente relacionada com os fluxos de material existentes em armazém, esta deverá ser disposta com recurso a fluxogramas.

Um fluxograma apresenta uma representação visual da sequência de passos e decisões necessários para realizar um processo, comunicando as etapas de forma muito eficaz e eficiente. Estes são muito úteis para verificar como funcionam determinados processos, e identificar oportunidades de melhoria (Kucuk Yilmaz, 2019).

Os fluxogramas diferem dos algoritmos, porque os passos dos fluxogramas são escritos em caixas sob a forma de ícones, onde cada um deles tem um significado diferente. As relações e direções entre os passos (fluxo do processo) são também indicadas por meio de setas (Kucuk Yilmaz, 2019).

A utilização de um fluxograma tem uma variedade de benefícios (Kucuk Yilmaz, 2019):

- Ajuda a clarificar processos complexos;
- Identifica passos que não acrescentam valor ao cliente interno ou externo, incluindo: atrasos; armazenamento e transporte desnecessários; trabalho desnecessário, duplicação e despesas acrescidas; e avarias na comunicação;
- Ajuda os membros da equipa a obter uma compreensão partilhada do processo e a utilizar este conhecimento para recolher dados, identificar problemas, focar discussões e identificar recursos;
- Serve como base para a conceção de novos processos.

Após terem sido sistematizados os fluxos, é necessário recolher a informação existente no sistema de informação do armazém. Através do sistema é possível recolher dados exclusivos que não se encontram disponíveis através de outros meios.

3.1.1.2. Fase 2 - Identificação dos problemas existentes

Na segunda fase é necessário analisar detalhadamente a informação recolhida e as ferramentas utilizadas na fase anterior, para que, por fim, sejam identificados os problemas existentes relativos ao espaço de armazenagem.

No que diz respeito à informação recolhida a partir do sistema de informação do armazém, a análise deverá ser efetuada através da aplicação do Diagrama de Pareto.

O Diagrama de Pareto surge pela primeira vez documentado em 1951 no Manual de Controlo de Qualidade de Juran sendo definido como uma técnica para visualizar a Lei de Pareto. A Lei de Pareto, também denominada regra 80/20, declara que 80% das contribuições são geralmente causadas por 20% dos fatores individuais (Hart et al., 2015).

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta muito útil para utilizar em situações onde se pretende distinguir o que é realmente importante. Embora tenha havido algumas ligeiras modificações ao Diagrama de Pareto desde a sua conceção, este tem geralmente permanecido

na mesma forma desde a sua criação (Wilkinson, 2006). A sua representação consiste num tipo especial de gráficos de barras com um eixo horizontal e dois eixos verticais permitindo determinar as contribuições relativas de determinados fatores em função de um todo e fornecer conhecimentos quantitativos, independentemente da área onde seja aplicado (Wilkinson, 2006).

Deste modo, no final desta fase, pretende-se que os problemas existentes no espaço de armazenagem estejam devidamente identificados.

3.1.1.3. Fase 3 - Priorização e análise dos problemas

No seguimento da fase anterior, é então fundamental proceder à definição de prioridades dos problemas identificados e, para finalizar, verificar as causas-raiz dos problemas definidos como prioritários.

Com vista a efetuar a priorização deve-se recorrer à utilização da matriz GUT. Esta ferramenta baseia-se na utilização de três parâmetros, cujas iniciais correspondem às letras identificadas no nome da matriz, "Gravidade", "Urgência" e "Tendência". Assim, com base em critérios bem definidos e identificados na tabela 3.1, a cada um dos problemas identificados, são atribuídos valores que variam entre 1 e 5 a cada um destes três critérios. Por fim, para cada problema, efetua-se o produto entre os três valores definidos e a ordem prioritária será definida sendo o problema com o maior valor do produto o mais prioritário e o problema com o menor valor do produto o menos prioritário. A utilização desta matriz revela-se de extrema importância, visto que permite indicar de uma forma clara e objetiva, quais os problemas que devem sofrer ação imediata da parte da equipa responsável pela identificação de melhorias, o que é essencial numa perspetiva de implementação da filosofia *Lean*.

Tabela 3.1 - Descrição das classificações da Matriz GUT

Pontuação	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)
5	Extremamente grave	Necessita de ação imediata	Irá piorar rapidamente
4	Muito grave	Muito urgente	Irá piorar no curto prazo
3	Grave	Urgente	Irá piorar no médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar no longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá sofrer alterações

Após ser efetuada a priorização, impõe-se como essencial a deteção das causas-raiz que definem cada um dos problemas identificados como prioritários. Para tal recorre-se à aplicação da técnica dos cinco porquês.

A técnica dos cinco porquês é uma técnica interrogativa iterativa utilizada para identificar as relações causa-efeito subjacentes a um determinado problema (Serrat, 2009). Esta foi aperfeiçoada por Sakichi Toyoda e aplicada diretamente na *Toyota Motor Corporation* durante a evolução das suas metodologias de fabrico (Gangidi, 2018). A técnica dos cinco porquês

baseia-se na realização de cinco perguntas sobre as causas dos principais obstáculos de um determinado problema e, através destas perguntas, tentar descobrir as causas-raiz do problema (Jaber & Burhan, 2020).

O principal responsável pelo Sistema de Produção Toyota, Taiichi Ohno, descreveu a técnica dos cinco porquês como a base da abordagem científica da Toyota, pois repetindo a pergunta por cinco vezes, a natureza do problema, bem como a sua solução, torna-se imediatamente clara (Gangidi, 2018).

No passado, o sucesso desta técnica esteve diretamente dependente do conhecimento, competência e perícia dos analistas para fazer a sequência certa de perguntas para chegar às verdadeiras causas de raiz. Mas, por vezes, não conseguiu produzir os resultados desejados, maioritariamente devido às seguintes razões (Gangidi, 2018):

- Falta de interesse dos peritos em acompanhar a investigação com questões mais profundas, ficando assim em falta as causas-raiz de um eventual subsistema que poderiam estar a contribuir para o problema;
- O sintoma é a verdadeira causa-raiz do problema;
- Incapacidade dos peritos para pensarem além da sua área de especialização;
- Dificuldade na aplicação dos princípios conhecidos, pois por vezes os princípios conhecidos podem não se aplicar bem para resolver um novo problema.

Para complementar a utilização da técnica dos cinco porquês deve-se utilizar diagramas em árvore, que permitem estruturar a informação que se pretende apresentar, de uma forma mais visual e de simples compreensão.

3.1.1.4. Fase 4 - Elaboração de um plano de ação

Na fase 4 é elaborado um plano de ação, que deve ser seguido nas etapas posteriores que constituem o ciclo.

Para efetuar esta elaboração é necessário começar por sistematizar os problemas que devem ser resolvidos, identificados anteriormente, bem como as causas-raiz associadas a cada um e por fim as soluções apresentadas para cada. As soluções devem ser definidas tendo em conta a causa-raiz associada a cada um dos problemas, sendo que devem procurar eliminar a causa-raiz, ou, caso não seja possível eliminar, a solução deverá atuar com o objetivo de que a causa-raiz não impacte de uma forma tão intensa a atividade em questão. Para facilitar a leitura e interpretação, todos estes dados devem estar presentes numa tabela agregadora, com o objetivo de facilitar a implementação do plano e o desenvolvimento das ações a concretizar nas fases posteriores.

3.1.1.5. Fase 5 - Desenvolvimento de ações de melhoria

Para finalizar a etapa *Plan* do ciclo PDCA é necessário proceder ao desenvolvimento das ações de melhoria identificadas.

Assim, é necessário desenvolver as soluções apresentadas na fase anterior para que possam ser aplicadas nas etapas seguintes. O desenvolvimento das soluções deve ter em atenção os constrangimentos associados à situação a que correspondem.

Esta fase revela uma especial importância, pois ao marcar o final da etapa inicial do ciclo, todas as etapas posteriores têm uma grande dependência da qualidade do trabalho realizado nesta fase. Desta forma deve-se procurar efetuar as simulações e desenvolvimentos necessários para que a implementação das ações ocorra com a menor celeuma possível, para tal, ferramentas informáticas que envolvam a simulação de cenários como é o caso do *software Arena* ou que envolvam a utilização de folhas de cálculo como o *software Excel* revelam-se como potencialmente relevantes para alcançar o sucesso pretendido nesta fase.

3.1.2. Etapa *Do*

3.1.2.1. Fase 6 - Implementação de ações de melhoria

A etapa *Do* do ciclo PDCA é constituída apenas pela fase 6 e baseia-se na implementação das ações de melhoria desenvolvidas.

Tendo em conta que os resultados obtidos através do trabalho efetuado nesta fase serão o ponto fulcral que será comparado com as expectativas criadas inicialmente, é necessário assegurar que a implementação das ações é efetuada por trabalhadores devidamente preparados e familiarizados com a ação a efetuar, tendo por base o trabalho desenvolvido nas fases anteriores.

3.1.3. Etapas *Check* e *Act*

3.1.3.1. Fase 7 - Avaliação das ações propostas e padronização

As etapas *Check* e *Act* do ciclo PDCA são agregadas na fase 7 e baseiam-se na avaliação das ações implementadas e padronização.

Deste modo serão avaliados os resultados obtidos na fase anterior e será analisado se as ações correram de acordo com o esperado e devem ser mantidas ou se não corresponderam às expectativas iniciais e devem ser reformuladas. Tendo em conta que se pretende implementar a filosofia *Lean* e uma filosofia de melhoria contínua na gestão da armazenagem, o eventual incumprimento dos objetivos previamente delineados não deve ser observado como uma falha no projeto, mas sim como uma oportunidade a melhorar nas iniciativas de melhoria contínua que se seguirem no futuro.

3.2. Aplicação da metodologia num estudo de caso

A aplicabilidade da metodologia deverá ser demonstrada através de um estudo de caso, uma vez que a utilização de estudos de caso permite aos investigadores obterem dados e informações fiéis a determinados acontecimentos que sucedem na realidade, tais como o

comportamento de um grupo de pessoas, o desempenho dos alunos de uma escola numa disciplina ou o desenvolvimento de um processo industrial (Yin, 2009).

Para tal, existem alguns fatores que devem ser assegurados de forma prévia. Na realização de estudos de caso, questões "Como?" e "Porquê?" podem muitas vezes ser respondidas, pois estas encontram-se intimamente ligadas a determinados eventos que ocorrem ao longo de um determinado período e não de uma forma discreta ou pontual. Deste modo é de extrema importância que as perguntas de investigação a que se pretendem dar resposta se encontrem bem definidas e vão de encontro ao âmbito do estudo de caso (Yin, 2009).

No entanto, é necessário que sejam tidos em conta os maiores constrangimentos e as críticas efetuadas à realização de estudos de caso. Estes estão diretamente interligados com a falta de rigor que por vezes é utilizada durante a investigação. Isto deve-se, maioritariamente, a descuidos cometidos pelo investigador durante a realização do estudo, ao não seguir determinados procedimentos sistemáticos, permitindo a existência de resultados deturpados da realidade (Yin, 2009). Assim, impõe-se como fundamental que as etapas apresentadas na metodologia proposta sejam seguidas rigorosamente.

4.
ESTUDO DE CASO

O presente capítulo tem como objetivo introduzir e descrever o estudo de caso relativo à demonstração da aplicabilidade da metodologia proposta no capítulo anterior em contexto real. Assim, procedeu-se à identificação de melhorias focadas na ocupação de um centro logístico, através da aplicação de ferramentas *Lean* e da implementação do ciclo PDCA.

Este estudo de caso foi realizado no centro logístico de uma empresa que é considerada referência nos seus setores de atividade a nível nacional.

4.1. O centro logístico

O centro logístico, situado no distrito de Lisboa, é o local onde são efetuadas todas as atividades relacionadas com a logística da grande maioria dos produtos das áreas de negócio nas quais a empresa opera. A maior parte do espaço do centro logístico está reservado para o armazenamento de *stock*, enquanto o restante espaço é constituído por cinco áreas distintas:

- Centro de Devoluções e Testes, onde é efetuado o tratamento dos produtos que chegam ao centro logístico após ter sido efetuada a devolução dos mesmos pelos clientes;
- Centro Técnico, onde são efetuados os testes a determinados produtos, de modo a verificar se estes se encontram em bom estado de funcionamento;
- Expedição, que é a área responsável pelo embalamento e envio de todos os produtos que saem do armazém;
- Produção, que é o local onde determinados produtos são produzidos, consoante as necessidades da empresa;
- Receção, onde são rececionados os produtos que chegam ao armazém e necessitam de ser armazenados.

4.1.1. Caracterização do espaço de armazenamento

O espaço dedicado ao armazenamento de *stock* no centro logístico é constituído por todas as estantes e pelos corredores adjacentes a estas.

As estantes existentes não têm prateleiras, pelo que todo o *stock* se encontra armazenado através da utilização de paletes, e estão dispostas paralelamente entre si sendo delimitadas por dois bastidores. Cada estante subdivide-se em várias localizações, que são os locais designados para armazenar o *stock*.

Todas as localizações existentes no armazém estão devidamente identificadas através de uma etiqueta, que indica através de números e letras a nave, o corredor, o nível e a localização no corredor, para facilitar a arrumação e o *picking*.

O espaço dedicado ao armazenamento de *stock* no centro logístico é altamente diferenciado entre si, devido à elevada distinção de características entre materiais, especialmente no que diz respeito às dimensões dos mesmos. Assim, as volumetrias das localizações existentes em armazém podem ser bastante distintas diferenciando-se entre si pelas dimensões que possuem, especificamente: altura, largura e profundidade.

4.1.2. Gestão de *stock* no centro logístico

4.1.2.1. Tipo de armazenagem

O armazenamento de material no centro logístico é efetuado de acordo com uma variação da estratégia de armazenagem por classe. Assim, os produtos são categorizados em classes, sendo que cada tipo de posição existente constitui uma classe, e cada tipo de posição está atribuído a localizações pré-determinadas. Desta forma, quando os produtos são rececionados e se procede à sua arrumação, esta é efetuada de acordo com a sugestão do sistema informático (SAP) onde é efetuada a gestão do centro logístico. Este sistema sugere uma localização para a arrumação do produto tendo sempre em consideração o seu tipo de posição e as limitações derivadas das suas dimensões.

4.1.2.2. A segmentação do *stock* no centro logístico

Como a empresa está presente em diversos setores de atividade distintos, existem vários desafios ao encargo da equipa que efetua a gestão dos *stocks* no centro logístico, pois as características dos produtos existentes no centro logístico podem ser bastante distintas. Para facilitar a gestão dos *stocks*, os materiais são divididos em vários segmentos:

- Tipo de posição;
- Depósito;
- Áreas e categorias de negócio.

O tipo de posição está associado a cada referência de material e limita a zona do armazém em que o produto deverá ser armazenado. Assim, no SAP, cada localização está limitada a um determinado tipo de posição. Desse modo, quando é efetuada a arrumação do material, o sistema apenas sugere a arrumação de um determinado material, em localizações associadas ao tipo de posição a que o material está associado.

No entanto, devido às elevadas taxas de ocupação que têm assolado o centro logístico nos últimos anos, este conceito tem sido várias vezes contornado pelos operadores ao

modificarem, sempre que lhes é conveniente, o tipo de posição associado a uma determinada localização, para que não se deixasse de arrumar material enquanto ainda existissem localizações livres, mesmo que o tipo de posição associado à localização não correspondesse com o que está associado ao material.

O depósito associado a cada produto indica qual a sua finalidade. Esta segmentação é particularmente importante de forma a distinguir produtos com a mesma referência, mas com finalidades diferentes. Deste modo, uma unidade de uma determinada referência poderá estar a aguardar a realização de testes no Centro Técnico, e assim ser associada ao depósito "x", enquanto outra unidade está pronta para uma venda direta ao cliente, e assim ser associada ao depósito "y".

As áreas de negócio associadas aos produtos são atribuídas dependendo do segmento de negócio a que estes pertencem. As categorias constituem subconjuntos das áreas de negócio, adicionando um nível de detalhe extra a esta segmentação.

Esta segmentação é particularmente relevante ao nível da gestão do *stock*, pois permite segmentar essa gestão em equipas, e, caso seja detetado algum problema em específico com algum material, existirem imediatamente pessoas responsáveis pela sua resolução.

4.1.2.3. Movimentações internas de *stock*

A equipa responsável pela gestão de *stock* no centro logístico está encarregue das movimentações internas de *stock*.

Existem três principais atividades que constituem as movimentações internas de *stock*: a arrumação do material desde o momento em que este chega à Receção, o *picking* do material, que é efetuado desde a posição em que o produto se encontra até à área onde este é necessário, e as compactações de *stock*, que ocorrem quando existe *stock* armazenado com as mesmas características, mas em localizações diferentes, que pode ser armazenado numa só localização.

Todas as movimentações internas de *stock* são conferidas no final de cada dia pela equipa de *stocks* para garantir a integridade das operações e minimizar diferenças nos inventários globais realizados anualmente.

4.1.2.4. Máquinas existentes

Para auxiliar a equipa de *stocks* é necessária a existência de maquinaria que permite aos operadores alcançar os produtos independentemente da altura do solo à qual estes estão localizados. Desta forma são utilizadas duas máquinas com esse propósito: o retrátil e o *warder*.

O retrátil permite a movimentação de uma palete de cada vez no centro logístico, e a altura máxima à qual estes podem alcançar uma palete é de 7,70 metros.

O *warder* permite aos operadores efetuar o *picking* de produtos à unidade, isto é, ao utilizar esta máquina é possível alcançar um número de unidades específicas de um produto que estejam contidas numa palete, sem ser necessário movimentar a palete por completo.

4.2. Resultados

4.2.1. Contextualização do estudo de caso

No momento em que a empresa iniciou a sua atividade no centro logístico, a sua política de armazenamento de *stock* era descentralizada, isto é, existiam vários armazéns por todo o país com o objetivo de minimizar os custos associados ao transporte de *stock* desde o local onde este se encontrava armazenado até às lojas existentes em várias localidades do território nacional. No entanto, nos últimos três anos, a empresa optou por centralizar o seu *stock* no centro logístico, provocando um aumento súbito do volume de material armazenado neste.

O presente estudo de caso incide sobre a aplicação da metodologia proposta no capítulo anterior, com vista a implementar, no espaço de armazenamento, uma filosofia de melhoria contínua que permitirá reduzir o espaço ocupado pelo material armazenado, e, consequentemente, facilitar a gestão operacional do centro logístico.

Deve-se realçar que, por motivos de confidencialidade, algumas das informações apresentadas nas secções seguintes se encontram codificadas através da utilização de números ou letras ao invés das normais designações.

Para a elaboração do estudo de caso foi utilizada a metodologia proposta descrita no capítulo 3, que segue a estrutura apresentada na figura 4.1.

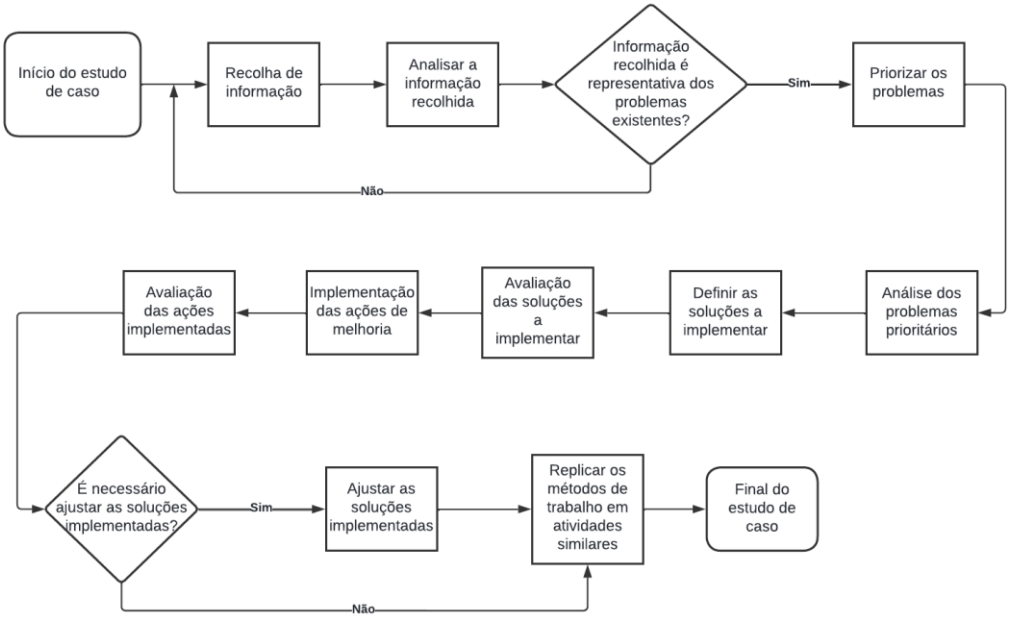


Figura 4.1 - Fluxograma ilustrativo da estrutura utilizada

O fluxograma apresentado permitiu uma melhor preparação e aperfeiçoamento do trabalho e contribuiu também para que este fosse elaborado de forma mais fluida, facilitando a organização e estruturação do mesmo.

4.2.2. Aplicação da metodologia

4.2.2.1. Fase 1 - Recolha de dados e descrição da situação atual

Para iniciar a etapa *Plan* foi necessário recolher informação sobre a situação presente no centro logístico. Para tal, foram efetuadas várias visitas ao *Gemba*, onde foi possível conhecer as áreas que constituem o centro logístico, visualizar as estantes e os tipos de localizações existentes no espaço dedicado à armazenagem e ter uma noção inicial dos produtos que são armazenados, bem como dos segmentos em que estes estão divididos para facilitar a gestão do armazém.

Após ter sido efetuado o primeiro contacto com o espaço de armazenagem, regressou-se a este, de modo a realizar entrevistas não estruturadas com os operadores, nomeadamente com aqueles que estão encarregues pelas movimentações internas de *stock*. Assim, foi possível obter a informação necessária para definir a forma como cada tipo de movimento é efetuado.

A arrumação do material é efetuada sempre que chegam produtos à Receção. Para ser feita a arrumação do material, a equipa de *stocks* dirige-se à Receção e através da utilização de um *Personal Digital Assistant* (PDA) lê a etiqueta de um determinado produto que necessite de ser arrumado numa localização e de seguida é indicada, pelo SAP, qual a localização onde o produto deve ser arrumado.

As compactações são efetuadas ocasionalmente pela equipa de *stocks* através das indicações dadas pelo SAP, que automaticamente deteta a existência de localizações subaproveitadas que podem ser compactadas, devido às características dos produtos armazenados nestas serem iguais. Na figura 4.2 encontra-se o detalhe de todo o processo de compactações, destacando-se através de uma forma circular as oportunidades de melhoria que serão detalhadas na fase seguinte.

O *picking* é efetuado sempre que produtos que se encontram arrumados são requisitados por outras áreas do centro logístico. Para o requisitarem estas efetuam o pedido através do SAP. Para efetuar o *picking* dos produtos, o procedimento da equipa de *stock*s depende do tipo de produto em questão. Na figura 4.3 é possível conferir todas as etapas que constituem o processo de *picking*, e tal como no fluxograma da figura 4.2, também estão realçadas as oportunidades de melhoria encontradas.

Após terem sido efetuadas as visitas ao armazém e estruturada a informação obtida, foi também conferida a informação existente no SAP, bem como outros ficheiros de controlo da ocupação existentes criados pela equipa de gestão no passado. Desta forma é possível ter acesso a todo o histórico de armazenamento do centro logístico podendo-se obter uma visão global sobre o histórico ao longo de diferentes períodos temporais.

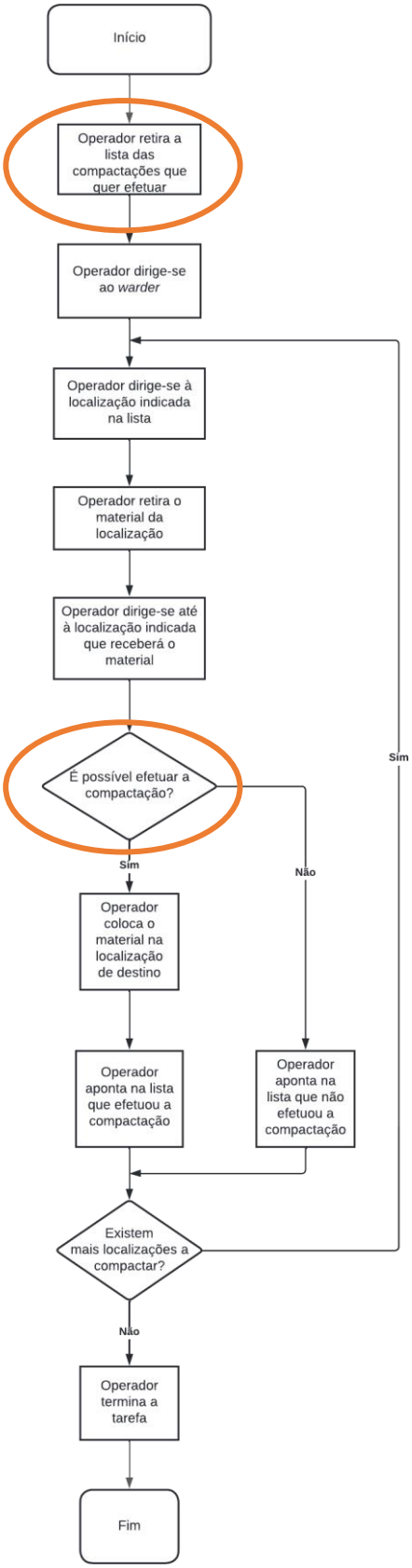


Figura 4.2 - Fluxograma referente ao processo de compactações

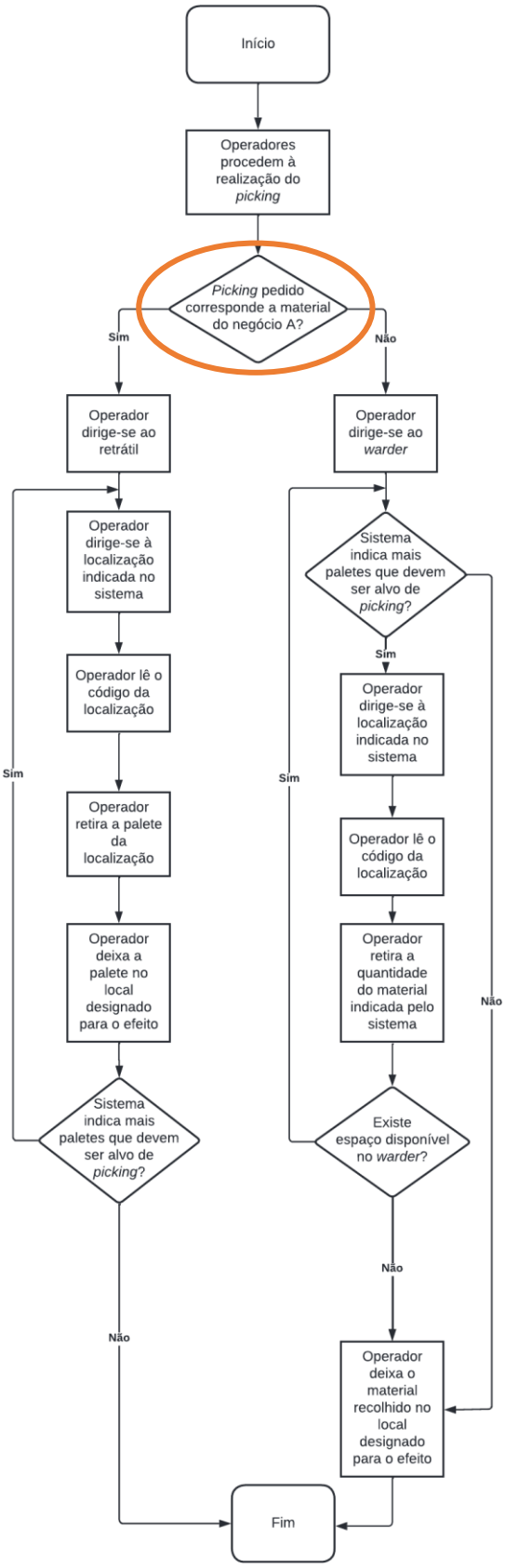
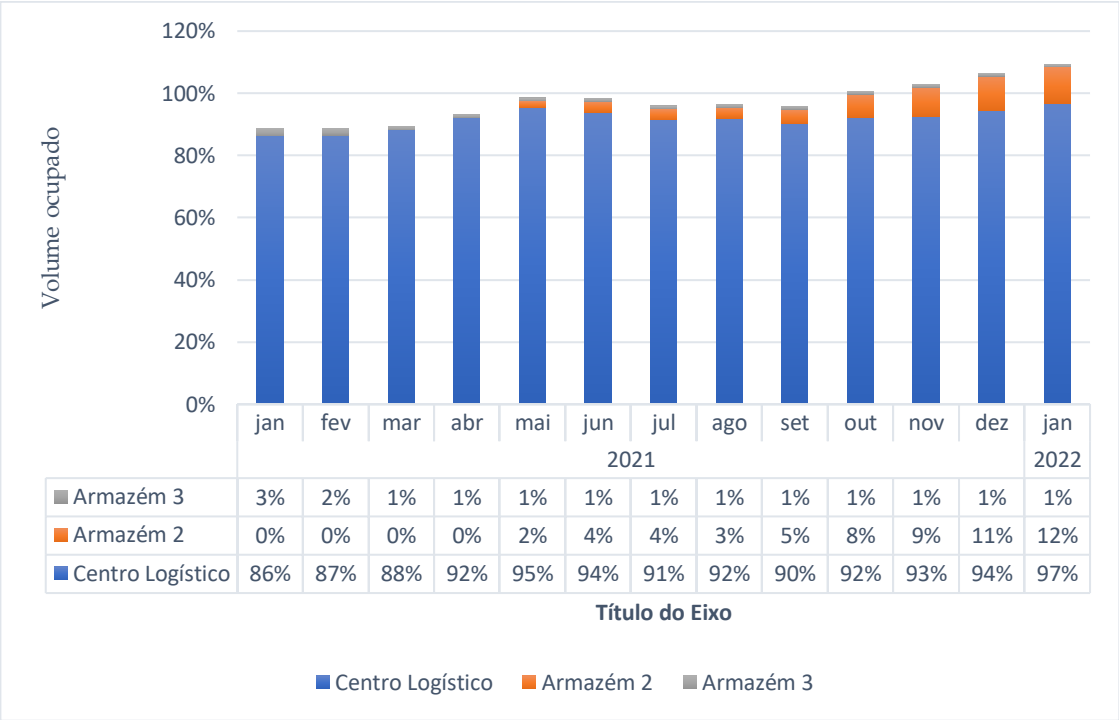


Figura 4.3 - Fluxograma referente ao processo de *picking*

Assim, inicialmente começou-se por perceber como tem evoluído a ocupação do centro logístico e dos armazéns secundários utilizados pela empresa para armazenar o *stock* excedente, devido à elevada ocupação do centro logístico. Para tal, foi efetuado um gráfico de barras empilhadas, onde as diferentes cores representam os locais de armazenamento do material. A figura 4.4 representa a percentagem do volume ocupado em função da capacidade do centro logístico, calculada mensalmente desde o final do mês de janeiro de 2021 até final do mês de janeiro de 2022.



	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan 2022
Armazém 3	3%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Armazém 2	0%	0%	0%	0%	2%	4%	4%	3%	5%	8%	9%	11%	12%
Centro Logístico	86%	87%	88%	92%	95%	94%	91%	92%	90%	92%	93%	94%	97%

Figura 4.4 - Evolução do volume ocupado em função da capacidade do centro logístico

Através da análise do gráfico apresentado verifica-se que existe uma tendência crescente na ocupação, que se tem acentuado particularmente desde o mês de setembro de 2021.

A percentagem de ocupação no primeiro mês considerado na análise já se encontrava nos 89%, valor já superior aos 85% definidos pela equipa de gestão como o valor limite para a gestão de *stock* no centro logístico não ser afetada e não existir a necessidade de utilizar outros armazéns. O valor de 100% foi ultrapassado pela primeira vez no mês de outubro de 2021 e desde então o valor foi sempre aumentando até aos 110% em que se encontra no último mês da análise, janeiro de 2022. Estes valores apenas são possíveis de atingir devido à utilização, indesejada, de armazéns subcontratados pela empresa para alocar o *stock* em excesso.

Após terem sido recolhidos os dados relativos ao histórico da quantidade de *stock* presente em armazém, devido à elevada diferenciação do *stock* existente, efetuou-se uma análise aos segmentos nos quais o material é subdividido, bem como às volumetrias das localizações existentes. Para as seguintes análises de volume ocupado foi considerado como unidade de

medida as dimensões de uma localização *standard* e o período considerado entre janeiro de 2021 e janeiro de 2022.

Assim, foi efetuada uma análise de todos os tipos de posição existentes, bem como do histórico de volume ocupado (em localizações *standard*) no centro logístico por tipo de posição, representado na tabela A.1.

Através da análise efetuada pode-se verificar que existem atualmente quarenta e dois tipos de posição distintos, dos quais apenas vinte e sete apresentam uma volumetria superior a cinquenta localizações *standard*. Verifica-se também que as volumetrias ocupadas por tipo de posição são bastante diferentes, variando desde os 4 até aos 2745 no último mês considerado.

De seguida efetuou-se uma análise de todos os depósitos existentes, bem como o histórico de volume ocupado (em localizações *standard*) no centro logístico por depósito, representado na tabela A.2.

Na tabela verifica-se que existem quinze depósitos, em que apenas oito ultrapassam as cinquenta paletes, e onde D.C. se destaca por larga margem dos restantes com um volume ocupado de cerca de 8050 paletes em janeiro de 2022.

Posteriormente, realizou-se uma análise da volumetria ocupada (em localizações *standard*) no centro logístico por área e categoria de negócio.

Na tabela A.3 é possível verificar que existem 12 áreas de negócio e 32 categorias de negócio.

Através da tabela A.4 verifica-se que existem vinte e uma volumetrias em armazém, sendo que a volumetria E2 destaca-se por larga margem das restantes, o que é razoável visto que é considerada a localização *standard* para armazenamento no centro logístico.

4.2.2.2. Fase 2 - Identificação dos problemas existentes

A segunda fase teve como objetivo analisar detalhadamente as ferramentas aplicadas na fase anterior e desse modo efetuar a identificação dos problemas existentes.

Assim, depois de ter sido efetuado uma análise do histórico e do valor atual do material existente em armazém dividido nas diferentes categorias, pretendeu-se verificar se seria possível aplicar a Lei de Pareto para definir quais as categorias mais expressivas em termos de ocupação, visto que esta Lei permite reduzir as categorias apenas às que são efetivamente essenciais a nível do volume ocupado.

Visto que para o tipo de análise efetuada foi necessário considerar um período discreto, foram utilizados os valores referentes ao final do mês de janeiro de 2022

Na tabela B.1 encontra-se a tabela de frequências que auxilia a construção do Diagrama de Pareto, representado na figura 4.5.

Com base no diagrama e na tabela enunciados (figura 4.5 e tabela B.1) pode aplicar-se a Lei de Pareto, pois observa-se que aproximadamente 70% do volume é ocupada por 21% das categorias, como é comprovado pelas linhas a tracejado presentes no diagrama.

Assim, as categorias mais expressivas são:

- (s);
- (f);
- (g);
- (u);
- (h);
- (p).

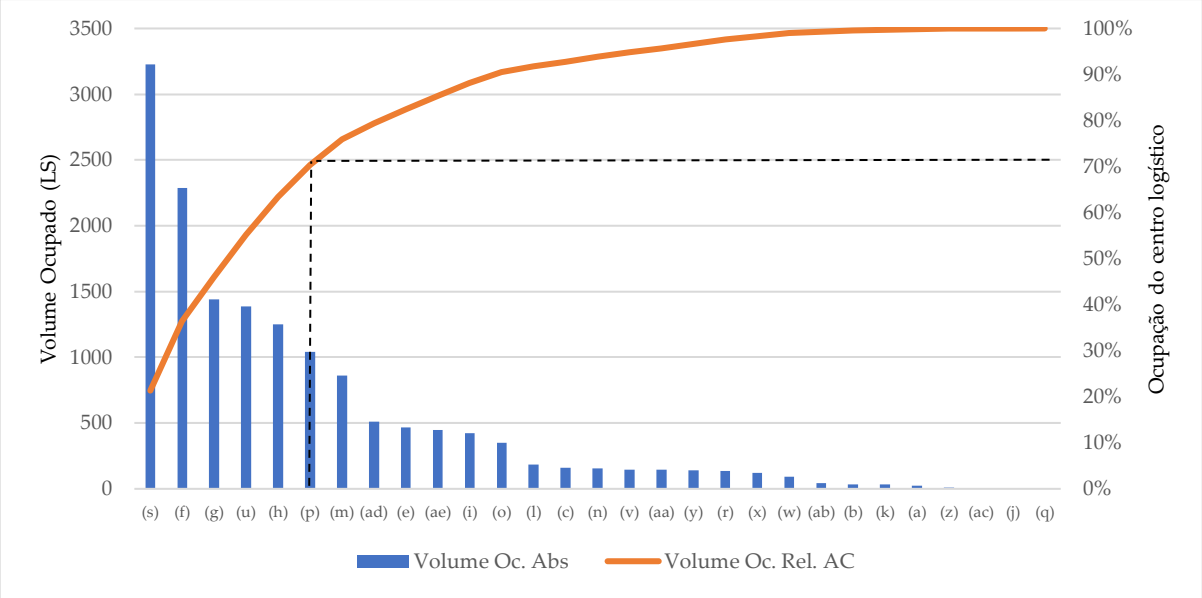


Figura 4.5 - Diagrama de Pareto das categorias de negócio

De modo a aprofundar a análise decidiu-se aplicar também a Lei de Pareto a estas categorias. Deve-se realçar que, como cada tipo de depósito tem o seu propósito associado e não é possível misturar material de diferentes tipos de depósito, foi considerado apenas o material pertencente ao tipo de depósito D.C., pois é aquele que apresenta um maior volume ocupado em armazém.

Desta forma, repetiu-se o procedimento anterior para a construção das tabelas de frequências e dos Diagramas de Pareto, considerando os valores obtidos para o final de abril de 2022.

Ressalva-se que não foi efetuada a aplicação do Diagrama de Pareto às categorias (f) e (h), pois apesar de serem consideradas expressivas em termos do volume ocupado em armazém, estas não contêm qualquer material no depósito D.C..

Assim, verificou-se que é possível aplicar a Lei de Pareto às categorias (s), (g), (u) e (p), pois:

- Na categoria (s), aproximadamente 78% da volumetria é ocupada por 7% das referências (tabela B.2 e figura C.1);
- Na categoria (g), aproximadamente 80% da volumetria é ocupada por 9% das referências (tabela B.3 e figura C.2);
- Na categoria (u), aproximadamente 72% da volumetria é ocupada por 20% das referências (tabela B.4 e figura C.3);

- Na categoria (p), aproximadamente 78% da volumetria é ocupada por 25% das referências (tabela B.5 e figura C.4).

De seguida foi efetuada a análise dos fluxogramas apresentados na fase anterior, com o objetivo de identificar a presença de atividades que resultem em desperdícios de acordo com a filosofia *Lean*.

Assim, foram identificadas três oportunidades de melhoria.

No caso das compactações destacam-se duas oportunidades de melhoria. A primeira é referente à atividade "Operador retira a lista das compactações que quer efetuar". Esta atividade provoca desperdícios ao nível do inventário, visto que o processo é apenas efetuado quando o operador sente que existe essa necessidade, não havendo qualquer rotina associada a esta operação, promovendo a acumulação de *stock*. A segunda oportunidade de melhoria está relacionada com a decisão "É possível efetuar a compactação?", pois desta forma existem tempos de espera, devido à necessidade de efetuar uma verificação para as compactações efetuadas e não efetuadas. A realização desta verificação implica que determinadas compactações, apesar de serem integradas na lista extraída do SAP, não podem ser fisicamente efetuadas, o que pode indiciar a existência de não-conformidades no momento de extração da lista de compactações, que dá início ao processo.

No caso do *picking* verifica-se, na decisão "*Picking* pedido corresponde a material do negócio A?", que este difere bastante dependendo se o material em questão é do negócio A ou do negócio B, sendo que no negócio A são retiradas as paletes completas das localizações, enquanto no negócio B são apenas retiradas as unidades desejadas para o *picking*. A retirada da palete completa no negócio A implica que no final do dia a palete tenha de voltar a ser arrumada na mesma localização, após terem sido utilizadas as unidades necessárias, aumentando o tempo associado, direta ou indiretamente, ao processo. Esta atividade provoca desperdícios ao nível da movimentação.

Desta forma, para sistematizar os problemas analisados e identificar outros problemas, através da experiência dos operadores e da equipa de gestão, que possam não ter sido recolhidos através da extração da informação, realizou-se uma reunião entre colaboradores das áreas do centro logístico.

A reunião incidiu sobre a sistematização de problemas relacionados com processos e fluxos físicos, sejam estes os já identificados anteriormente no capítulo ou outros que surgiram durante a reunião.

Assim, foram identificados as seguintes oportunidades de melhoria:

- 78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s);
- 80% da volumetria é ocupada por 9% das referências em (g);
- 72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u);
- 78% da volumetria é ocupada por 25% das referências em (p);

- As categorias (p), (e) e (y) são constituídas por material essencial para a operação do centro logístico, pelo que não deveriam constituir tanta volumetria ocupada devido à sua elevada rotação;
- Inexistência de controlo da rotatividade do *stock*;
- Existência de caixas armazenadas praticamente vazias;
- Tipos de posição existentes estão obsoletos.

4.2.2.3. Fase 3 - Priorização e análise dos problemas

Tendo em conta que não é possível resolver todos os problemas encontrados durante o período estipulado para a realização do estudo de caso, foi necessário encontrar uma forma para priorizar os mesmos. Assim, decidiu-se utilizar a matriz GUT, dado o seu elevado potencial para classificar e ordenar os problemas, tendo em contra três critérios: gravidade, urgência e tendência. Para classificar cada um dos critérios foi atribuído um valor entre 1 (menor prioridade) e 5 (maior prioridade), presentes na tabela 4.1, tendo em conta a descrição definida para cada um destes valores apresentada no capítulo 3.

Como se verifica pela tabela 4.1, os problemas que apresentam o maior valor da multiplicação entre os três critérios são considerados os problemas prioritários. Assim, os problemas que deverão ser alvo de maior atenção são:

- 78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s);
- Tipos de posição existentes estão obsoletos;
- 72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u);
- Inexistência de controlo da rotatividade do *stock*.

Com o objetivo de elaborar o plano de ação a seguir para resolver os problemas identificados, é necessário conhecer detalhadamente e notar a relevância que cada um deles tem.

Os problemas "78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s)" e "72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u)", podem ser analisados em conjunto dadas as suas semelhanças a nível analítico. Estes foram identificados anteriormente pela aplicação da Lei de Pareto e verifica que uma grande percentagem da volumetria ocupada por cada uma destas categorias é essencialmente constituída por um número relativamente reduzido de referências.

Para analisar estas referências em detalhe foram efetuadas várias visitas ao espaço de armazenagem onde foram observadas algumas das paletes que contêm as referências sinalizadas para cada uma destas categorias, de modo a tentar encontrar soluções para reduzir a volumetria associada à arrumação das categorias. Através da observação da arrumação das paletes nas localizações de várias referências identificadas pela Lei de Pareto, verificou-se que as localizações onde estavam arrumadas estas referências se encontravam bastante subaproveitadas, visto que existia bastante espaço vazio entre o topo da palete e o nível seguinte da estante.

Tabela 4.1 - Matriz GUT realizada aos problemas identificados

Problemas	G	U	T	GxUxT	Classificação
78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s)	5	4	5	100	1
Tipos de posição existentes estão obsoletos	4	4	4	64	2
72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u)	4	3	5	60	3
Inexistência de controlo da rotatividade do *stock*	3	4	4	48	4
80% da volumetria é ocupada por 9% das referências em (g)	4	3	2	24	5
78% da volumetria é ocupada por 25% das referências em (p)	3	3	2	18	6
As categorias (p), (e) e (y) são constituídas por material essencial para a operação do centro logístico, pelo que não deveriam constituir tanta volumetria ocupada devido à sua elevada rotação	2	2	3	12	7
Existem caixas armazenadas que estão praticamente vazias	2	2	2	8	8

Através da figura 4.6 é possível ter a perceção do subaproveitamento das localizações.

Figura 4.6 - Imagem ilustrativa do subaproveitamento das localizações em altura

Após ter sido efetuada esta observação procedeu-se à análise detalhada da altura das paletes com as referências expressivas e da altura das localizações utilizadas. No entanto, devido ao elevado número de referências abrangidas pela identificação efetuada através da Lei de Pareto, e ao esforço necessário para medir uma palete de cada uma das referências

identificadas, foram apenas analisadas as paletes que contêm as cinco referências mais expressivas a nível de volumetria da categoria (s) e as paletes que contêm as três referências mais expressivas a nível de volumetria da categoria (u). Os resultados obtidos encontram-se na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Alturas das paletes analisadas

Categoria	Referência	Altura da palete (centímetros)
(s)	2700005846	91
(s)	2700005835	103
(s)	2700005635	110
(s)	2700006055	108
(s)	2700005043	98
(u)	2700005717	96
(u)	2700005893	98
(u)	2700005498	120

A análise deste problema fica concluída através da utilização da técnica dos cinco porquês que permite, de uma forma simples, obter as causas, em vários níveis, associadas a um determinado problema. Para auxiliar a representação desta técnica decidiu-se realizar um diagrama em árvore que permite de uma forma simplificada e visual, resumir as conclusões obtidas, representado na figura 4.7.

O problema "Tipos de posição existentes estão obsoletos" surgiu durante a reunião efetuada através de várias intervenções efetuados pelos operadores que efetuam a movimentação de *stocks* internamente, pois encaram este problema diariamente.

Deste modo, foi novamente utilizada a técnica dos cinco porquês combinada com a utilização de um diagrama em árvore, para identificar as causas associadas a este problema, representado na figura 4.8.

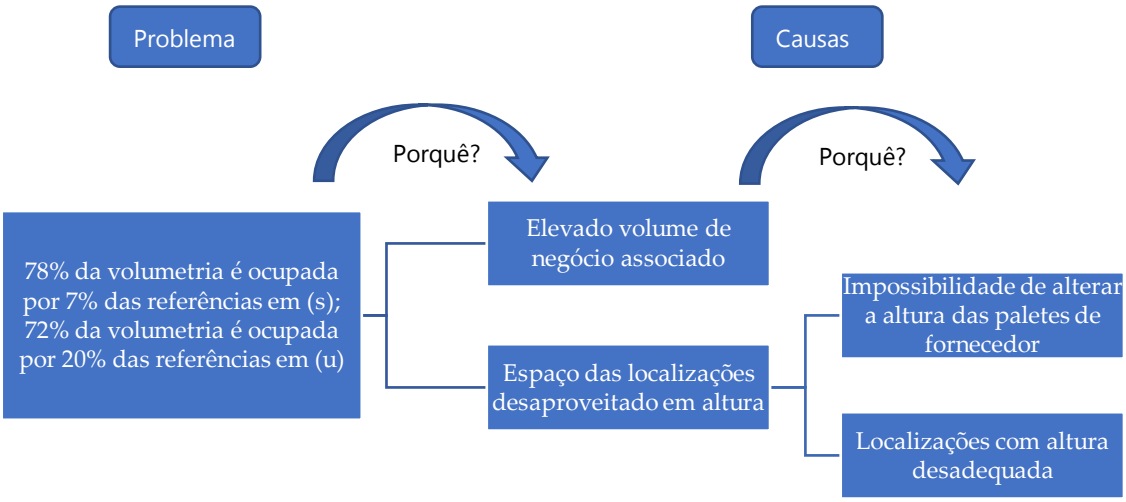


Figura 4.7 - Diagrama em árvore relativo ao problema 1. e 3.

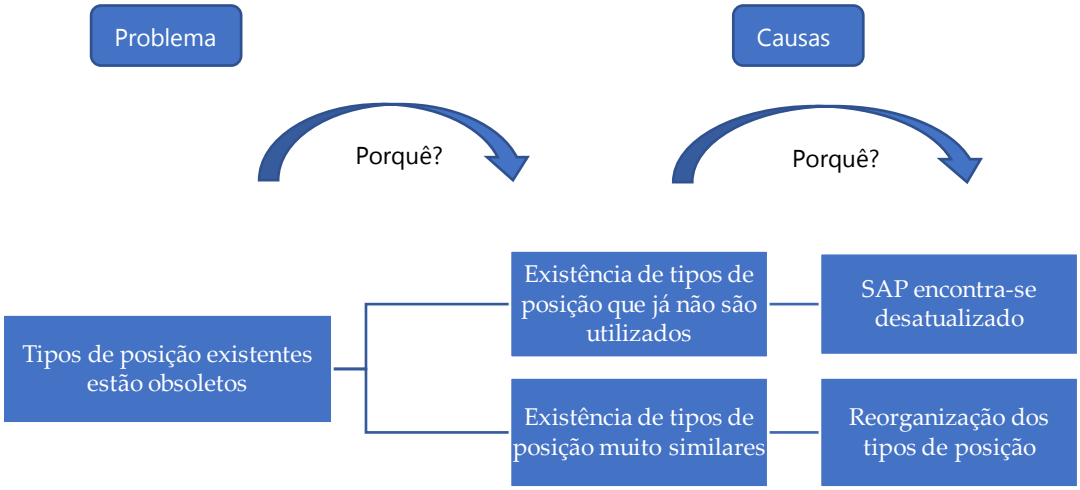


Figura 4.8 - Diagrama em árvore relativo ao problema 2.

O problema "Inexistência de controlo da rotatividade do *stock*" ganha especial importância pelo facto de, com as elevadas taxas de ocupação que assolam o centro logístico, ser necessário ter uma análise o mais detalhada possível sobre o *stock* armazenado, sendo que atualmente nas análises efetuadas mensalmente, não existe qualquer análise referente à rotatividade do *stock* existente.

Este controlo, para além de facilitar a gestão operacional no curto prazo, poderá também ser importante numa ótica de longo prazo, caso seja necessário movimentar *stock* para outro armazém, pois permite que o *stock* a movimentar seja segmentado tendo em conta a sua rotatividade.

Como efetuado nos problemas anteriores, recorreu-se também à técnica dos cinco porquês combinada com a utilização de um diagrama em árvore, de modo a perceber quais as principais causas associadas a este problema, representado na figura 4.9.

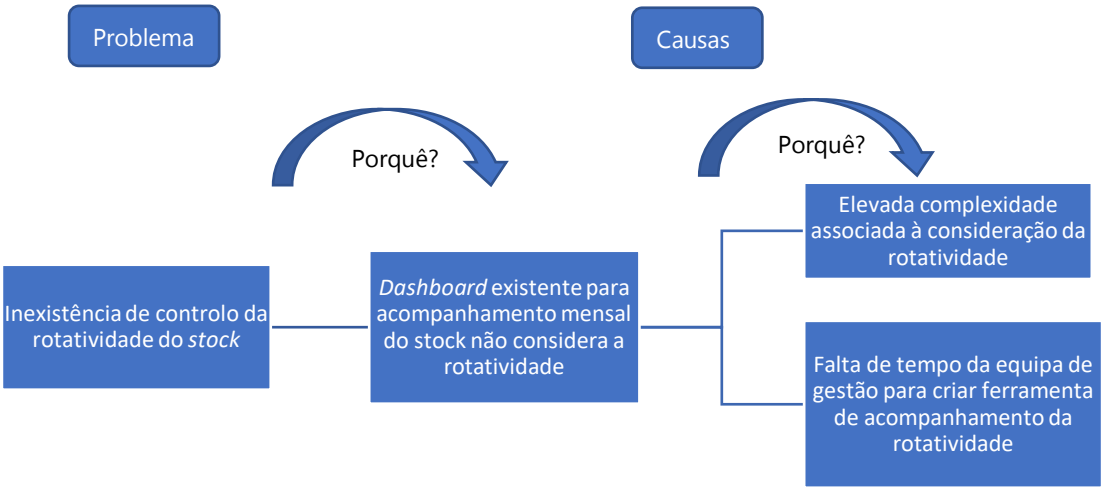


Figura 4.9 - Diagrama em árvore relativo ao problema 4.

4.2.2.4. Fase 4 - Elaboração de um plano de ação

A fase 4 tem como objetivo definir qual o plano de ação a seguir para resolver os problemas identificados anteriormente, bem como decidir quais as soluções que devem ser implementadas.

Para iniciar esta fase procedeu-se à definição das soluções a implementar para atuar sobre cada um dos problemas identificados tendo por base as suas causas-raiz. No entanto verificou-se que, na maioria dos casos, não seria possível atuar diretamente sobre as causas-raiz devido às suas características, pelo que as soluções encontradas pretendem contornar as causas-raiz impactando de igual modo os problemas.

Na tabela 4.3 encontram-se apresentados os eixos que constituem o plano de ação que irá ser desenvolvido nas fases seguintes.

Deve-se realçar que existe uma relação direta entre o conteúdo que está inserido na mesma linha da tabela 4.3, isto é, no caso da primeira linha da tabela, os problemas "78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s)" e "72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u)", serão mitigados através do desenvolvimento da ação de melhoria "Alteração da altura de determinadas localizações", sendo que a vantagem em adotar esta ação é relativa ao "melhor aproveitamento das localizações existentes no espaço de armazenagem". Sendo que este raciocínio se mantém para as linhas seguintes.

4.2.2.5. Fase 5 - Desenvolvimento de ações de melhoria

A fase 5 marca o fim do segmento de planeamento do ciclo PDCA e tem como objetivo desenvolver as ações de melhoria identificadas anteriormente, para que, numa fase posterior, estas possam ser devidamente colocadas em prática.

As ações de melhoria apresentadas irão dar resposta aos problemas identificados, de acordo com as relações representadas na tabela 4.3.

Inicialmente, foi desenvolvida a ação de melhoria "Alteração da altura de determinadas localizações".

Para verificar a exequibilidade da mudança de altura das estantes, em conjunto com a equipa responsável pela manutenção do centro logístico, foi efetuado um teste num conjunto de estantes do armazém onde a altura das localizações foi reduzida de 142 centímetros para 114 centímetros. Esta redução foi efetuada tendo por base os valores presentes na tabela 4.2, visto que apenas uma das referências apresentadas ultrapassa os 114 centímetros de altura.

Após ajustada a altura das localizações foram colocadas na estante paletes de três referências cuja altura foi previamente medida (tabela 4.2), tal como pode ser observado na figura 4.10.

Com a realização deste teste foi possível verificar que seria possível alterar a altura das barras da estante. No entanto constatou-se que uma redução excessiva poderia resultar numa dificuldade acrescida para os operadores de máquinas manobrarem as paletes, pelo que esse fator deve ser considerado nas simulações e análises seguintes.

Tabela 4.3 - Plano de ação seguido na presente iniciativa

Problemas	Ações de melhoria	Vantagens
78% da volumetria é ocupada por 7% das referências em (s); 72% da volumetria é ocupada por 20% das referências em (u).	Alteração da altura de determinadas localizações.	• Melhor aproveitamento das localizações existentes no espaço de armazenagem.
Tipos de posição existentes estão obsoletos.	Redefinição dos tipos de posição existentes.	• Evita enganos na arrumação de material; • Criação de uma base sólida para uma futura redefinição do *layout* do espaço de armazenagem.
Inexistência de controlo da rotatividade do *stock*.	Criação de ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do *stock*.	• Permite efetuar análises mais profundas ao *stock* existente; • Permite identificar os materiais com baixa rotatividade, permitindo alterar a sua localização.

Figura 4.10 - Ajuste efetuado para testar a exequibilidade da redução da altura

Assim, de modo a diminuir a quantidade de espaço subaproveitada, foram testados alguns cenários, de modo a perceber qual permitiria uma maior poupança de espaço no armazém. Para definir quais os cenários a testar foram consideradas as limitações físicas do armazém (limitação de colocação de *stock* até 9,07 metros) e as limitações associadas aos retráteis (altura máxima atingida pelos garfos dos retráteis é de 7,70 metros), no entanto, se for vantajoso, será possível substituir os retráteis existentes por outros com maior alcance, sem existir qualquer contra partida. Para se proceder à criação dos cenários, foi necessário recolher informação em relação ao volume ocupado por cada uma das referências cuja altura das paletes foi medida anteriormente. Assim, utilizando os dados do final do mês de abril de 2022 para o volume, foram obtidos os valores presentes na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Características e volumetria das referências analisadas

Categoria	Referência	Altura da palete (centímetros)	Volume (localizações *standard*)
(s)	2700005846	91	938
(s)	2700005835	103	254
(s)	2700005635	110	158
(s)	2700006055	108	120
(s)	2700005043	98	68
(u)	2700005717	96	112
(u)	2700005893	98	54
(u)	2700005498	120	21

Os cenários simulados consideram que as alterações serão efetuadas em estantes que apenas contenham localizações *standard* (142 centímetros de altura), sendo que atualmente um conjunto de estantes com localizações *standard* é constituído por seis níveis com três localizações cada, constituindo um total de dezoito localizações.

O primeiro cenário considera uma redução da altura das localizações de 142 centímetros para 114 centímetros, e é aplicável a todas as referências levantadas, exceto a uma referência de (u), por exceder limitação da altura.

A partir dos valores apresentados na tabela 4.4, tem-se que:

$$Volume\ Total = 938 + 254 + 158 + 120 + 68 + 112 + 54 = 1704 \quad (1)$$

Sendo que a redução na altura das localizações permitiria adicionar mais um nível por cada conjunto de estantes:

$$Níveis\ após\ implementação = 7 \quad (2)$$

Desta forma é possível obter o ganho das localizações através das seguintes expressões:

$$Conjuntos\ de\ estantes\ atual = \frac{1704}{6 * 3} = 94{,}67 \quad (3)$$

$$Conjuntos\ de\ estantes\ após\ implementação = \frac{1704}{7 * 3} = 81{,}14\ (4)$$

$$Localizações\ ganhas = (94 - 81) * 18 = 234\ \ (5)$$

O segundo cenário considera uma redução da altura das localizações de 142 centímetros para 114 centímetros, exceto no primeiro nível (nível de chão), sendo aplicável a todas as referências levantadas, exceto a uma referência de (u).

O terceiro cenário considera uma redução da altura das localizações de 142 centímetros para 97 centímetros, e é aplicável apenas a uma referência, de (s), pois apesar de existir uma referência de (u) com altura de 96 centímetros, uma margem de apenas 1 centímetro entre o final da palete e a barra da estante é muito reduzida e não permite aos operadores de máquinas manobrar as paletes.

O quarto cenário considera uma redução da altura das localizações de 142cm para 97cm, exceto no primeiro nível (nível de chão), e é aplicável apenas a uma referência de (s), pelos mesmos motivos apresentados no terceiro cenário.

Na tabela 4.5 encontram-se discriminados os valores obtidos para cada um dos cenários. Estes foram obtidos através da realização de cálculos similares aos apresentados para o cenário 1, tendo em atenção as características associadas a cada um dos cenários.

Tabela 4.5 - Resultados obtidos para cada um dos cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Volume Total (localizações *standard*)	1704	1704	938	938
Níveis após implementação	7	7	8	8
Conjuntos de estantes atual	95	95	52	52
Conjuntos de estantes após implementação	81	95	39	45
Localizações ganhas (localizações *standard*)	234	282	234	276

Com o objetivo de se desenvolver a segunda ação de melhoria, "Redefinição dos tipos de posição existentes", foi crucial realizar uma reunião entre membros das áreas do centro logístico, cujo trabalho fosse impactado diretamente pela alteração dos tipos de posição existentes. Assim, estiveram presentes responsáveis pela Receção e elementos responsáveis pela movimentação de *stock*s no armazém.

Como ponto de partida para a discussão, foi observada a análise dos tipos de posição existentes, que já tinha sido previamente efetuado na fase 1, tendo-se verificado que existiam 72 tipos de posição, valor que difere do obtido na fase 1, pois foram descobertos no SAP tipos de posição que não tinham sido considerados anteriormente.

Após ter sido feita a revisão dos tipos de posição existentes foi definido que seriam eliminados diretamente 12 tipos de posição. Para além de ligeiros ajustes entre outros tipos de posição.

Desta forma os 72 tipos de posição contabilizados inicialmente seriam reduzidos a 59.

Com o objetivo de desenvolver a terceira ação de melhoria, "Criação de ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do *stock*", para obter uma visão clara sobre quais as referências que têm uma maior rotatividade no armazém, foi construída uma ferramenta recorrendo ao *software Excel*.

A ferramenta necessita, como *inputs*, da procura de todos os produtos nos doze meses anteriores à data em que a atualização é feita, e do material existente em armazém, sendo que

Referência Mestre	Data Primeira Entrada	Média mensal de rotação nos últimos doze mese	Non mover - considerando histórico de 12 meses
73320	26/01/2022	Não aplicável	Não aplicável
51420	10/08/2021	Não aplicável	Não aplicável
84971	22/04/2022	Não aplicável	Não aplicável
41324	25/02/2019	0	Sim
76329	30/09/2020	4315	Não
61033	03/12/2020	0	Sim
68348	24/08/2020	13	Não
68348	24/08/2020	13	Não
79394	05/08/2020	110	Não
61033	03/12/2020	0	Sim
40003754	10/02/2022	Não aplicável	Não aplicável
51420	10/08/2021	Não aplicável	Não aplicável
61033	03/12/2020	0	Sim
61029	09/12/2020	0	Sim
61033	25/02/2022	Não aplicável	Não aplicável
61033	25/02/2022	Não aplicável	Não aplicável
61033	25/02/2022	Não aplicável	Não aplicável
51420	10/08/2021	Não aplicável	Não aplicável
73320	26/01/2022	Não aplicável	Não aplicável
61029	09/12/2020	0	Sim
68348	24/08/2020	13	Não
68348	24/08/2020	13	Não

ambos estes dados podem ser diretamente extraídos do SAP. Como *output* a ferramenta apresenta automaticamente a análise à rotatividade do *stock* armazenado, indicando claramente quais os *slow-movers* e os *non-movers* existentes.

Na figura 4.11 é possível visualizar parte da interface do modelo criado.

Figura 4.11 - Imagem ilustrativa da interface do modelo

Para que a ferramenta efetuasse as análises pretendidas, foi necessário criar indicadores auxiliares que permitissem definir a diferença entre *mover*, *slow-mover* e *non-mover*.

Assim, foi definido que um *slow-mover* seria um produto que demora mais do que um ano para que toda a quantidade existente em armazém seja gasta, assumindo que não existem variações expressivas na procura do produto nesse período.

A definição de *non-mover* foi efetuada de forma similar à anterior, no entanto, ao invés de um ano, este deverá demorar mais do que três anos para que a quantidade existente seja totalmente gasta.

Para efetuar esta distinção na ferramenta foram criados os parâmetros de procura significativa para *slow-movers* e *non-movers*.

O parâmetro de procura significativa *slow-movers* assume o valor de 8,33%, que corresponde ao inverso do número de meses percorridos para que o material seja considerado *slow-mover* (12 meses).

Para o parâmetro de procura significativa *non-movers* foi utilizado o valor de 2,78%, que corresponde ao inverso do número de meses percorridos para que o material seja considerado *slow-mover* (36 meses).

Assim, a expressão matemática (6) determina se um produto tem baixa rotação (*slow/non-mover*), dependendo do valor utilizado no parâmetro de procura significativa. Desta forma, caso o valor obtido seja superior a 1, a referência analisada é um *slow/non-mover*. Caso seja inferior a 1, significa que o produto em questão não tem uma baixa rotação.

$$\frac{Stock\ total\ existente\ do\ produto\ X * Parâmetro\ de\ Procura\ Significativa}{Média\ de\ procura\ mensal\ do\ produto\ X} \quad (6)$$

De seguida, foram criados vários tipos de tabelas e gráficos que servem como base para a análise aos resultados do modelo criado, o que permite obter uma visão geral sobre a situação do armazém, ao invés de apenas se observar os produtos individualmente.

Com a criação desta ferramenta é pretendido que a informação obtida permita à equipa responsável pela gestão do armazém identificar objetivamente quais os materiais que têm uma menor rotatividade. Desta forma, e tal como identificado no capítulo 2, será possível, em iniciativas futuras proceder-se a uma otimização do *layout* do armazém através de uma reorganização que tivesse como base a rotatividade dos produtos, permitindo que aqueles que tivessem uma taxa de rotação mais elevada pudessem ser colocados em localizações estratégicas, de modo a aumentar a eficiência dos processos de arrumação de material e de *picking* em armazém. Assim, é expectável que a implementação desta ação de melhoria permita efetuar a distinção entre diferentes materiais com base na sua rotatividade.

A nível de contributos a curto prazo espera-se que os resultados obtidos apresentem uma quantidade muito reduzida em *stock* de *non-movers*, visto que, de acordo com a política definida para o negócio da empresa, não é esperado que os produtos permaneçam armazenados durante um período superior a dois anos.

4.2.2.6. Fase 6 - Implementação de ações melhoria

Após terem sido efetuadas as simulações procedeu-se à implementação das ações de melhoria que se consideraram prioritárias.

Relativamente à "Alteração da altura de determinadas localizações", esta não foi implementada de imediato, devido ao elevado impacto no centro logístico que uma alteração massiva como qualquer uma das simuladas teria, este processo terá de ser efetuado de uma forma faseada ao longo de um largo período, não sendo possível desta forma, na presente iniciativa, proceder à implementação prática da melhoria assinalada e mensurar os resultados obtidos e verificar se a simulação dos cenários efetuada se traduziria na realidade.

Ainda assim, procedeu-se à análise das vantagens e desvantagens de cada um dos cenários simulados na fase anterior, presentes na tabela 4.6.

Com base na análise da tabela 4.6 considera-se que o cenário 2 será o mais adequado, pois apesar de apresentar como desvantagem a requisição de mudança dos retráteis

existentes, resulta no maior número de localizações ganhas e maximiza também o aproveitamento das dimensões do centro logístico.

Deste modo, conclui-se que a implementação do cenário sugerido resultaria num ganho de 282 localizações, o que, comparando com a atual capacidade do centro logístico, corresponde a 1,7% tal como demonstrado na equação (7).

Tabela 4.6 - Sistematização das vantagens e desvantagens dos cenários simulados

Cenário	Localizações ganhas	Vantagens	Desvantagens
1	234	Não requer mudança de empilhadora	
2	282	Maior aproveitamento da altura do centro logístico	Requer mudança de retráteis
3	234	Não requer mudança de empilhadora	
4	276	Maior aproveitamento da altura do centro logístico	Requer mudança de retráteis

$$Ganho\ de\ localizações\ relativo = \frac{282}{16656} \approx 1{,}7\% \quad (7)$$

Este valor significa que por cada 100 localizações existentes no espaço de armazenagem existiria um ganho de, aproximadamente, 1,7 localizações, o que, para um espaço de armazenagem com 16656 localizações é um valor muito significativo.

No Anexo D encontra-se representado o layout do espaço de armazenagem. Na figura D.1 apresentada, os retângulos com contorno a vermelho representam os conjuntos de estantes existentes em armazém, cada um com dezoito localizações *standard*, sendo que aqueles com preenchimento a azul representam, de forma figurativa, o ganho de localizações consequente da implementação da ação de melhoria delineada.

Em relação à ação de melhoria, "Redefinição dos tipos de posição existentes" dada a natureza subjacente aos tipos de posição, a sua redefinição está diretamente dependente de uma reprogramação do SAP, pelo que os desenvolvimentos pretendidos e descritos na fase anterior foram remetidos à equipa de IT do centro logístico, juntamente com os restantes requisitos previamente identificados.

O impacto que a implementação futura desta medida poderá ter no centro logístico deve ser mensurado através da medição do tempo gasto pelos operadores da equipa responsável pela receção de materiais sempre que estes dão entrada a novos produtos no armazém, pois a nova atualização proposta permitirá reduzir o tempo expectável, devido à eliminação de tipos de posição inutilizados que se encontravam ainda disponíveis.

Relativamente à ação de melhoria "Criação de ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do stock, esta foi criada e aplicada pela primeira vez no mês de abril.

Uma parte ilustrativa dos resultados gerados pelo modelo para o final do mês de abril encontra-se apresentada nas figuras 4.12 e 4.13.

Desta forma foi possível obter uma visão, inexistente até então, relacionada com os produtos existentes em armazém e a taxa de rotação a que estão associados.

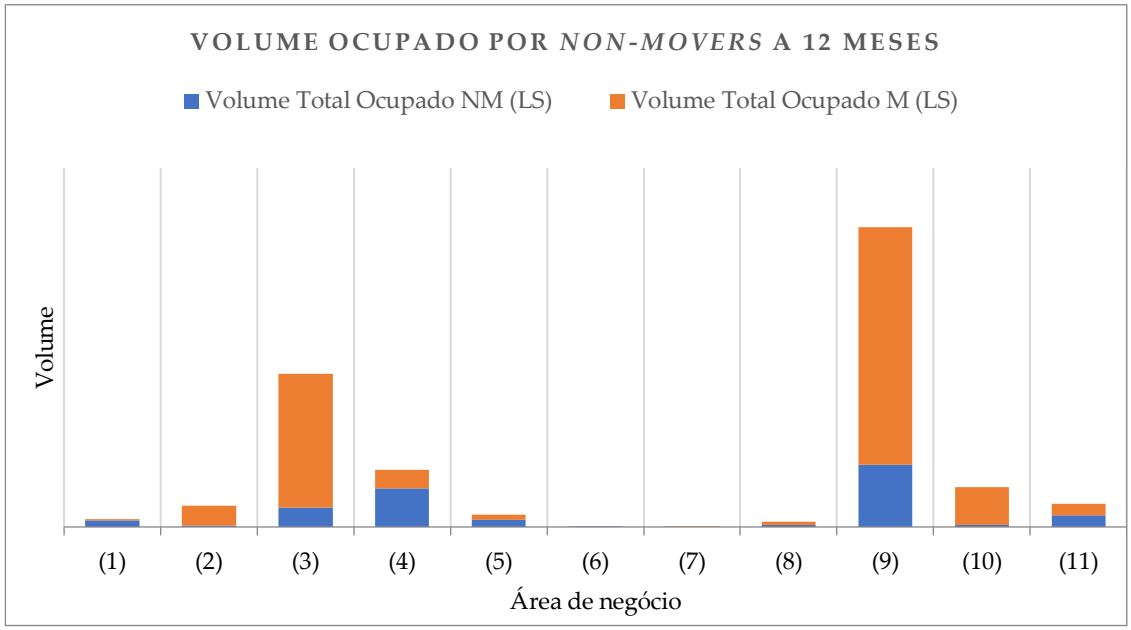


Figura 4.12 - Gráfico que representa o volume de *non-movers* em relação ao total por área de negócio

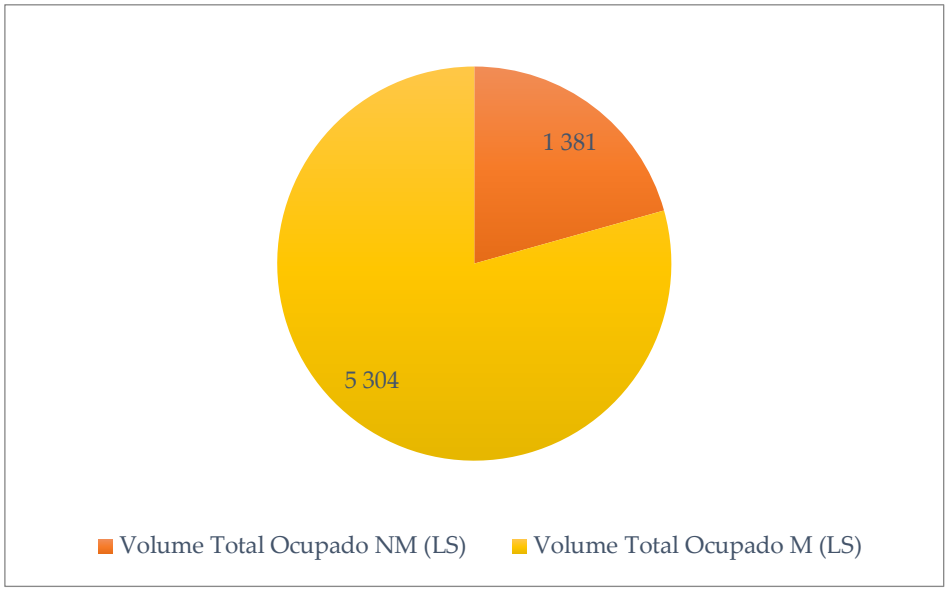


Figura 4.13 - Gráfico circular que representa o volume de *non-movers* em relação ao total na área de negócio (9)

Os resultados obtidos pela ferramenta encontram-se agregados na tabela E.1, onde se pode verificar que cerca de 24% do volume ocupado em armazém corresponde a produtos considerados *non-movers*.

4.2.2.7. Fase 7 - Avaliação das ações propostas e padronização

A fase 7 dá por terminada a iniciativa e consiste nas duas etapas finais do ciclo PDCA, o *Check* e o *Act*.

Depois de terem sido implementadas as ações de melhoria foi necessário garantir que estas eram devidamente acompanhadas e garantiam os resultados que se esperava.

Relativamente à redução da altura das localizações determinadas, através dos cálculos efetuados na fase 5 e da comparação efetuada na fase 6, prevê-se que a implementação desta medida tenha um impacto equivalente à adição de 282 localizações *standard*. No entanto, devido a constrangimentos relacionados com a duração da presente iniciativa e com a dimensão das alterações a serem efetuadas, não é possível mensurar no imediato os resultados reais que serão obtidos pela implementação da ação. Assim, de acordo com o processo cíclico que envolve as ações de melhoria contínua, para efetuar a medição do valor real obtido pela implementação, numa futura iniciativa, deve-se efetuar uma observação da área de armazém que sofreu a alteração na altura das prateleiras e contabilizar o número de localizações que ficaram vazias após ter sido efetuada a alteração. Assim, para medir a eficácia associada à redução, sugere-se que se efetue uma comparação direta entre o valor observado de localizações que ficaram vazias com o valor expectável calculado na fase 5, de modo a entender se a expectativa foi devidamente cumprida. Esta comparação deverá ser efetuada através da aplicação da expressão $\frac{|Valor\ expectável - Valor\ real|}{Valor\ expectável} * 100\ (8)$. Desta modo, tem-se que, quanto mais próximo de zero estiver o valor calculado, mais próximo da expectativa o valor real se encontra. Caso o valor obtido para o indicador seja superior a 10% deve-se perceber através de visitas ao espaço de armazenagem, qual o motivo para esta diferença, com o objetivo de, em iniciativas futuras, ser possível efetuar uma nova melhoria relativa a este problema.

A melhoria relativa à redução dos tipos de posição, devido ao desenvolvimento que requere do SAP, não foi implementada na presente iniciativa. No entanto, os seus resultados devem ser mensurados numa futura iniciativa. Assim, como referido na fase anterior, os ganhos decorrentes desta alteração devem ser mensurados através da medição do tempo gasto pelos operadores da equipa responsável pela receção de materiais ao darem entrada de novos produtos no armazém, devendo este novo tempo ser comparado com o tempo que era, em média, dispendido antes da alteração ser efetuada.

Em relação aos resultados obtidos através da ferramenta de análise à rotação do *stock* no mês de abril foi possível identificar quais os produtos existentes em armazém com maiores e menores taxas de rotatividade.

Desta forma verificou-se que os valores apresentados pela ferramenta em relação à quantidade de *non-movers* existentes em armazém difere bastante do resultado expectável, indicado na fase 5, onde se esperava que o valor associado a este material fosse residual. No entanto, através da aplicação da ferramenta foi possível verificar que cerca de 24% do volume ocupado em armazém corresponde a produtos considerados *non-movers*. Em futuras iniciativas e no âmbito da implementação de uma filosofia de melhoria contínua, deve-se procurar mitigar este valor, através de uma nova aplicação da metodologia proposta.

Em relação às expectativas criadas relativas ao funcionamento da ferramenta, estas foram totalmente cumpridas, e desta forma foi possível alertar de forma imediata os

departamentos responsáveis pelas áreas e categorias de negócio com maior percentagem de *non-movers*, bem como segmentar os produtos existentes pela sua taxa de rotação permitindo que, em futuras iniciativas, possam ser consideradas alterações diretamente dependentes deste parâmetro, como por exemplo, uma alteração do *layout* do armazém que seja baseada na taxa de rotação dos produtos.

Com a perspetiva de se proceder à automatização da atualização da ferramenta no futuro, foi construído um manual que detalha todos os passos que devem ser efetuados para a atualização da ferramenta mensalmente. Os passos do manual encontram-se detalhados no Anexo F.

5. CONCLUSÃO

5.1. Conclusões gerais

A aplicação da filosofia *Lean* em organizações dos mais variados setores de negócio tem-se revelado como cada vez mais fundamental, devido ao seu potencial para maximizar a eficiência associada aos processos das empresas.

A presente dissertação teve como objetivo principal implementar a filosofia *Lean* na gestão de armazéns, pois estes são uma peça fundamental para a maioria das organizações. Desta forma foi definida a questão de investigação: "Como melhorar a gestão de armazéns usando a filosofia *Lean*?". De modo a obter uma resposta fundamentada foram definidos vários objetivos, tais como a realização de uma revisão de literatura detalhada sobre o tema e a estruturação de uma metodologia de melhoria contínua aplicada a um contexto de um espaço de armazenagem, tendo como foco a caracterização do espaço atual e a identificação de soluções para os problemas identificados.

A revisão da literatura destacou a importância da implementação de práticas *Lean* na gestão de armazéns, ao permitir minimizar as atividades que não entregam valor acrescentado resultando numa gestão mais eficiente da cadeia de abastecimento (Myerson, 2012). No entanto ressalvou que, apesar de os objetivos gerais no *Lean* aplicado à gestão de armazéns serem os mesmos que no *Lean Manufacturing*, os objetivos particulares diferem visto que os processos específicos associados à operação de armazéns são diferentes em relação a um contexto de fábrica (Buonamico et al., 2017). Ainda assim, ao longo da revisão da literatura foi visível que a integração da filosofia *Lean* com a gestão de armazéns, é uma mais-valia na melhoria da eficiência dos processos existentes em armazém, tal como demonstrado nos sucessivos casos de sucesso recentes da implementação do *Lean Warehousing*.

Tendo por base o conhecimento obtido na literatura, procedeu-se à criação de uma metodologia que foi posteriormente validada através da realização de um estudo de caso num centro logístico.

Na fase inicial da aplicação da metodologia proposta foi efetuada uma recolha de informação relativa aos processos existentes em armazém. A informação recolhida permitiu obter

uma visão geral do estado do armazém e obter os dados necessários para se proceder à identificação dos principais problemas existentes.

Na segunda fase da aplicação procedeu-se à análise da informação recolhida e à identificação dos principais problemas. Deste modo, foram encontrados os principais focos sobre os quais a iniciativa iria atuar.

Na terceira fase foi efetuada uma priorização dos problemas encontrados, o que permitiu definir de uma forma objetiva quais os principais focos de atuação da presente iniciativa. Assim, os três problemas considerados foram: o elevado volume ocupado por um número reduzido de referências de categorias específicas, a existência de tipos de posição obsoletos e a inexistência de controlo da rotatividade do *stock*.

Na quarta fase foi definido um plano de ação que teve como objetivo definir quais as ações de melhoria a ser efetuadas, de modo a mitigar ou eliminar os problemas. Assim, foi estabelecida a relação direta entre a oportunidade de melhoria e a melhoria a implementar, ficando definido que as ações de melhoria que procurariam ser implementadas seriam: a alteração da altura de determinadas localizações, a redefinição dos tipos de posição existentes e a criação de uma ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do *stock*.

Na quinta fase foram desenvolvidas as ações de melhoria previamente identificadas, de modo a conferir a sua possível implementação e viabilidade nas etapas seguintes, tendo-se também realizado simulações com o objetivo de definir qual a expectativa de ganhos diretos para o armazém derivado da implementação das medidas consideradas.

Na penúltima fase procedeu-se à implementação das melhorias previamente desenvolvidas. No entanto apenas foi possível implementar na sua plenitude a melhoria relacionada com a criação da ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do stock, que demonstrou a capacidade de efetuar a análise pretendida e segmentar os produtos armazenados de acordo com a sua rotatividade. Assim verificou-se que 24% do volume ocupado no armazém é constituído por non-movers. A medida relacionada com a alteração da altura de determinadas localizações foi devidamente simulada, de modo a perceber qual o impacto que é expectável que esta alteração tenha quando for implementada. Desta forma verificou-se que a sua implementação se deverá traduzir num ganho de 1,7% das localizações existentes em armazém. A medida relacionada com a redefinição dos tipos de posição existentes, pelas suas características não foi possível mensurar, porém é indicada a forma como esta deve ser mensurada após a sua implementação numa iniciativa de melhoria contínua posterior.

Na fase final, que englobou as duas últimas etapas do ciclo PDCA, foram avaliadas as ações implementadas e comparados os resultados obtidos com as expectativas criadas na fase 5, e no caso das ações que não foram implementadas na presente iniciativa foram indicados quais os passos a seguir, de modo a mensurar os ganhos obtidos aquando da sua implementação. Assim, no caso da melhoria relativa à criação da ferramenta que efetue o controlo da rotatividade do stock, verificou-se que os resultados obtidos divergem bastante da expectativa criada inicialmente, que esperava que a quantidade de non-movers presentes no armazém

fosse residual. Desta forma, de acordo com a filosofia de melhoria contínua, este deve ser um problema que se deve mitigar em futuras iniciativas.

Através da realização do estudo de caso foi possível verificar que a metodologia proposta possui a capacidade para implementar a filosofia *Lean* num contexto de armazenagem conduzindo a ganhos concretos a nível da gestão de armazéns, devidamente documentados no capítulo anterior. No entanto esta aplicação permitiu também apurar que a presente metodologia se encontra mais direcionada para uma implementação da filosofia *Lean* através da adoção de medidas incrementais, que permitem uma melhoria gradual dos processos, ao invés da adoção de medidas mais extremas, como por exemplo uma alteração do *layout* de um armazém. Este ponto constitui uma limitação da metodologia, dado que, por vezes é necessário adotar medidas com um maior impacto de uma forma imediata.

Assim, deve ser mantida no armazém uma filosofia *Lean*, que permita a identificação de oportunidades de melhoria, pelo que é importante que todos os colaboradores mantenham um pensamento que tenha por base a melhoria contínua e utilizem os conhecimentos aprendidos de iniciativa em iniciativa, de modo a encontrar sempre novas possibilidades de incrementar a eficiência dos processos utilizados.

5.2. Recomendações futuras

A aplicação da filosofia *Lean* está assente nos princípios da melhoria contínua, e, como o nome indica, este deve ser um processo que se prolonga ao longo do tempo e que nunca deve ser dado como terminado.

Tendo por base este princípio, também a metodologia proposta deve ser alvo de melhorias incrementais. Assim, futuramente, a metodologia deverá ser aperfeiçoada através da utilização de outras ferramentas da qualidade ou de técnicas auxiliares, especialmente nas etapas *Do, Check* e *Act*, visto que a grande parte das ferramentas que são utilizadas na metodologia se concentram na etapa *Plan*, contribuindo assim para uma maior robustez da metodologia na fase inicial, que tende a desvanecer nas fases seguintes.

BIBLIOGRAFIA

Abrahamsson, M., & Rehme, J. (2010). The Role of Logistics in Retailers' Corporate Strategy-a Driver for Growth and Customer Value. *Supply Chain Forum: an International Journal*, *11*. https://doi.org/10.1080/16258312.2010.11517243

Aljunaidi, A., & Ankrak, S. (2014). The Application of Lean Principles in the Fast Moving Consumer Goods (FMCG). *Journal of Operations and Supply Chain Management*, *7*, 1. https://doi.org/10.12660/joscmv7n2p1-25

Andjelkovic, A., Radosavljevic, M., & Stošić Panić, D. (2017). Effects of Lean Tools in Achieving Lean Warehousing. *Economic Themes*, *54*, 517–534. https://doi.org/10.1515/ethemes-2016-0026

Bartholdi, J., & Hackman, S. (2019). *Warehouse & Distribution Science Release 0.98.1*. The Supply Chain & Logistics Institute, H. Milton Stewart School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology.

Begam, M., Swamynathan, R., & Sekkizhar, J. (2013). Current Trends on Lean Management—A review. *International Journal of Lean Thinking*, *4*(2).

Behrouzi, F., & Wong, K. Y. (2011). Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. *Procedia Computer Science*, *3*, 388–395. https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.065

Berg, J., & Zijm, W. H. M. (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics*, *59*, 519–528. https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00114-5

Bottani, E., Tebaldi, L., Rossi, M., & Casella, G. (2020). *A storage assignment simulation model for optimizing processes in an e-commerce warehouse of a fashion supply chain*. https://doi.org/10.46354/i3m.2020.hms.001

Buonamico, N., Muller, L., & Camargo, M. (2017). A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance. *Supply Chain Forum: An International Journal*, *18*(2), 96–111. https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1293466

Carvalho, J. M. C. de. (2002). *Logística*. Lisboa, Portugal: Sílabo.

Che-Ani, M. N., Kamaruddin, S., & Azid, I. A. (2017). Towards just-in-time (JIT) production system through enhancing part preparation process. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 669–673. https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289975

Coyle, J. J. (2013). *Supply chain management: A logistics perspective*. Mason, Ohio: South-Western Cengage Learning.

Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., & Costantino, N. (2013). *A lean warehousing integrated approach: A case study*. 1–7. https://doi.org/10.1109/ETFA.2013.6648030

Edis, E. B., Uzun Araz, O., Eski, O., & Sancar Edis, R. (2022). Storage location assignment of steel coils in a manufacturing company: An integer linear programming model and a greedy randomized adaptive search procedure. *TOP*. https://doi.org/10.1007/s11750-022-00625-5

Farahani, R. Z. (2011). *Logistics operations and management concepts and models*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2010-0-67008-8

Faveto, A., Traini, E., Bruno, G., & Lombardi, F. (2021). Development of a key performance indicator framework for automated warehouse systems. *IFAC-PapersOnLine*, *54*(1), 116–121. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.013

Gangidi, P. (2018). A systematic approach to root cause analysis using 3 × 5 why's technique. *International Journal of Lean Six Sigma*, *10*(1), 295–310. https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114

George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. McGraw Hill Professional.

Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control* (Reprint). Chichester, Inglaterra: Wiley.

Gozali, L., Marie, I. A., Natalia, Kustandi, G. M., & Adisurya, E. (2020). Suggestion of Raw Material Warehouse Layout Improvement Using Class-Based Storage Method (case study of PT. XYZ). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1007*(1), 012024. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012024

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, *177*(1), 1–21. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025

Guerriero, F., Pisacane, O., & Rende, F. (2015). Comparing heuristics for the product allocation problem in multi-level warehouses under compatibility constraints. *Applied Mathematical Modelling*, *39*(23), 7375–7389. https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.02.047

Hart, K. A., Steinfeldt, B. A., & Braun, R. D. (2015). Formulation and Applications of a Probabilistic Pareto Chart. Em *56th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. https://doi.org/10.2514/6.2015-0804

Islam, M. R., Ali, S. M., Fathollahi-Fard, A. M., & Kabir, G. (2021). A novel particle swarm optimization-based grey model for the prediction of warehouse performance. *Journal of Computational Design and Engineering*, *8*(2), 705–727. https://doi.org/10.1093/jcde/qwab009

Jaber, A. M., & Burhan, A. M. (2020). Analyzing the Obstacles of Investment Process in Iraq Using (5 Whys) and Focus Group Discussion (FQD) Techniques. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *901*(1), 012030. https://doi.org/10.1088/1757-899X/901/1/012030

Ketchanchai, P., Tangchaidee, K., & Kongprasert, N. (2021). Lean Warehouse Management through Value Stream Mapping: A Case Study of Sugar Manufacturing Company in Thailand. *2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 192–196. https://doi.org/10.1109/ICIEA52957.2021.9436732

Kucuk Yilmaz, A. (2019). Transformation process risk management to sustainable corporate performance and quality management: Developing flowcharts for approved training organization. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, *92*(2), 201–212. https://doi.org/10.1108/AEAT-07-2019-0151

Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1723–1729. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240

Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6), 662–673. https://doi.org/10.1205/cherd.04351

Moen, R., & Norman, C. (2009). Evolution of the PDCA cycle. *7th ANQ Congress*.

Muppani (Muppant), V. R., & Adil, G. K. (2008). Efficient formation of storage classes for warehouse storage location assignment: A simulated annealing approach. *Omega*, *36*(4), 609–618. https://doi.org/10.1016/j.omega.2007.01.006

Murphy, P. R., & Poist, R. F. (2003). Green perspectives and practices: A "comparative logistics" study. *Supply Chain Management: An International Journal*, *8*(2), 122–131. https://doi.org/10.1108/13598540310468724

Myerson, P. (2012). *Lean supply chain and logistics management*. Nova Iorque, Nova Iorque: McGraw-Hill.

Oey, E., & Nofrimurti, M. (2017). Lean implementation in traditional distributor warehouse—A case study in an FMCG company in Indonesia. *International Journal of Process Management and Benchmarking*. https://www.inderscience-online.com/doi/10.1504/IJPMB.2018.088654

Pandya, H., & Shah, S. P. (2015). *Lean Manufacturing Implementation Using Value Stream Mapping In an Automotive Industry*. https://doi.org/10.21090/ijaerd.0205113

Perez-Morante, M., Donoso-Muñoz, T., Altamirano, E., & del Carpio, C. (2021). Model Focused on Increasing Picking Efficiency through Lean and Cycle Counting. *The 2021 7th International Conference on Industrial and Business Engineering*, 32–37. https://doi.org/10.1145/3494583.3494589

P.G, A., & Pratap, M. (2020). Achieving Lean Warehousing Through Value Stream Mapping. *South Asian Journal of Business and Management Cases*, *9*(3), 387–401. https://doi.org/10.1177/2277977920958551

Prasetyawan, Y., Khairani Simanjuntak, A., Rifqy, N., & Auliya, L. (2020). Implementation of Lean Warehousing to Improve Warehouse Performance of Plastic Packaging Company. *IOP*

Conference Series: Materials Science and Engineering, *852*(1), 012101. https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012101

Qaiser, F. H., Ahmed, K., Sykora, M., Choudhary, A., & Simpson, M. (2017). Decision support systems for sustainable logistics: A review and bibliometric analysis. *Industrial Management & Data Systems*, *117*(7), 1376–1388. https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0410

Quintanilla, S., Pérez, Á., Ballestín, F., & Lino, P. (2015). Heuristic algorithms for a storage location assignment problem in a chaotic warehouse. *Engineering Optimization*, *47*(10), 1405–1422. https://doi.org/10.1080/0305215X.2014.969727

Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, *33*(3), 695–700. https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.014

Reyes, J., Solano-Charris, E., & Montoya-Torres, J. (2019). The storage location assignment problem: A literature review. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, *10*(2), 199–224.

Roos, D., Womack, J. P., & Jones, D. T. (2014). *The machine that changed the world: The story of lean production-- toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster, 2007.

Sanchez, N. Y. E., Santos, P. Y. S., Lastra, G. E. M., Flores, J. C. Q., & Merino, J. C. A. (2021). Implementation of Lean and Logistics Principles to Reduce Non-conformities of a Warehouse in the Metalworking Industry. *2021 10th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 89–93. https://doi.org/10.1109/ICITM52822.2021.00024

Serrat, O. (2009). The Five Whys Technique. *Asian Development Bank*.

Sharma, S., & Shah, B. (2016). Towards lean warehouse: Transformation and assessment using RTD and ANP. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *65*, 571–599. https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2015-0061

Sun, X., Yu, H., Solvang, W. D., Wang, Y., & Wang, K. (2022). The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: A systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(7), 9560–9591. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17693-y

Tangen, S. (2004). Performance measurement: From philosophy to practice. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *53*(8), 726–737. https://doi.org/10.1108/17410400410569134

van der Aalst, W. M. P. (2011). Process mining: Discovering and improving Spaghetti and Lasagna processes. *2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/CIDM.2011.6129461

Villacrez-Zelada, A., Liñer-Hernandez, J., & Viacava-Campos, G. (2022). Service Level Optimization Using ABC Distribution, Forecasts and the Packaging and Stowage Model through Lean Warehousing at a SME Marketing Company. *2022 8th International Conference on Information Management (ICIM)*, 171–175. https://doi.org/10.1109/ICIM56520.2022.00038

Werkema, C. (2012). *Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas*. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier.

Wilkinson, L. (2006). Revising the Pareto Chart. *The American Statistician*, *60*(4), 332–334. https://doi.org/10.1198/000313006X152243

Worley, J. M., & Doolen, T. L. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. *Management Decision*, *44*(2), 228–245. https://doi.org/10.1108/00251740610650210

Xu, Q., & Liang, N. (2017). Design of intelligent logistics system based on GPS and internet of things. *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, *55*, 704–712.

Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks, Califórnia: SAGE.

ANEXOS

Anexo A: Evolução dos volumes existentes em armazém

Tabela A.1 - Evolução do volume em localizações *standard* por tipo de posição

	2021												2022
TP	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
100	0	255	260	188	401	423	479	547	421	478	449	423	369
101	345	371	356	340	343	368	377	368	377	356	384	355	372
102	9	12	12	11	13	12	11	11	10	10	11	7	7
103	2193	2100	2148	2404	2606	2683	2655	3024	2920	3009	3327	3361	3257
104	586	556	541	549	467	484	475	431	424	406	436	434	419
107	424	393	379	411	361	350	336	347	353	377	399	436	445
108	21	21	21	21	21	20	20	20	20	15	18	20	20
110	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	12
111	659	571	656	695	637	631	624	623	617	635	621	646	626
116	46	46	45	48	69	82	76	90	90	90	86	85	98
117	0	0	0	0	1	8	22	32	40	47	45	47	42
120	515	518	468	397	490	428	391	602	852	798	867	965	848
121	104	93	97	99	103	121	119	127	127	137	45	47	132
122	385	391	392	386	385	285	151	145	143	151	149	152	205
123	650	679	654	674	671	611	550	572	568	522	454	401	380
125	296	430	416	456	451	457	406	493	457	391	330	301	391
126	6	6	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
127	447	433	349	219	218	218	119	14	35	0	0	0	0
130	15	11	11	11	14	14	15	15	15	14	15	13	13
190	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1SO	11	14	20	21	16	17	16	17	7	7	5	9	9
204	2185	2032	2017	2295	2381	2298	2195	1883	1736	1844	1676	1501	1682
207	636	623	657	680	654	627	624	651	887	926	897	925	907
217	404	404	375	460	511	515	504	561	499	486	500	492	543
222	1615	1743	1914	2124	2104	2128	2171	2036	1855	1866	1815	2024	2053
290	4	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
401	328	316	348	348	348	348	348	419	347	441	479	476	557
402	48	48	48	48	48	48	60	60	60	60	72	72	72

Tabela A.1 - (continuação)

	2021												2022
TP	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
403	575	575	575	575	575	575	575	575	575	575	575	543	543
404	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
405	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	15	15
406	156	156	156	156	156	156	156	147	147	147	147	147	148
407	237	237	237	237	237	237	237	237	237	228	228	244	240
408	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	230	230
409	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
410	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
411	39	24	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0
412	261	279	319	309	390	360	318	219	230	230	248	211	193
413	94	94	94	103	103	103	103	103	103	103	106	106	106
414	0	0	0	0	6	15	15	141	21	15	15	15	15
415	0	0	0	0	0	0	0	48	60	96	132	306	414
R02	0	0	0	0	166	102	36	10	1	31	1	1	30

Tabela A.2 - Evolução do volume em localizações *standard* ocupado por depósito

	2021												2022
Depósito	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
8302	12	19	15	15	16	578	591	342	7	9	9	943	939
8307	1229	1361	1445	1378	1463	1186	1118	1121	1175	1204	1286	792	780
8308	542	553	527	513	493	500	510	582	599	583	547	577	584
8312	358	439	520	827	719	465	541	570	629	616	544	366	354
8314	6	6	6	5	5	4	3	4	2	6	5	4	4
8317	55	57	55	48	10	2	0	0	0	0	0	0	98
8318	47	52	50	58	57	66	30	47	56	49	57	59	78
8382	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8383	440	426	373	243	241	196	0	0	21	0	0	0	0
8384	26	26	26	26	26	26	24	14	14	0	0	0	0
83SO	10	13	19	20	15	16	16	17	7	7	5	9	9
83X1	1523	1804	1743	1614	1952	1768	1598	1900	2018	1992	1931	1954	1931
83X2	27	27	25	26	26	26	26	26	26	26	14	14	14
83X3	74	76	75	72	71	68	65	66	66	66	19	19	19
D.C.	7177	6742	6910	7648	7971	7974	7758	7933	7833	8038	8123	7911	8058

Tabela A.3 - Evolução do volume em localizações *standard* por área e categoria de negócio

		2021												2022
Área	**Categoria**	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
(1)	**(a)**	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	(b)	78	69	100	98	54	53	50	50	53	48	40	42	35

Tabela A.3 - (continuação)

		2021												2022
Área	**Categoria**	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
(1)	**(c)**	161	100	105	112	102	115	122	129	139	147	158	167	161
	(d)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(2)	**(e)**	369	459	497	579	583	577	550	645	579	495	429	388	466
(3)	**(f)**	499	757	724	581	837	823	778	1014	1533	1866	2072	2397	2285
	(g)	876	826	769	809	890	1037	1021	1184	1315	1392	1426	1389	1439
(4)	**(h)**	1060	1059	1027	1039	1044	871	709	734	731	802	837	837	1249
(5)	**(i)**	350	325	355	349	351	320	298	279	282	298	289	316	424
(6)	**(j)**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(7)	**(k)**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	32	35	35
(8)	**(l)**	301	300	303	310	268	262	246	197	192	189	183	180	182
(9)	**(m)**	705	642	683	698	682	690	719	782	750	747	802	855	859
	(n)	174	158	189	205	212	156	132	140	111	132	166	203	156
	(o)	328	283	292	294	237	287	275	279	289	271	317	352	350
	(p)	639	626	661	684	660	763	760	787	1022	1059	1031	1058	1040
	(q)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	(r)	153	173	170	160	155	144	160	136	126	121	103	130	138
	(s)	2740	2819	2892	3296	3564	3635	3627	3428	3101	3264	3080	2988	3226
	(t)	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	(u)	1460	1412	1425	1546	1763	1733	1683	1512	1408	1327	1303	1380	1388
	(v)	159	155	109	142	133	130	144	152	141	177	152	158	144
(10)	**(w)**	75	98	105	81	83	83	75	109	108	90	106	99	92
	(x)	85	86	89	92	87	95	95	114	110	114	114	99	123
	(y)	57	74	71	95	99	97	94	109	103	136	115	117	141
	(z)	6	7	7	5	6	7	7	8	6	5	7	7	7
	(aa)	191	172	184	191	181	181	178	173	167	140	164	131	143
	(ab)	101	49	42	46	48	48	19	29	29	28	33	47	43
	(ac)	0	1	2	3	1	2	2	3	3	2	3	3	5
	(ad)	279	253	259	441	552	571	529	636	477	496	648	616	510
(11)	**(ae)**	234	330	322	316	317	375	374	391	389	390	396	447	446
(12)	**(af)**	464	450	399	268	267	222	119	14	35	0	0	0	0

Tabela A.4 - Evolução do volume em localizações *standard* por tipo de volumetria das localizações

	2021												2022
Volumetria Real	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
BTS	12	12	12	27	30	27	24	21	20	21	20	20	21
BTS (Dupla)	78	90	90	84	102	69	66	111	105	108	99	90	105
D1	398	397	372	339	416	383	294	418	419	374	0	0	0
D2	412	468	464	444	490	490	434	420	506	540	524	654	692
D3	380	365	363	432	534	489	480	551	543	485	542	168	171
D4	172	140	128	220	220	216	208	220	208	212	224	236	248
E0 (1/18)	5	5	5	4	5	0	0	2	1	1	2	0	0

Tabela A.4 - (continuação)

	2021												2022
Volumetria Real	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**	**ago**	**set**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**
E0 (Cx 15)	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
E0 (Cx 3)	28	29	28	27	28	31	30	40	29	28	26	27	28
E0 (Cx 9)	31	34	33	27	35	34	32	45	30	31	26	27	27
E0 (H)	20	18	16	18	19	21	12	14	11	12	13	8	7
E0 (P)	15	11	11	11	14	14	15	15	15	14	15	13	13
E0 (Unid)	4	3	2	2	3	3	2	2	1	2	2	1	1
E1 (Dupla)	569	527	512	425	460	448	334	427	421	412	415	393	392
E1 (Simples)	653	654	657	659	706	757	713	806	815	789	773	760	811
E2	10660	10571	10762	11505	11673	11553	11482	11399	10998	11251	11657	11815	12102
E3	246	244	246	246	248	180	94	112	110	210	232	258	264
E3 (E1 Dupla)	45	44	43	43	45	47	16	14	14	15	16	16	20
E3 (E1 Simples)	13	13	13	13	16	16	8	18	18	19	19	15	15
Estante	15	15	15	15	16	15	9	9	9	9	9	9	10
S	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Anexo B: Tabelas de frequências

Tabela B.1 - Tabela de frequências relativa ao volume ocupado por categoria de negócio

Categoria	Categoria (%)	Categoria AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
(s)	3,45	3,45	3226,00	3226,00	21,34	21,34
(f)	3,45	6,90	2285,00	5511,00	15,12	36,46
(g)	3,45	10,34	1439,00	6950,00	9,52	45,98
(u)	3,45	13,79	1388,00	8338,00	9,18	55,16
(h)	3,45	17,24	1249,00	9587,00	8,26	63,42
(p)	3,45	20,69	1040,00	10627,00	6,88	70,30
(m)	3,45	24,14	859,00	11486,00	5,69	75,99
(ad)	3,45	27,59	510,00	11996,00	3,38	79,36
(e)	3,45	31,03	466,00	12463,00	3,08	82,45
(ae)	3,45	34,48	446,00	12909,00	2,95	85,40
(i)	3,45	37,93	424,00	13333,00	2,81	88,21
(o)	3,45	41,38	350,00	13683,00	2,31	90,52
(l)	3,45	44,83	182,00	13866,00	1,21	91,73
(c)	3,45	48,28	161,00	14027,00	1,07	92,79
(n)	3,45	51,72	156,00	14182,00	1,03	93,82
(v)	3,45	55,17	144,00	14326,00	0,95	94,77
(aa)	3,45	58,62	143,00	14469,00	0,95	95,72
(y)	3,45	62,07	141,00	14610,00	0,93	96,65
(r)	3,45	65,52	138,00	14748,00	0,91	97,57
(x)	3,45	68,97	123,00	14871,00	0,81	98,38
(w)	3,45	72,41	92,00	14963,00	0,61	98,99
(ab)	3,45	75,86	43,00	15006,00	0,28	99,27
(b)	3,45	79,31	35,00	15041,00	0,23	99,51
(k)	3,45	82,76	35,00	15076,00	0,23	99,74
(a)	3,45	86,21	26,00	15102,00	0,17	99,91
(z)	3,45	89,66	7,00	15109,00	0,05	99,96
(ac)	3,45	93,10	5,00	15115,00	0,03	99,99
(j)	3,45	96,55	1,00	15115,00	0,01	100,00
(q)	3,45	100,00	1,00	15116,00	0,00	100,00

Tabela B.2 - Tabela de frequências relativa ao volume ocupado pela categoria (s)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700005846	0,94	0,94	940,50	940,50	41,95	41,95
2700005835	0,94	1,89	255,50	1196,00	11,40	53,35
2700005635	0,94	2,83	171,00	1367,00	7,63	60,98
2700006055	0,94	3,77	122,50	1489,50	5,46	66,44
76329	0,94	4,72	109,28	1598,78	4,87	71,32
2700005585	0,94	5,66	98,75	1697,53	4,40	75,72
2700005043	0,94	6,60	68,00	1765,53	3,03	78,76
2700006101	0,94	7,55	36,25	1801,78	1,62	80,37
78072	0,94	8,49	31,00	1832,78	1,38	81,75
2700005952	0,94	9,43	28,00	1860,78	1,25	83,00
2700005675	0,94	10,38	24,00	1884,78	1,07	84,07
2700006068	0,94	11,32	23,75	1908,53	1,06	85,13
2700005132	0,94	12,26	22,00	1930,53	0,98	86,12
2700006122	0,94	13,21	22,00	1952,53	0,98	87,10
2700005090	0,94	14,15	17,50	1970,03	0,78	87,88
2700005958	0,94	15,09	17,00	1987,03	0,76	88,64
2700005089	0,94	16,04	16,00	2003,03	0,71	89,35
2700006253	0,94	16,98	14,00	2017,03	0,62	89,97
76318	0,94	17,92	12,83	2029,86	0,57	90,55
2700005870	0,94	18,87	12,50	2042,36	0,56	91,10
2700005448	0,94	19,81	11,50	2053,86	0,51	91,62
2700005903	0,94	20,75	11,00	2064,86	0,49	92,11
77240	0,94	21,70	10,75	2075,61	0,48	92,59
2700005909	0,94	22,64	10,50	2086,11	0,47	93,06
2700006250	0,94	23,58	10,50	2096,61	0,47	93,52
79394	0,94	24,53	9,00	2105,61	0,40	93,93
2700005571	0,94	25,47	8,50	2114,11	0,38	94,30
2700005888	0,94	26,42	8,50	2122,61	0,38	94,68
2700005478	0,94	27,36	6,50	2129,11	0,29	94,97
2700005995	0,94	28,30	6,00	2135,11	0,27	95,24
61928	0,94	29,25	5,02	2140,13	0,22	95,46
2700005449	0,94	30,19	5,00	2145,13	0,22	95,69
2700004969	0,94	31,13	4,50	2149,63	0,20	95,89
77932	0,94	32,08	4,50	2154,13	0,20	96,09
76960	0,94	33,02	4,01	2158,14	0,18	96,27
2700005475	0,94	33,96	4,00	2162,14	0,18	96,45
2700005994	0,94	34,91	4,00	2166,14	0,18	96,63
2700005914	0,94	35,85	4,00	2170,14	0,18	96,80
2700006036	0,94	36,79	3,75	2173,89	0,17	96,97
77933	0,94	37,74	3,51	2177,40	0,16	97,13
2700005700	0,94	38,68	3,50	2180,90	0,16	97,28
2700005070	0,94	39,62	3,50	2184,40	0,16	97,44

Tabela B.2 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
77239	0,94	40,57	3,01	2187,42	0,13	97,57
2700005885	0,94	41,51	3,00	2190,42	0,13	97,71
2700004888	0,94	42,45	3,00	2193,42	0,13	97,84
76013	0,94	43,40	2,50	2195,92	0,11	97,95
81119	0,94	44,34	2,05	2197,97	0,09	98,04
61929	0,94	45,28	2,00	2199,97	0,09	98,13
2700005991	0,94	46,23	2,00	2201,97	0,09	98,22
2700004783	0,94	47,17	2,00	2203,97	0,09	98,31
2700006096	0,94	48,11	2,00	2205,97	0,09	98,40
2700005169	0,94	49,06	2,00	2207,97	0,09	98,49
2700006002	0,94	50,00	1,50	2209,47	0,07	98,56
58660	0,94	50,94	1,50	2210,97	0,07	98,62
77581	0,94	51,89	1,50	2212,47	0,07	98,69
2700005873	0,94	52,83	1,50	2213,97	0,07	98,76
2700005140	0,94	53,77	1,00	2214,97	0,04	98,80
43687	0,94	54,72	1,00	2215,97	0,04	98,85
2700005993	0,94	55,66	1,00	2216,97	0,04	98,89
81179	0,94	56,60	1,00	2217,97	0,04	98,94
2700004793	0,94	57,55	1,00	2218,97	0,04	98,98
2700005721	0,94	58,49	1,00	2219,97	0,04	99,03
64028	0,94	59,43	1,00	2220,97	0,04	99,07
2700005099	0,94	60,38	1,00	2221,97	0,04	99,12
2700005818	0,94	61,32	1,00	2222,97	0,04	99,16
2700006165	0,94	62,26	1,00	2223,97	0,04	99,20
2700006128	0,94	63,21	1,00	2224,97	0,04	99,25
2700005884	0,94	64,15	1,00	2225,97	0,04	99,29
2700006171	0,94	65,09	1,00	2226,97	0,04	99,34
2700004611	0,94	66,04	1,00	2227,97	0,04	99,38
2700005945	0,94	66,98	1,00	2228,97	0,04	99,43
77579	0,94	67,92	0,80	2229,77	0,04	99,46
2700006167	0,94	68,87	0,75	2230,52	0,03	99,50
2700005967	0,94	69,81	0,50	2231,02	0,02	99,52
2700005119	0,94	70,75	0,50	2231,52	0,02	99,54
2700006037	0,94	71,70	0,50	2232,02	0,02	99,56
2700005443	0,94	72,64	0,50	2232,52	0,02	99,59
2700004293	0,94	73,58	0,50	2233,02	0,02	99,61
2700005637	0,94	74,53	0,50	2233,52	0,02	99,63
47073	0,94	75,47	0,50	2234,02	0,02	99,65
2700004886	0,94	76,42	0,50	2234,52	0,02	99,68
2700005095	0,94	77,36	0,50	2235,02	0,02	99,70
2700005669	0,94	78,30	0,50	2235,52	0,02	99,72
2700006164	0,94	79,25	0,50	2236,02	0,02	99,74
57761	0,94	80,19	0,50	2236,52	0,02	99,76

Tabela B.2 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700006172	0,94	81,13	0,50	2237,02	0,02	99,79
2700004964	0,94	82,08	0,50	2237,52	0,02	99,81
2700005966	0,94	83,02	0,50	2238,02	0,02	99,83
78810	0,94	83,96	0,50	2238,52	0,02	99,85
54794	0,94	84,91	0,30	2238,82	0,01	99,87
52918	0,94	85,85	0,27	2239,08	0,01	99,88
2700005660	0,94	86,79	0,25	2239,33	0,01	99,89
2700005120	0,94	87,74	0,25	2239,58	0,01	99,90
2700005096	0,94	88,68	0,25	2239,83	0,01	99,91
2700006203	0,94	89,62	0,25	2240,08	0,01	99,92
2700006243	0,94	90,57	0,25	2240,33	0,01	99,93
5700000043	0,94	91,51	0,25	2240,58	0,01	99,95
68348	0,94	92,45	0,25	2240,83	0,01	99,96
41325	0,94	93,40	0,25	2241,08	0,01	99,97
70462	0,94	94,34	0,25	2241,33	0,01	99,98
61033	0,94	95,28	0,25	2241,58	0,01	99,99
54795	0,94	96,23	0,05	2241,63	0,00	99,99
59084	0,94	97,17	0,05	2241,68	0,00	99,99
56812	0,94	98,11	0,05	2241,73	0,00	100,00
47621	0,94	99,06	0,05	2241,78	0,00	100,00
42832	0,94	100,00	0,01	2241,80	0,00	100,00

Tabela B.3 - Tabela de frequências relativa ao volume ocupado pela categoria (g)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
77121	0,41	0,41	196,50	196,50	16,42	16,42
76301	0,41	0,81	88,50	285,00	7,39	23,81
70438	0,41	1,22	66,00	351,00	5,51	29,33
75648	0,41	1,63	63,25	414,25	5,28	34,61
80277	0,41	2,03	53,05	467,30	4,43	39,04
77122	0,41	2,44	52,00	519,30	4,34	43,39
64405	0,41	2,85	50,50	569,80	4,22	47,61
75649	0,41	3,25	42,00	611,80	3,51	51,11
81925	0,41	3,66	41,53	653,33	3,47	54,58
69202	0,41	4,07	35,55	688,88	2,97	57,55
82417	0,41	4,47	34,00	722,88	2,84	60,40
77117	0,41	4,88	31,00	753,88	2,59	62,98
68260	0,41	5,28	29,50	783,38	2,46	65,45
74861	0,41	5,69	27,00	810,38	2,26	67,71
81918	0,41	6,10	24,05	834,43	2,01	69,71
64455	0,41	6,50	22,50	856,93	1,88	71,59
81924	0,41	6,91	19,00	875,93	1,59	73,18
80279	0,41	7,32	18,25	894,18	1,52	74,71

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
74860	0,41	8,13	15,00	926,18	1,25	77,38
82416	0,41	8,54	13,00	939,18	1,09	78,47
77119	0,41	8,94	13,00	952,18	1,09	79,55
57925	0,41	9,35	13,00	965,18	1,09	80,64
54288	0,41	9,76	12,00	977,18	1,00	81,64
65890	0,41	10,16	11,00	988,18	0,92	82,56
70043	0,41	10,57	10,50	998,68	0,88	83,44
81922	0,41	10,98	9,50	1008,18	0,79	84,23
82433	0,41	11,38	9,00	1017,18	0,75	84,98
68261	0,41	11,79	9,00	1026,18	0,75	85,74
68521	0,41	12,20	8,50	1034,68	0,71	86,45
64441	0,41	12,60	8,05	1042,73	0,67	87,12
81926	0,41	13,01	8,00	1050,73	0,67	87,79
54260	0,41	13,41	8,00	1058,73	0,67	88,45
80283	0,41	13,82	7,50	1066,23	0,63	89,08
72728	0,41	14,23	5,50	1071,73	0,46	89,54
68520	0,41	14,63	5,00	1076,73	0,42	89,96
80278	0,41	15,04	5,00	1081,73	0,42	90,38
75650	0,41	15,45	4,50	1086,23	0,38	90,75
54193	0,41	15,85	4,50	1090,73	0,38	91,13
76298	0,41	16,26	4,00	1094,73	0,33	91,46
54289	0,41	16,67	3,55	1098,28	0,30	91,76
82427	0,41	17,07	3,00	1101,28	0,25	92,01
54268	0,41	17,48	3,00	1104,28	0,25	92,26
82432	0,41	17,89	3,00	1107,28	0,25	92,51
62711	0,41	18,29	3,00	1110,28	0,25	92,76
54192	0,41	18,70	3,00	1113,28	0,25	93,01
69889	0,41	19,11	3,00	1116,28	0,25	93,26
62708	0,41	19,51	2,50	1118,78	0,21	93,47
80296	0,41	19,92	2,00	1120,78	0,17	93,64
56759	0,41	20,33	2,00	1122,78	0,17	93,81
72147	0,41	20,73	2,00	1124,78	0,17	93,97
77120	0,41	21,14	2,00	1126,78	0,17	94,14
54166	0,41	21,54	2,00	1128,78	0,17	94,31
80293	0,41	21,95	2,00	1130,78	0,17	94,47
64440	0,41	22,36	2,00	1132,78	0,17	94,64
81923	0,41	22,76	2,00	1134,78	0,17	94,81
64561	0,41	23,17	2,00	1136,78	0,17	94,98
69078	0,41	23,58	2,00	1138,78	0,17	95,14
81929	0,41	23,98	1,80	1140,58	0,15	95,29
62709	0,41	24,39	1,50	1142,08	0,13	95,42
68627	0,41	24,80	1,50	1143,58	0,13	95,54
64560	0,41	25,20	1,50	1145,08	0,13	95,67

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
73539	0,41	26,02	1,25	1147,83	0,10	95,90
68296	0,41	26,42	1,25	1149,08	0,10	96,00
54176	0,41	26,83	1,25	1150,33	0,10	96,11
54259	0,41	27,24	1,00	1151,33	0,08	96,19
54258	0,41	27,64	1,00	1152,33	0,08	96,27
80282	0,41	28,05	1,00	1153,33	0,08	96,36
68510	0,41	28,46	1,00	1154,33	0,08	96,44
81920	0,41	28,86	1,00	1155,33	0,08	96,53
64557	0,41	29,27	1,00	1156,33	0,08	96,61
54208	0,41	29,67	1,00	1157,33	0,08	96,69
66032	0,41	30,08	1,00	1158,33	0,08	96,78
68259	0,41	30,49	1,00	1159,33	0,08	96,86
68258	0,41	30,89	1,00	1160,33	0,08	96,94
81912	0,41	31,30	1,00	1161,33	0,08	97,03
74120	0,41	31,71	1,00	1162,33	0,08	97,11
81928	0,41	32,11	1,00	1163,33	0,08	97,19
74862	0,41	32,52	1,00	1164,33	0,08	97,28
62707	0,41	32,93	1,00	1165,33	0,08	97,36
74121	0,41	33,33	1,00	1166,33	0,08	97,44
54150	0,41	33,74	0,84	1167,17	0,07	97,51
54156	0,41	34,15	0,78	1167,95	0,07	97,58
64443	0,41	34,55	0,75	1168,70	0,06	97,64
64442	0,41	34,96	0,75	1169,45	0,06	97,71
54130	0,41	35,37	0,75	1170,20	0,06	97,77
54133	0,41	35,77	0,75	1170,95	0,06	97,83
54140	0,41	36,18	0,63	1171,58	0,05	97,88
54149	0,41	36,59	0,61	1172,19	0,05	97,93
54136	0,41	36,99	0,58	1172,77	0,05	97,98
54145	0,41	37,40	0,58	1173,35	0,05	98,03
54157	0,41	37,80	0,58	1173,93	0,05	98,08
54161	0,41	38,21	0,58	1174,51	0,05	98,13
54143	0,41	38,62	0,56	1175,07	0,05	98,17
54138	0,41	39,02	0,56	1175,63	0,05	98,22
54128	0,41	39,43	0,53	1176,16	0,04	98,27
54144	0,41	39,84	0,53	1176,69	0,04	98,31
54159	0,41	40,24	0,53	1177,22	0,04	98,35
54134	0,41	40,65	0,53	1177,75	0,04	98,40
54135	0,41	41,06	0,53	1178,28	0,04	98,44
54163	0,41	41,46	0,50	1178,78	0,04	98,48
65514	0,41	41,87	0,50	1179,28	0,04	98,53
54040	0,41	42,28	0,50	1179,78	0,04	98,57
68629	0,41	42,68	0,50	1180,28	0,04	98,61
58593	0,41	43,09	0,50	1180,78	0,04	98,65

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
60983	0,41	43,90	0,50	1181,78	0,04	98,74
68630	0,41	44,31	0,50	1182,28	0,04	98,78
54137	0,41	44,72	0,50	1182,78	0,04	98,82
68263	0,41	45,12	0,50	1183,28	0,04	98,86
54141	0,41	45,53	0,50	1183,78	0,04	98,90
54152	0,41	45,93	0,41	1184,19	0,03	98,94
54147	0,41	46,34	0,33	1184,52	0,03	98,96
54146	0,41	46,75	0,33	1184,85	0,03	98,99
54142	0,41	47,15	0,33	1185,18	0,03	99,02
54131	0,41	47,56	0,31	1185,49	0,03	99,05
54158	0,41	47,97	0,31	1185,80	0,03	99,07
54148	0,41	48,37	0,31	1186,11	0,03	99,10
54153	0,41	48,78	0,30	1186,41	0,03	99,12
54160	0,41	49,19	0,28	1186,69	0,02	99,15
54154	0,41	49,59	0,28	1186,97	0,02	99,17
68515	0,41	50,00	0,25	1187,22	0,02	99,19
60979	0,41	50,41	0,25	1187,47	0,02	99,21
54032	0,41	50,81	0,25	1187,72	0,02	99,23
54058	0,41	51,22	0,25	1187,97	0,02	99,25
70269	0,41	51,63	0,25	1188,22	0,02	99,27
54126	0,41	52,03	0,25	1188,47	0,02	99,29
62380	0,41	52,44	0,25	1188,72	0,02	99,32
54139	0,41	52,85	0,25	1188,97	0,02	99,34
83596	0,41	53,25	0,25	1189,22	0,02	99,36
54045	0,41	53,66	0,25	1189,47	0,02	99,38
68264	0,41	54,07	0,25	1189,72	0,02	99,40
69176	0,41	54,47	0,25	1189,97	0,02	99,42
54155	0,41	54,88	0,25	1190,22	0,02	99,44
57306	0,41	55,28	0,25	1190,47	0,02	99,46
68511	0,41	55,69	0,25	1190,72	0,02	99,48
65919	0,41	56,10	0,25	1190,97	0,02	99,50
54132	0,41	56,50	0,25	1191,22	0,02	99,52
58115	0,41	56,91	0,25	1191,47	0,02	99,54
68628	0,41	57,32	0,25	1191,72	0,02	99,57
58591	0,41	57,72	0,25	1191,97	0,02	99,59
54183	0,41	58,13	0,25	1192,22	0,02	99,61
54129	0,41	58,54	0,25	1192,47	0,02	99,63
2700001114	0,41	58,94	0,25	1192,72	0,02	99,65
54174	0,41	59,35	0,25	1192,97	0,02	99,67
2700002959	0,41	59,76	0,25	1193,22	0,02	99,69
54298	0,41	60,16	0,06	1193,28	0,01	99,70
65513	0,41	60,57	0,06	1193,34	0,01	99,70
83590	0,41	60,98	0,05	1193,39	0,00	99,71

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
83603	0,41	61,79	0,05	1193,49	0,00	99,71
80404	0,41	62,20	0,05	1193,54	0,00	99,72
83586	0,41	62,60	0,05	1193,59	0,00	99,72
80405	0,41	63,01	0,05	1193,64	0,00	99,73
83599	0,41	63,41	0,05	1193,69	0,00	99,73
80406	0,41	63,82	0,05	1193,74	0,00	99,73
83580	0,41	64,23	0,05	1193,79	0,00	99,74
54034	0,41	64,63	0,05	1193,84	0,00	99,74
83584	0,41	65,04	0,05	1193,89	0,00	99,75
54265	0,41	65,45	0,05	1193,94	0,00	99,75
83588	0,41	65,85	0,05	1193,99	0,00	99,76
83592	0,41	66,26	0,05	1194,04	0,00	99,76
80402	0,41	66,67	0,05	1194,09	0,00	99,76
83594	0,41	67,07	0,05	1194,14	0,00	99,77
83597	0,41	67,48	0,05	1194,19	0,00	99,77
83563	0,41	67,89	0,05	1194,24	0,00	99,78
83601	0,41	68,29	0,05	1194,29	0,00	99,78
83564	0,41	68,70	0,05	1194,34	0,00	99,78
54287	0,41	69,11	0,05	1194,39	0,00	99,79
83565	0,41	69,51	0,05	1194,44	0,00	99,79
83581	0,41	69,92	0,05	1194,49	0,00	99,80
83566	0,41	70,33	0,05	1194,54	0,00	99,80
83583	0,41	70,73	0,05	1194,59	0,00	99,81
83568	0,41	71,14	0,05	1194,64	0,00	99,81
83585	0,41	71,54	0,05	1194,69	0,00	99,81
83569	0,41	71,95	0,05	1194,74	0,00	99,82
83587	0,41	72,36	0,05	1194,79	0,00	99,82
83570	0,41	72,76	0,05	1194,84	0,00	99,83
83589	0,41	73,17	0,05	1194,89	0,00	99,83
83571	0,41	73,58	0,05	1194,94	0,00	99,83
83591	0,41	73,98	0,05	1194,99	0,00	99,84
83572	0,41	74,39	0,05	1195,04	0,00	99,84
83593	0,41	74,80	0,05	1195,09	0,00	99,85
83573	0,41	75,20	0,05	1195,14	0,00	99,85
83595	0,41	75,61	0,05	1195,19	0,00	99,86
83574	0,41	76,02	0,05	1195,24	0,00	99,86
83598	0,41	76,42	0,05	1195,29	0,00	99,86
83575	0,41	76,83	0,05	1195,34	0,00	99,87
83600	0,41	77,24	0,05	1195,39	0,00	99,87
83576	0,41	77,64	0,05	1195,44	0,00	99,88
83602	0,41	78,05	0,05	1195,49	0,00	99,88
83577	0,41	78,46	0,05	1195,54	0,00	99,89
83604	0,41	78,86	0,05	1195,59	0,00	99,89

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
83579	0,41	79,67	0,05	1195,69	0,00	99,90
83567	0,41	80,08	0,05	1195,74	0,00	99,90
65510	0,41	80,49	0,05	1195,79	0,00	99,91
54286	0,41	80,89	0,04	1195,83	0,00	99,91
80410	0,41	81,30	0,03	1195,86	0,00	99,91
80418	0,41	81,71	0,03	1195,89	0,00	99,91
54053	0,41	82,11	0,03	1195,92	0,00	99,92
80392	0,41	82,52	0,03	1195,95	0,00	99,92
83605	0,41	82,93	0,03	1195,98	0,00	99,92
80440	0,41	83,33	0,03	1196,01	0,00	99,92
80412	0,41	83,74	0,03	1196,04	0,00	99,93
80395	0,41	84,15	0,03	1196,07	0,00	99,93
80414	0,41	84,55	0,03	1196,10	0,00	99,93
80437	0,41	84,96	0,03	1196,13	0,00	99,93
80433	0,41	85,37	0,03	1196,16	0,00	99,94
76300	0,41	85,77	0,03	1196,19	0,00	99,94
83607	0,41	86,18	0,03	1196,22	0,00	99,94
65511	0,41	86,59	0,03	1196,25	0,00	99,94
80411	0,41	86,99	0,03	1196,28	0,00	99,95
80391	0,41	87,40	0,03	1196,31	0,00	99,95
74125	0,41	87,80	0,03	1196,34	0,00	99,95
54039	0,41	88,21	0,03	1196,37	0,00	99,95
80413	0,41	88,62	0,03	1196,40	0,00	99,96
65898	0,41	89,02	0,03	1196,43	0,00	99,96
80417	0,41	89,43	0,03	1196,46	0,00	99,96
2700002964	0,41	89,84	0,03	1196,49	0,00	99,96
80421	0,41	90,24	0,03	1196,52	0,00	99,97
54041	0,41	90,65	0,03	1196,55	0,00	99,97
80434	0,41	91,06	0,03	1196,58	0,00	99,97
54046	0,41	91,46	0,03	1196,61	0,00	99,97
83606	0,41	91,87	0,03	1196,64	0,00	99,98
80435	0,41	92,28	0,03	1196,67	0,00	99,98
80438	0,41	92,68	0,03	1196,70	0,00	99,98
80436	0,41	93,09	0,03	1196,73	0,00	99,98
80409	0,41	93,50	0,03	1196,76	0,00	99,99
80439	0,41	93,90	0,03	1196,79	0,00	99,99
58594	0,41	94,31	0,01	1196,81	0,00	99,99
80281	0,41	94,72	0,01	1196,82	0,00	99,99
80401	0,41	95,12	0,01	1196,84	0,00	99,99
80398	0,41	95,53	0,01	1196,85	0,00	99,99
62387	0,41	95,93	0,01	1196,86	0,00	100,00
62372	0,41	96,34	0,01	1196,88	0,00	100,00
64648	0,41	96,75	0,01	1196,89	0,00	100,00

Tabela B.3 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
54042	0,41	97,56	0,01	1196,92	0,00	100,00
62370	0,41	97,97	0,00	1196,92	0,00	100,00
54206	0,41	98,37	0,00	1196,92	0,00	100,00
54127	0,41	98,78	0,00	1196,92	0,00	100,00
54219	0,41	99,19	0,00	1196,92	0,00	100,00
80286	0,41	99,59	0,00	1196,92	0,00	100,00
77123	0,41	100,00	0,00	1196,92	0,00	100,00

Tabela B.4 - Tabela de frequências relativa ao volume ocupado pela categoria (u)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700005717	1,67	1,67	117,00	117,00	19,16	19,16
2700005893	1,67	3,33	66,00	183,00	10,81	29,98
2700005143	1,67	5,00	37,50	220,50	6,14	36,12
2700005016	1,67	6,67	36,75	257,25	6,02	42,14
2700005003	1,67	8,33	36,00	293,25	5,90	48,03
2700004246	1,67	10,00	31,50	324,75	5,16	53,19
2700005498	1,67	11,67	27,25	352,00	4,46	57,66
2700004994	1,67	13,33	22,50	374,50	3,69	61,34
2700005063	1,67	15,00	20,75	395,25	3,40	64,74
2700005018	1,67	16,67	17,00	412,25	2,78	67,53
2700006129	1,67	18,33	16,00	428,25	2,62	70,15
2700005959	1,67	20,00	13,25	441,50	2,17	72,32
2700006150	1,67	21,67	13,00	454,50	2,13	74,45
2700005589	1,67	23,33	11,00	465,50	1,80	76,25
2700005002	1,67	25,00	10,00	475,50	1,64	77,89
2700006213	1,67	26,67	9,00	484,50	1,47	79,36
2700005881	1,67	28,33	8,50	493,00	1,39	80,75
2700005061	1,67	30,00	8,00	501,00	1,31	82,06
2700005663	1,67	31,67	7,00	508,00	1,15	83,21
2700006026	1,67	33,33	6,50	514,50	1,06	84,28
2700006202	1,67	35,00	6,50	521,00	1,06	85,34
2700005696	1,67	36,67	6,00	527,00	0,98	86,32
2700004223	1,67	38,33	5,50	532,50	0,90	87,22
2700004225	1,67	40,00	5,00	537,50	0,82	88,04
2700005562	1,67	41,67	5,00	542,50	0,82	88,86
2700005735	1,67	43,33	5,00	547,50	0,82	89,68
2700005608	1,67	45,00	4,75	552,25	0,78	90,46
2700006073	1,67	46,67	4,50	556,75	0,74	91,20
2700005740	1,67	48,33	4,50	561,25	0,74	91,93
2700006168	1,67	50,00	4,00	565,25	0,66	92,59
2700005610	1,67	51,67	4,00	569,25	0,66	93,24
2700006198	1,67	55,00	3,00	575,50	0,49	94,27

Tabela B.4 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs. (LS)	Volume Oc. Abs. AC (LS)	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700005024	1,67	56,67	2,50	578,00	0,41	94,68
2700004432	1,67	58,33	2,50	580,50	0,41	95,09
2700005650	1,67	60,00	2,00	582,50	0,33	95,41
2700004224	1,67	61,67	2,00	584,50	0,33	95,74
2700005005	1,67	63,33	2,00	586,50	0,33	96,07
2700005564	1,67	65,00	2,00	588,50	0,33	96,40
2700006197	1,67	66,67	2,00	590,50	0,33	96,72
2700005613	1,67	68,33	2,00	592,50	0,33	97,05
2700005972	1,67	70,00	1,75	594,25	0,29	97,34
2700005006	1,67	71,67	1,50	595,75	0,25	97,58
2700004247	1,67	73,33	1,50	597,25	0,25	97,83
2700005611	1,67	75,00	1,50	598,75	0,25	98,08
2700006130	1,67	76,67	1,25	600,00	0,20	98,28
2700005963	1,67	78,33	1,00	601,00	0,16	98,44
2700005618	1,67	80,00	1,00	602,00	0,16	98,61
2700004219	1,67	81,67	1,00	603,00	0,16	98,77
2700005586	1,67	83,33	1,00	604,00	0,16	98,94
2700006022	1,67	85,00	1,00	605,00	0,16	99,10
2700004249	1,67	86,67	1,00	606,00	0,16	99,26
2700005606	1,67	88,33	1,00	607,00	0,16	99,43
2700006159	1,67	90,00	0,75	607,75	0,12	99,55
2700005004	1,67	91,67	0,50	608,25	0,08	99,63
2700005887	1,67	93,33	0,50	608,75	0,08	99,71
2700005830	1,67	95,00	0,50	609,25	0,08	99,80
2700006302	1,67	96,67	0,50	609,75	0,08	99,88
2700006062	1,67	98,33	0,50	610,25	0,08	99,96
2700005949	1,67	100,00	0,25	610,50	0,04	100,00

Tabela B.5 - Tabela de frequências relativa ao volume ocupado pela categoria (p)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs.	Volume Oc. Abs. AC	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700005789	4,17	4,17	88,00	88,00	35,38	35,38
2700005790	4,17	8,33	33,00	121,00	13,27	48,65
2700004251	4,17	12,50	20,00	141,00	8,04	56,69
2700006127	4,17	16,67	19,00	160,00	7,64	64,33
2700006125	4,17	20,83	18,00	178,00	7,24	71,57
2700004250	4,17	25,00	15,00	193,00	6,03	77,60
2700005793	4,17	29,17	13,00	206,00	5,23	82,83
2700005150	4,17	33,33	12,00	218,00	4,83	87,66
2700005758	4,17	37,50	7,00	225,00	2,81	90,47
2700005792	4,17	41,67	5,00	230,00	2,01	92,48
2700005791	4,17	45,83	5,00	235,00	2,01	94,49
2700004821	4,17	50,00	3,50	238,50	1,41	95,90

Tabela B.5 - (continuação)

Referência	Referência (%)	Referência AC (%)	Volume Oc. Abs.	Volume Oc. Abs. AC	Volume Oc. Rel. (%)	Volume Oc. Rel. AC (%)
2700005794	4,17	54,17	3,00	241,50	1,21	97,10
2700004281	4,17	58,33	1,50	243,00	0,60	97,71
2700004278	4,17	62,50	1,50	244,50	0,60	98,31
2700003849	4,17	66,67	1,00	245,50	0,40	98,71
2700005759	4,17	70,83	1,00	246,50	0,40	99,12
2700003845	4,17	75,00	1,00	247,50	0,40	99,52
2700005590	4,17	79,17	0,50	248,00	0,20	99,72
2700000783	4,17	83,33	0,17	248,17	0,07	99,79
2700000773	4,17	87,50	0,17	248,33	0,07	99,85
2700005507	4,17	91,67	0,17	248,50	0,07	99,92
2700005508	4,17	95,83	0,17	248,67	0,07	99,99
2700005985	4,17	100,00	0,03	248,70	0,01	100,00

Anexo C: Diagramas de Pareto

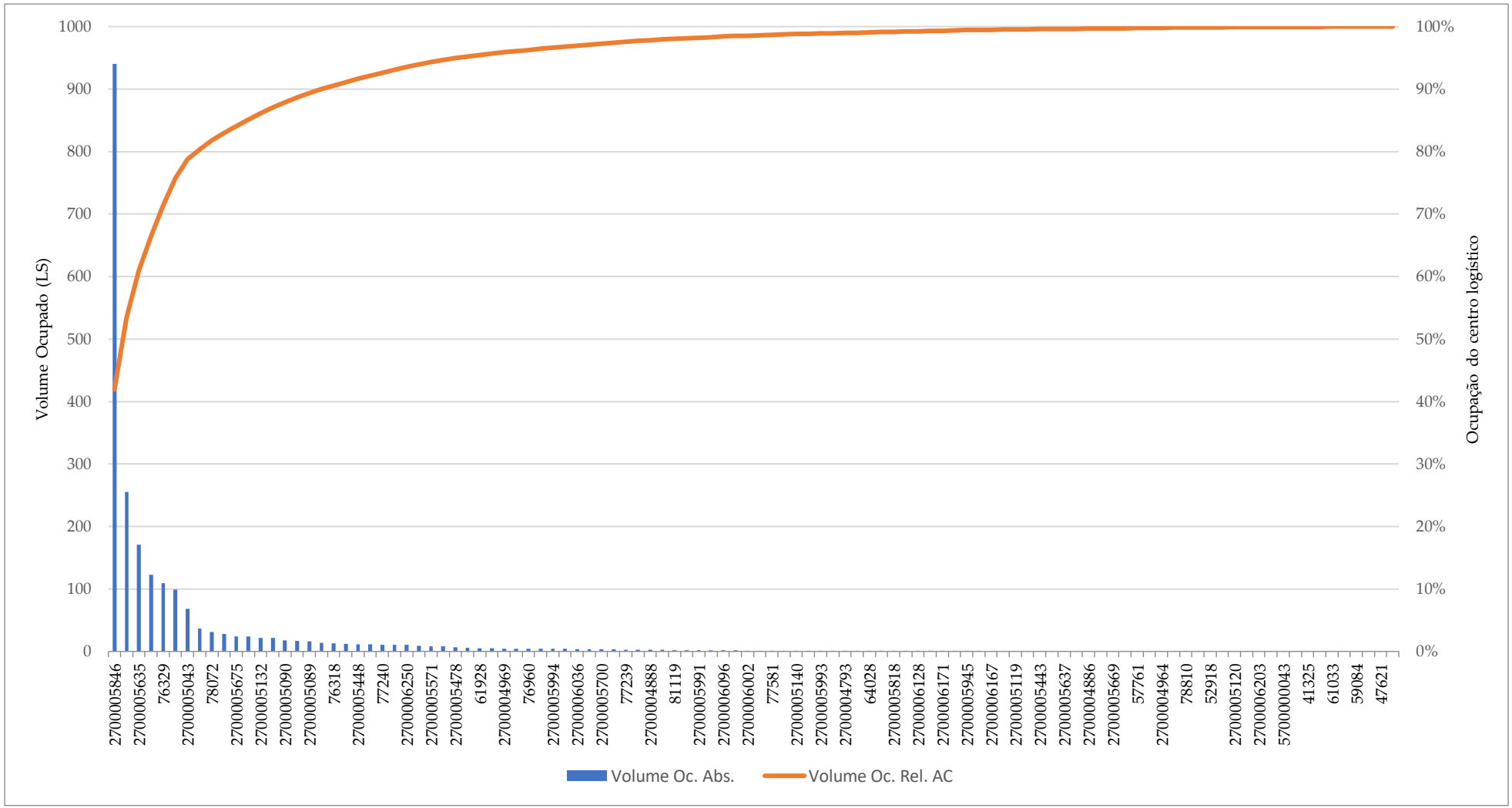


Figura C.1 - Diagrama de Pareto da categoria (s)

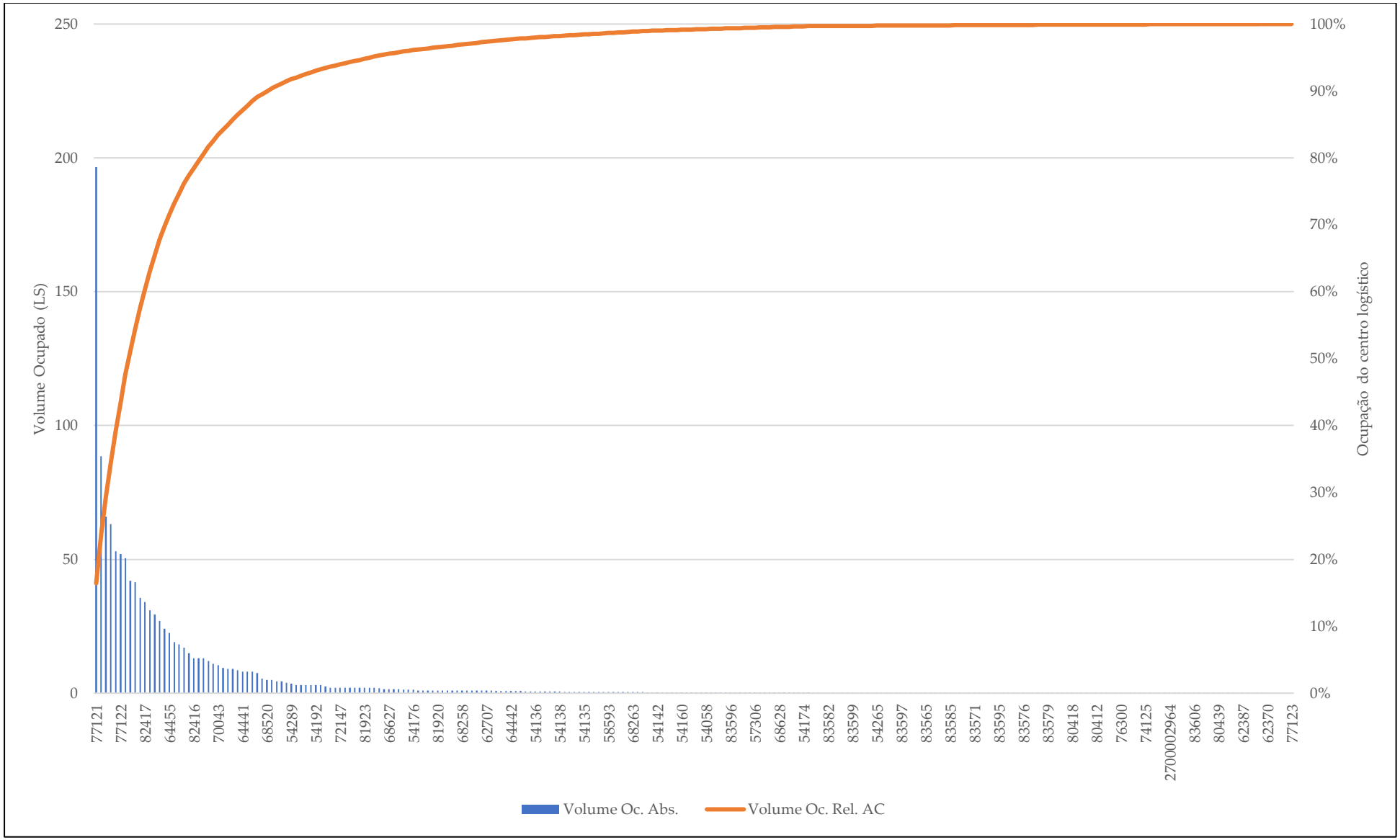


Figura C.2 - Diagrama de Pareto da categoria (g)

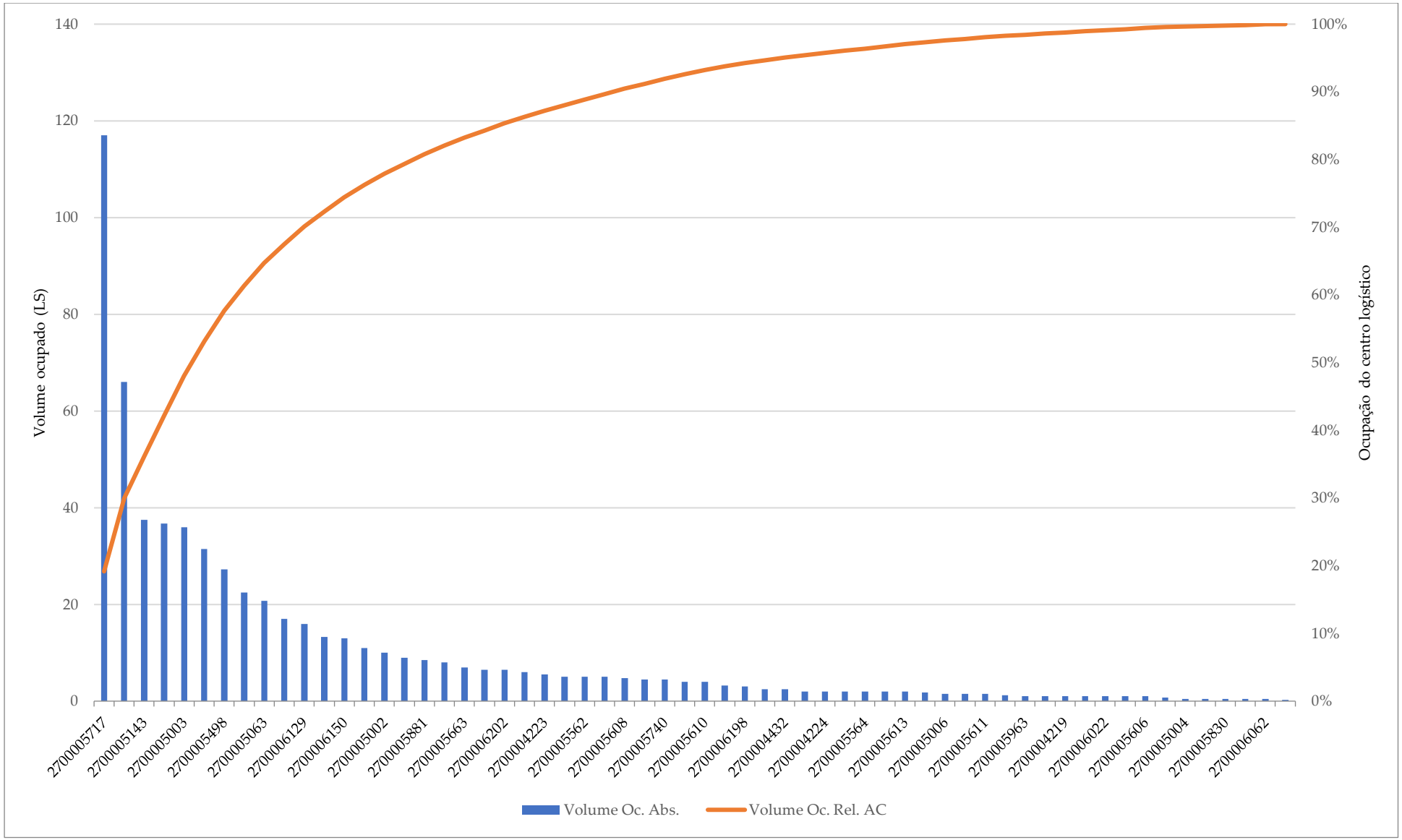


Figura C.3 - Diagrama de Pareto da categoria (u)

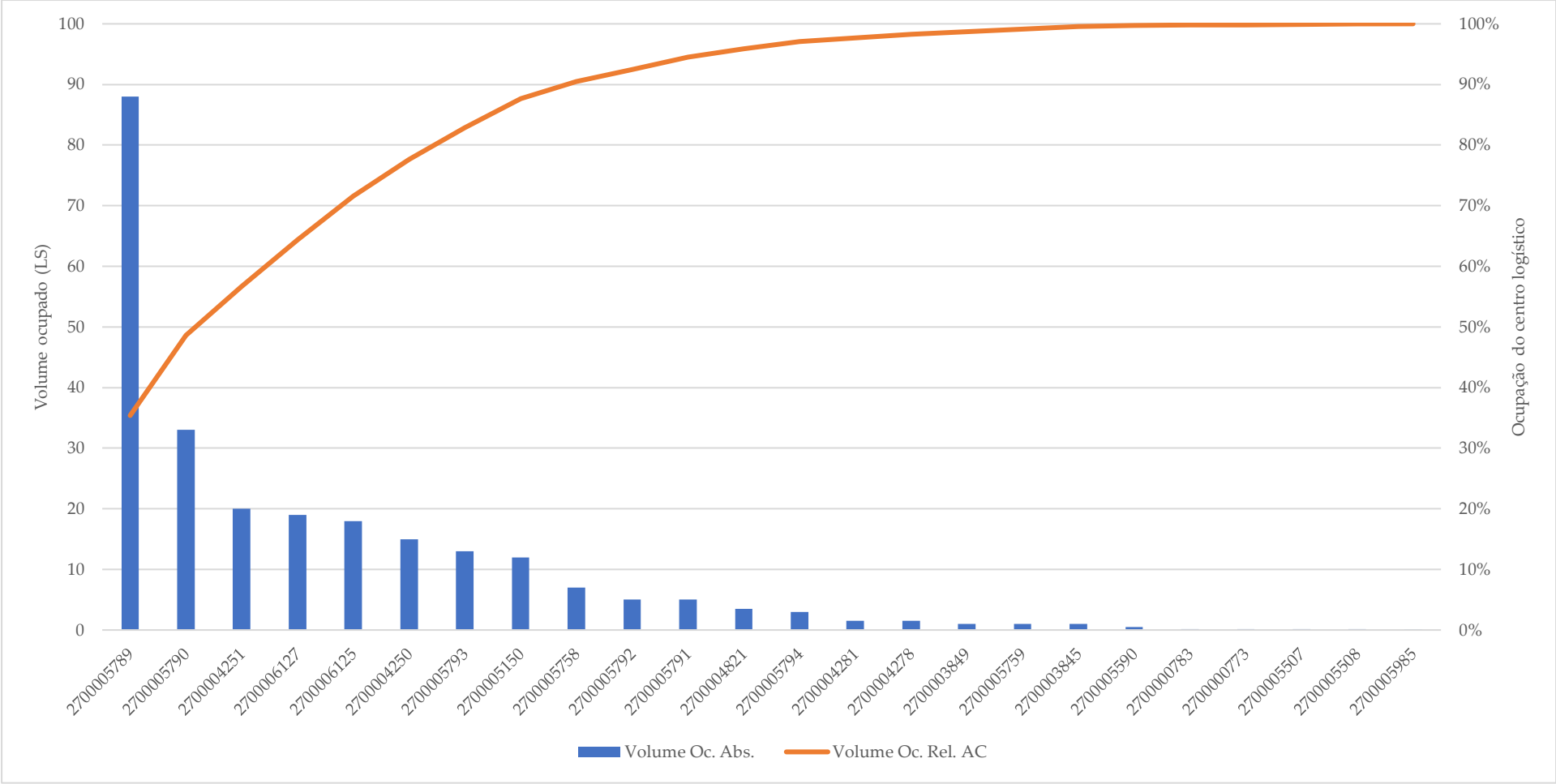


Figura C.4 - Diagrama de Pareto da categoria (p)

Anexo D: *Layout* do espaço de armazenagem

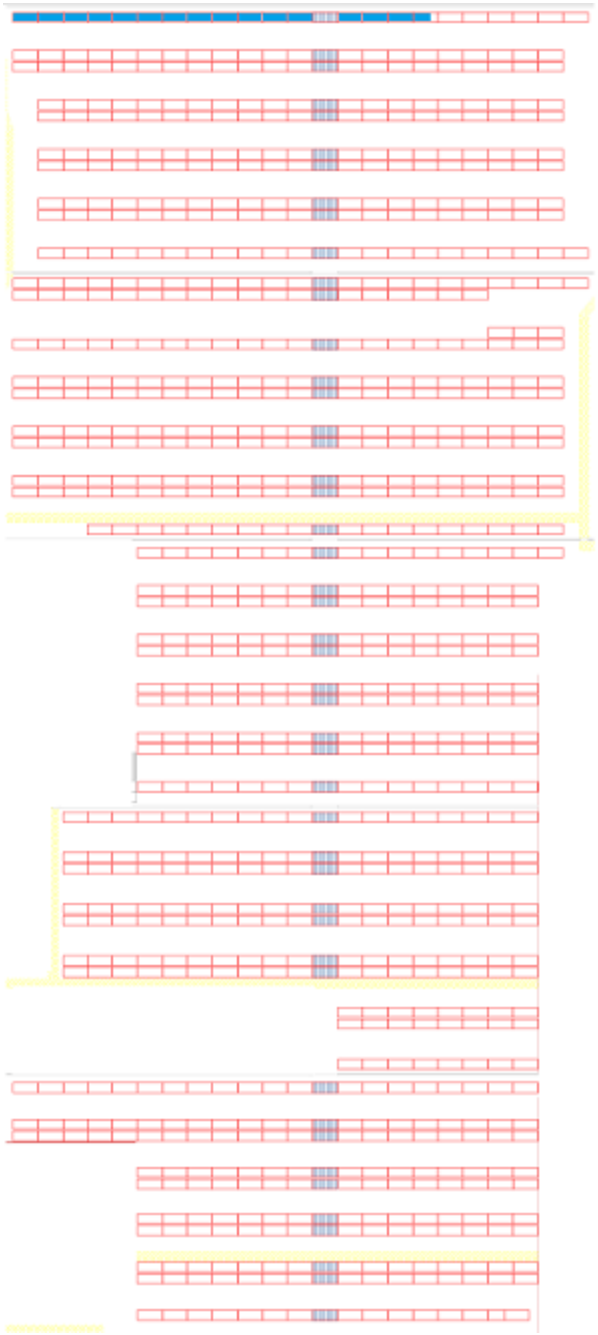


Figura D.1 - *Layout* do espaço de armazenagem com ganho de localizações realçado

Anexo E: Resultados referentes ao mês de abril de 2022

Tabela E.1 - Resumo dos resultados referentes ao mês de abril de 2022

	Número de Referências NM (uni)	**Número Total Referências (uni)**	**NM Referências Total (%)**	**Volume Oc. NM (LS)**	**Volume Total Oc. (LS)**	**NM Volume Total (%)**	**Qtd. de *Stock* NM (uni)**	**Qtd. Total *Stock* (uni)**	**NM Qtd. *Stock* Total (%)**
(1)	**329**	**447**	**74**	**143**	**180**	**79**	**3 743**	**11 537**	**32**
(a)	177	177	100	26	26	100	332	332	100
(b)	78	116	67	25	30	83	805	873	92
(c)	72	152	47	92	124	74	2 600	10 326	25
(d)	2	2	100	0	0	100	6	6	100
(2)	**20**	**96**	**21**	**34**	**479**	**7**	**105 283**	**1 647 121**	**6**
(e)	20	96	21	34	479	7	105 283	1 647 121	6
(3)	**151**	**456**	**33**	**434**	**3 409**	**13**	**291 028**	**4 425 220**	**7**
(f)	16	37	43	242	1 797	13	17 237	3 090 727	1
(g)	135	419	32	192	1 612	12	273 791	1 334 493	21
(4)	**435**	**701**	**62**	**859**	**1 266**	**68**	**13 703**	**21 578**	**64**
(h)	435	701	62	859	1 266	68	13 703	21 578	64
(5)	**193**	**445**	**43**	**153**	**272**	**56**	**86 189**	**103 426**	**83**
(i)	193	445	43	153	272	56	86 189	103 426	83
(6)	**2**	**2**	**100**	**1**	**1**	**100**	**242**	**242**	**100**
(j)	2	2	100	1	1	100	242	242	100
(7)	**0**	**13**	**0**	**0**	**16**	**0**	**0**	**3 794**	**0**
(k)	0	13	0	0	16	0	0	3 794	0
(8)	**19**	**33**	**58**	**49**	**118**	**41**	**525 360**	**1 244 719**	**42**
(l)	19	33	58	49	118	41	525 360	1 244 719	42
(9)	**173**	**757**	**23**	**1381**	**6 685**	**21**	**637 193**	**3 316 475**	**19**
(m)	48	168	29	192	834	23	356 406	1 467 516	24
(n)	0	3	0	0	103	0	0	3 931	0
(o)	21	80	26	30	333	9	85 768	701 861	12
(p)	21	78	27	91	827	11	69 602	364 598	19
(q)	0	1	0	0	1	0	0	6	0
(r)	8	54	15	9	129	7	1 011	13 582	7
(s)	59	222	27	990	3 357	29	111 490	458 987	24

Tabela E.1 - (continuação)

	Número de Referências NM (uni)	Número Total Referências (uni)	NM Referências Total (%)	Volume Oc. NM (LS)	Volume Total Oc. (LS)	NM Volume Total (%)	Qtd. de *Stock* NM (uni)	Qtd. Total *Stock* (uni)	NM Qtd. *Stock* Total (%)
(u)	11	122	9	52	959	5	9 630	267 994	4
(v)	5	29	17	18	143	12	3 286	38 000	9
(10)	**184**	**1350**	**14**	**50**	**886**	**6**	**104 952**	**1 836 792**	**6**
(w)	51	463	11	7	121	6	2 923	59 535	5
(x)	16	130	12	5	125	4	21 390	383 020	6
(y)	17	102	17	12	64	18	78 115	1 341 677	6
(z)	36	63	57	3	5	67	1 083	1 202	90
(aa)	45	476	9	8	189	4	1 123	42 468	3
(ab)	9	44	20	3	31	8	247	4 258	6
(ac)	0	9	0	0	5	0	0	814	0
(ad)	10	63	16	13	346	4	71	3 818	2
(11)	**272**	**622**	**44**	**263**	**518**	**51**	**17 303**	**29 199**	**59**
(ae)	272	622	44	263	518	51	17 303	29 199	59
Total	**1 778**	**4 922**	**36**	**3 367**	**13 828**	**24**	**1 784 996**	**12 640 103**	**14**

Anexo F: Manual de atualização de ferramenta de análise de rotação

1. Aceder à transação mb51 através de SAP;
2. Inserir as seguintes informações para extrair a transação mb51:
    - Centro: 8300
    - Depósito diferente de: 83RG, 83RM, 83FE, 8305, 83FD, 8306
    - Tipo de movimento: 261, 601, 914, 9IM, 906, 641, 9IC, 907, 91A, 631, 647
    - Data de lançamento: Correspondente ao mês anterior;
3. Executar a transação e extrair para um ficheiro *Excel*;
4. Copiar como valores a informação para as respetivas colunas azuis do ficheiro "mb51 base";
5. Arrastar as colunas laranja até ao fim da informação;
6. Filtrar por depósito diferente de branco;
7. Copiar toda a informação filtrada para as respetivas colunas da folha 'base filtrada';
8. Atualizar a pivot na folha 'base trabalhada'
9. Abrir ficheiro 'Análise de Rotação';
10. Na folha 'mb51' eliminar todas as linhas que contenham o período '12';
11. Somar 1 a todos os períodos que se encontram na tabela;
12. Desviar para o lado, toda a informação, exceto a coluna 'Referência Mestre', presente na tabela;
13. Copiar como valores (à exceção da linha que contém apenas valores em branco) para a tabela as colunas 'Material', 'Agregador de Depósitos', '*Sum of Qtd* procurada' e 'Data' da folha 'base trabalhada' do ficheiro "mb51 base";
14. Adicionar o período 1 na informação que foi adicionada;
15. Aceder à transação mb51 através de SAP;
16. Inserir as seguintes informações para extrair a transação mb51:
    - Centro: 8300
    - Depósito: 83RG
    - Tipo de movimento: 301
    - Data de lançamento: Correspondente ao mês anterior;
17. Executar a transação e extrair para um ficheiro *Excel*;
18. Copiar como valores a informação para as respetivas colunas azuis do ficheiro "tm 301 base";
19. Arrastar as colunas laranja até ao fim da informação;

20. Filtrar na folha 'pivot' por categorias desejadas;
21. Copiar as colunas da pivot para as colunas correspondentes no ficheiro "Análise de Rotação" em baixo da informação colada no passo 12. e adicionar o período 1 à informação adicionada;
22. Eliminar linhas coladas que contenham valores negativos na coluna da quantidade procurada;
23. Arrastar as colunas desviadas previamente, para baixo da nova informação nas respetivas colunas em que estavam anteriormente;
24. Arrastar a coluna 'Referência Mestre' até ao fim da informação;
25. Aceder à transação LX03 através de SAP;
26. Inserir as seguintes informações para extrair a transação lx03:
    - Nº do depósito: OP1;
27. Executar a transação e extrair para um ficheiro *Excel*;
28. Copiar toda a informação do LX03 como valores para as colunas respetivas da folha 'LX03' do ficheiro "Análise de Rotação". Ter em atenção que não deve restar qualquer informação no LX03 para além daquela que foi copiada;
29. Apagar a informação referente a paletes da Armazém 2;
30. Colar informação referente a paletes da Armazém 2 que se encontra no ficheiro de controlo, na parte de baixo do LX03 (material como texto) (colar volumetria na volumetria real) (copiar datas como datas) (uso localização meter como *stock*) (colar volumetria na volumetria final) (colocar Não na coluna "Relevante?");
31. Definir todas as paletes da Armazém 2 como "Ocupada";
32. Conferir que as fórmulas de todas as colunas se estendem até ao final do LX03;
33. Atualizar todas as pivots e calcular;
34. Na folha 'Pivot Data de Primeira Entrada' filtrar por todas as datas exceto os valores em branco;
35. Na folha 'Pivot Data de Primeira Entrada (RM)' filtrar por todas as datas exceto os valores em branco;
36. Calcular todo o *Excel*.

2022

DAVID JOSÉ ALMEIDA AMIANO

ELABORAÇÃO DE METODOLOGIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA CONTÍNUA NA GESTÃO DA ARMAZENAGEM UTILIZANDO A FILOSOFIA *LEAN*

NOVA SCHOOL OF SCIENCE & TECHNOLOGY