



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Bruno Miguel Silva Ferreira Rodrigues

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS LOGÍSTICOS NA
GESTÃO DE ARMAZÉNS DE APARELHAGEM
DE MÉDIA E ALTA TENSÃO**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão
Industrial orientada pelo Professor Doutor Telmo Miguel Pires
Pinto e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica -
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra**

Fevereiro de 2023



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Otimização de processos logísticos na gestão de armazéns de aparelhagem de média e alta tensão

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Optimization of logistical processes in warehouse management of high and medium voltage switchgear

Autor

Bruno Miguel Silva Ferreira Rodrigues

Orientador

Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto

Júri

Presidente	Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira Professor da Universidade de Coimbra Professor Doutor Miguel Vieira
Vogais	Professor Auxiliar da Universidade Lusófona Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto Professor da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto Professor da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Efacec Power
Solutions



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Universidade de
Coimbra

Coimbra, fevereiro, 2023

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”.

- Aristóteles

Agradecimentos

A realização deste projeto contou com o apoio de inúmeras pessoas que contribuíram para a sua concretização. Deste modo, expresso algumas palavras de apreço:

Ao meu professor orientador, Doutor Telmo Pinto, pela ajuda, paciência, disponibilidade, conhecimento partilhado e palavras de motivação ao longo de todo o projeto.

À Efacec AMT – Aparelhagem de Alta e Média Tensão, SA por possibilitar a realização do estágio curricular na empresa e por toda a experiência profissional proporcionada.

Aos engenheiros Sérgio Silva, Cristina Jorge, Rita Gaspar e Costa Ferreira assim como a todos os colaboradores pela ajuda, paciência e orientação do projeto na empresa e todos os conhecimentos partilhados.

A Coimbra e à Universidade por todas as memórias e oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, tanto de Coimbra como da terra natal, por todo o apoio, paciência e companheirismo demonstrados ao longo desta etapa.

E por último, um obrigado à minha família por todo o apoio durante todo o meu percurso académico e por me ensinarem que tudo é possível quando o sonho existe.

Resumo

O presente documento aborda um projeto desenvolvido em ambiente industrial, na Efacec AMT - Equipamentos de Alta e Média Tensão, cujo objetivo é analisar os processos logísticos, construir o seu modelo atual e procurar melhorias com vista à otimização e à redução de desperdícios.

A revisão bibliográfica introduz assuntos como a importância da logística no contexto industrial, a gestão de armazéns e os seus processos típicos e sistemas de armazenamento, e por fim, ferramentas lean que visam a eliminação de desperdícios.

O desenvolvimento baseou-se na metodologia *Action-Research*, procurou assim compreender, em chão de fábrica, o funcionamento inicial, identificar as principais falhas e desperdícios nos processos e, posteriormente, utilizar ferramentas *lean*. Desta forma, foram encontradas áreas de atuação, principalmente no que diz respeito ao armazenamento, à normalização de processos e à comunicação.

Foram propostas algumas soluções para os processos de *picking*, localização e embalagem, tendo como foco principal a reorganização e otimização das torres de armazenamento vertical, a eliminação de armazéns de linha e a normalização de processos.

Ao implementar estas melhorias, foi possível obter resultados positivos na otimização da utilização das torres, com um aumento de cerca de 19% para 61% no espaço livre, permitindo, desta forma, proceder à realocação de novos artigos que estavam armazenados em outras zonas menos convenientes, como armazéns de linha. Além disso, efetuou-se a eliminação de um armazém de linha e a reavaliação do processo de *picking*, agora otimizado e com menos áreas de armazenamento, resultando em melhorias de cerca de 40%.

Palavras-chave: Melhoria Contínua; Armazenamento Vertical; Ferramentas Lean.

Abstract

This document addresses a project developed in an industrial environment at Efacec AMT - High and Medium Voltage Equipment, whose objective is to analyse logistics processes, construct its current model and seek improvements with a view to optimization and reduction of waste.

The literature review introduces topics such as the importance of logistics in the industrial context, warehouse management and its typical processes and storage systems, and finally, lean tools that aim to eliminate waste.

The development was based on the Action-Research methodology, seeking to understand, on the factory floor, the initial functioning, identify the main failures and waste in the processes and subsequently use lean tools. In this way, areas of action were found, mainly with regard to storage, process normalization, and communication.

Some solutions were proposed for the picking, location, and packaging processes, with the main focus on the reorganization and optimization of vertical storage towers, elimination of line warehouses and process normalization.

By implementing these improvements, it was possible to obtain positive results in optimizing the use of the towers, with an increase from around 19% to 61% in free space, thus allowing the relocation of new items that were stored in less convenient areas such as line warehouses. In addition, one line warehouse was eliminated and the picking process was re-evaluated, now optimized and with fewer storage areas, resulting in improvements of around 40%.

Keywords Continuous Improvement; Vertical Storage; Lean Tools

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura da Dissertação	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Logística	3
2.2. Gestão de Armazéns	4
2.2.1. Processos Típicos	4
2.2.2. Sistemas de Armazenamento	5
2.2.3. Módulos de elevação vertical (VLM) e carrosséis.....	5
2.2.4. Centralização do Armazenamento	6
2.3. Pensamento Lean e Gestão de Armazéns	7
2.3.1. Conceito de Valor.....	8
2.3.2. 7 Desperdícios	8
2.3.3. Ferramentas e Metodologias	9
3. Metodologia	12
3.1. Action-Research	12
3.1.1. Desenvolvimento.....	12
4. Descrição e Análise do Sistema Atual	14
4.1. AMT	14
4.1.1. Layout.....	14
4.1.2. Sistemas de Informação	15
4.1.3. Funcionamento JIT.....	16
4.2. Descrição dos Processos Logísticos	16
4.2.1. Receção de Material	17
4.2.2. Localização e Armazenamento	17
4.2.3. Picking.....	18
4.2.4. Embalamento e Expedição	19
4.3. Análise e Identificação de Problemas.....	19
4.3.1. Análise do Processo de Picking	19
4.3.2. Análise do Armazém de Linha.....	22
4.3.3. Análise Armazenamento Vertical	22
4.3.4. Análise do Processo de Embalamento	22
5. Apresentação e Implementação de Melhorias.....	25
5.1. Análise SWOT e TOWS.....	25
5.2. Definição Estratégica.....	26

5.3.	Melhoria do Processo de Embalamento.....	27
5.4.	Centralização do Armazenamento	28
5.4.1.	Otimização Torres	28
5.4.2.	Ferramenta Auxiliar Dinâmica	29
5.4.3.	Eliminação dos Armazéns de Linha	31
5.4.4.	Nova Análise do Processo de Picking.....	32
6.	Análise e Discussão de Resultados.....	34
6.1.	Otimização Torres Verticais	34
6.2.	Processo de Picking	35
7.	Conclusões.....	36
7.1.	Conclusões	36
7.2.	Trabalhos Futuros	37
	Referências Bibliográficas.....	38
	ANEXO A - Layout.....	39
	APÊNDICE A – Informações Torres	40
	APÊNDICE B – Peso Máximo Por Caixa.....	40
	APÊNDICE C – Volume Máximo Por Caixa	40
	APÊNDICE D – Torre 1 (Antes).....	41
	APÊNDICE E – Torre 2 (Antes)	42
	APÊNDICE F – Torre 3 (Antes)	43
	APÊNDICE G – Torre 4 (Antes).....	44
	APÊNDICE H – Torre 1 (Depois).....	45
	APÊNDICE I – Torre 2 (Depois)	46
	APÊNDICE J – Torre 3 (Depois).....	47
	APÊNDICE K – Torre 4 (Depois).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Torre 1 e as suas caixas.....	18
Figura 4.2 Diagrama de Spaghetti Picking.....	20
Figura 4.3 Fotografias Embalamento	23
Figura 5.1 Interface	29
Figura 5.2 Exemplo de outputs (Positivo e Negativo respetivamente).....	31
Figura 5.3 Diagrama de Spaghetti depois de alterações.....	32
Figura 6.1 Gráfico percentual do espaço volumétrico livre	34
Figura 6.2 Gráfico percentual das localizações livres.....	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 Registo de tempos picking.....	21
Tabela 4.2 Registo das atividades e respetivos tempos de uma atividade de embalamento	24
Tabela 5.1 Análise SWOT.....	25
Tabela 5.2 Análise TOWS.....	26
Tabela 5.3 Seleção estratégica.....	27
Tabela 5.4 Fatores de Correção.....	30
Tabela 5.5 Registo de tempos picking.....	32

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi elaborada em contexto industrial, na unidade empresarial Efacec AMT – Aparelhagem de Alta e Média Tensão, SA. Esta empresa produz uma ampla gama de soluções de alta e média tensão, sendo o foco deste projeto a análise dos processos logísticos na gestão de armazéns, desde a receção de materiais até à exportação dos produtos finais, de forma a identificar oportunidades de melhoria com vista à otimização e redução de desperdícios.

Neste primeiro capítulo é efetuada uma contextualização dos assuntos em estudo, uma apresentação dos objetivos e da estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

A *Efacec Power Solutions* (EPS) é a maior empresa industrial portuguesa nas áreas de energia, mobilidade e ambiente, sendo reconhecida internacionalmente pela sua capacidade tecnológica inovadora. Atualmente, a EPS é composta por 8 unidades de negócio distintas, cada uma com características e produtos únicos. A unidade AMT produz uma ampla gama de soluções de alta e média tensão.

Devido às tendências de globalização, competitividade e inovação tecnológica, as empresas enfrentam cada vez mais desafios para afirmarem a sua posição no mercado global. Esta complexidade leva ao desenvolvimento progressivo de desafios cada vez mais exigentes, especialmente na área de Logística, a fim de responderem de forma eficaz às solicitações do mercado. Por essa razão, é importante encarar os processos logísticos como uma vantagem competitiva e analisá-los com o objetivo de otimizá-los.

Em um momento pós-pandemia, após a Efacec ter sofrido uma grande queda na produção, com a perda de clientes, surgiu a oportunidade ideal de reavaliar os processos produtivos e logísticos, uma vez que, foi possível dedicar tempo e recursos para observar esses processos sem prejudicar a atividade produtiva. Desta forma, surgiu a possibilidade de não apenas construir um modelo atual para compreender o contexto e a metodologia da unidade, como também documentar e digitalizar todos os processos e procurar melhorias.

1.2. Objetivos

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), os objetivos de uma dissertação indicam a intenção do seu desenvolvimento e os resultados que se pretende alcançar. Neste caso, os principais objetivos deste estágio incluem:

- Construir um modelo AS-IS da unidade, com especial foco nos processos logísticos (Receção, Picking, Embalamento e Expedição);
- Analisar os processos logísticos, procurar melhorias e construir um Modelo TO-BE, especialmente na organização do armazenamento e do *picking*;
- Implementar as propostas de melhoria nos armazéns do AMT.

1.3. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em sete capítulos.

O primeiro engloba a introdução, enquadramento do tema e objetivos do projeto.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica dos assuntos que permitem suportar o desenvolvimento de todo o projeto, desde os conceitos gerais até às ferramentas de diagnóstico utilizadas.

O terceiro capítulo apresenta a empresa, o seu layout e produtos.

O capítulo quarto funciona como uma breve apresentação do ponto de situação da unidade e dos seus processos logísticos assim como uma análise da mesma apresentando assim os principais problemas a resolver.

As propostas de melhoria e a sua implementação surgem no capítulo cinco.

No sexto capítulo, é feita a demonstração, análise e discussão dos resultados.

A dissertação termina, no capítulo sete, com as conclusões e propostas de trabalho futuro que poderão ser implementadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica que sustenta o projeto, através da abordagem de conceitos fundamentais relacionados com Logística e Melhoria Contínua.

2.1. Logística

A competição global crescente, juntamente com as mudanças rápidas do mercado, curtos ciclos de vida dos produtos, produções elevadas e a necessidade de introduzir produtos no mercado rapidamente, têm um impacto significativo nas cadeias de abastecimento. A Logística, que anteriormente era negligenciada, passou a ser vista de uma forma mais profunda, pois percebeu-se que hoje em dia afeta mais a produção do que no passado e vai além do fluxo de informação e materiais (Dotoli, M. et al., 2014).

Grosse e Glock (2015) e Zammori et al. (2014) destacam que a logística interna e a gestão de armazéns são capazes de aumentar a eficiência, identificando problemas e desperdícios, e reduzir custos. Uma boa gestão de armazéns contribui positivamente para uma melhor performance do negócio.

Armazéns são estações de manuseamento de material que se dedicam a receber, armazenar, acumular, ordenar, selecionar pedidos e enviar produtos de acordo com as necessidades das organizações e clientes. Segundo Bowersox et al. (2013), tópicos como a localização de armazéns e a aplicação de técnicas e metodologias de melhoria foram durante muito tempo negligenciados. Além disso, as atividades de armazenamento representam uma grande percentagem dos custos da logística (Buonamico et al., 2017; Frazelle, 2002), por isso, as operações de armazéns precisam de ser otimizadas para eliminar ineficiências e reduzir custos.

A abordagem mais reconhecida para a melhoria contínua industrial é o *Lean Manufacturing*, que tem como principais pilares a eliminação de desperdícios e o aumento de performance operacional, aumentando, assim, o nível de serviço e agregando mais valor ao cliente. Portanto, é importante olhar, cada vez mais, para a Gestão de Armazéns como um processo que pode ser melhorado continuamente, trazendo os princípios *Lean* para melhorar

o seu desempenho e obter resultados em termos de controlo de inventário, diminuição do tempo de resposta e melhor organização, permitindo mais qualidade e menos erros.

Para Bozer (2012), o *Lean* nos armazéns não apresenta o mesmo nível de maturidade que em outros ambientes de aplicação, e é, portanto, necessário compreender quais ferramentas, metodologias e que são aplicáveis de forma vantajosa.

2.2. Gestão de Armazéns

2.2.1. Processos Típicos

O armazenamento é descrito por (Moura, 2006) como a denominação genérica e ampla que compreende todo o conjunto de atividades de um ponto destinado à conservação temporária e à distribuição de materiais.

Os armazéns envolvem assim 6 principais tipos de processos e atividades: Receção, Localização, Armazenamento, Abastecimento, Embalamento e Expedição.

Receção - É o primeiro processo e um dos mais importantes. É necessário verificar que foi recebido o produto certo, na quantidade certa, nas condições certas e no tempo certo pois caso qualquer uma destas condições falhe poderá trazer graves problemas nas operações seguintes. A partir deste momento as responsabilidades dos bens passam a ser do armazém até ao momento em que são enviados.

Localização - Engloba o movimento feito desde o ponto de receção dos bens até ao local do seu armazenamento. É importante perceber qual a localização ideal para cada tipo de produto pois desta forma teremos alguns benefícios: maior velocidade e eficiência de armazenamento, menores tempos de transporte, maior segurança, melhor utilização do espaço do armazém e os bens tornam-se mais facilmente encontráveis e transferíveis.

Armazenamento - Processo em que os bens são colocados nos locais de armazenamento. Deve ser executado de forma a maximizar o uso do espaço disponível. Segundo Carvalho (2010), o local onde se vão armazenar os produtos no armazém pode ter uma elevada relevância em toda a futura movimentação e utilização dos mesmos.

Abastecimento - Processo que recolhe os produtos para satisfazer os pedidos dos clientes. Para Carvalho (2010), é o processo que mais tempo e recursos consome em qualquer armazém e por isso deve ser tido em conta de forma a evitar erros e atingir elevados níveis de eficiência.

Embalamento - Processo que compila os produtos recolhidos numa ordem de venda e prepara o envio para o cliente. É importante que neste processo se garanta que os danos dos produtos são minimizados. O embalamento deve ser o mais leve possível para não aumentar o peso dos produtos e o mais barato possível para não aumentar custos.

Expedição - É o processo final e é onde é iniciada a jornada dos bens do armazém para o cliente. É feito com sucesso quando os produtos são enviados nas condições certas e chegam ao cliente de forma segura e dentro dos tempos estipulados. Todos os outros processos anteriores têm impacto na expedição pois afetam se o pedido é cumprido com precisão e em segurança.

2.2.2. Sistemas de Armazenamento

Segundo Ballou, R. (2011) a atividade de armazenamento é um suporte primário da logística. A sua evolução é constante e novas tecnologias tem vindo a surgir em curtos espaços de tempo.

Carvalho et al. (2010) apresentam variados sistemas armazenagem, tais como *racks* (convencionais, *drive-in*, *drive-through*, *cantiléver*, gravitacional), que armazenam produtos em paletes com diversas características, como peso, volume e dimensões.

Existem ainda sistemas de armazenamentos automatizados, conhecidos como AS/RS, do termo em inglês, *Automated Storage and Retrieval System*, que consistem, segundo Kator (2007), em equipamentos computadorizados que armazenam e entregam produtos em armazéns de forma automática, minimizando ao máximo a intervenção humana.

Carvalho et al. (2010) apresentam também vários sistemas AS/RS, tanto verticais como horizontais, como módulos de elevação vertical, carrosséis, autoportantes e *pallet shuttles*.

2.2.3. Módulos de elevação vertical (VLM) e carrosséis

Um armazém vertical automatizado é composto por uma estrutura fechada, semelhante a um armário, com compartimentos interiores onde se depositam bandejas com várias localizações que armazenam os materiais. Quando um operário seleciona no software a referência do que necessita, a bandeja, com o produto pedido, é movida, de forma vertical, até ao nível do posto de *picking* onde o operário extrai as unidades necessárias da bandeja correspondente.

Na mesma família dos armazéns verticais surgem os carrosséis.² Nestes, o movimento é feito coletivamente, ou seja, todas as prateleiras movem em simultâneo por rotatividade vertical.

Estes sistemas têm sido cada vez mais utilizados por apresentarem vantagens como a redução do espaço físico necessário e dos custos de mão de obra, maior confiabilidade e segurança em artigos de valor e taxas de erro bastante reduzidas. Por outro lado, necessitam de grandes investimentos na sua implementação e em sistemas de controlo, e também apresentam uma menor flexibilidade (Roodbergen & Vis, 2009).

Ambos os sistemas utilizam o espaço de forma eficiente e são adequados para produtos de pequenas dimensões facilitando o *picking* dos operários, uma vez que a mercadoria é disponibilizada e não procurada por estes.

Chatchawan Kitissomprayoonkul (2001) apresenta um caso de estudo de uma organização que implementou armazenamento vertical Kardex (armazenamento vertical automatizado) nos seus armazéns. Antes da implementação, a empresa enfrentava desafios comuns de armazenamento, incluindo velocidade lenta de armazenamento e *picking* de artigos, erros frequentes de armazenamento, como armazenamento incorreto, pickings errados e perdas de material, e dificuldade no controlo dos artigos armazenados.

Após a implementação das torres Kardex, a empresa observou melhorias significativas na eficiência do armazenamento. A velocidade de armazenamento e *picking* dos produtos aumentou em 50%, enquanto os erros de armazenamento diminuíram em 60%. Permitiu também um melhor controlo dos artigos armazenados e uma gestão mais eficiente do *stock*, resultando num aumento de 30% na capacidade de armazenamento.

O caso de estudo ilustra assim como a implementação de torres de armazenamento Kardex podem melhorar significativamente a eficiência de um armazém, resolvendo problemas comuns de armazenamento e aumentando a capacidade de armazenamento.

2.2.4. Centralização do Armazenamento

Van der Burg, S. (2015) aborda a centralização do armazenamento como uma estratégia para aumentar a produtividade e melhorar a eficiência. O estudo apresenta o caso de uma empresa que centralizou o armazenamento e realocou artigos para aumentar a eficiência. A realocação incluiu a otimização do *layout* do armazém, a consolidação de *stocks* e a mudança para uma estratégia de armazenamento *pull*, em vez de *push*, ou seja,

uma abordagem mais reativa que responde à procura dos clientes, em vez de uma abordagem proativa que antecipa a procura.

A centralização e a realocação de produtos permitiram uma redução significativa nos custos de armazenamento, pois a empresa conseguiu utilizar melhor o espaço disponível e gerenciar de maneira mais eficiente as suas reservas. Além disso, houve um aumento na eficiência dos processos, uma vez que a empresa conseguiu otimizar a disposição do armazém e consolidar *stocks*. Resultou também em uma melhoria na qualidade do atendimento ao cliente, já que a empresa conseguiu expedir produtos mais rapidamente e com maior precisão.

2.3. Pensamento Lean e Gestão de Armazéns

Lean Manufacturing é uma filosofia de negócio derivada da observação de metodologias aplicadas na Toyota e conhecidas como Toyota Production System. Consiste num conjunto de ferramentas e metodologias poderosas que procuram identificar e eliminar desperdícios.

Ferramentas e metodologias como: 5S, just-in-time (JIT), PDCA, Kanban, cellular manufacturing, total productive maintenance (TPM), ECRS, single-minute exchange of dies (SMED) e value stream mapping (VSM) (Ketchanchai, P. et al., 2021).

Um armazenamento Lean procura uma melhor velocidade de resposta ao cliente ao mesmo tempo que se diminui o espaço de armazenamento e inventário com o aumento de precisão no sistema (Sharma and Shah, 2016). Reforça que a eficiência dos armazéns recai no seu layout, handling e transporte de materiais (Dharmapriya & Kulatunga, 2011).

São esperados como resultados: melhor eficiência no fluxo de materiais, melhor organização de trabalho, maior produtividade, normalização dos processos, melhoria na qualidade das operações, redução de lead times, redução de tempos de transporte assim como uma melhor visão de toda a cadeia de abastecimento (Phogat, 2013).

Desta forma a separação dos pedidos, a verificação dos mesmos, a embalagem e o envio ao cliente devem ser feitos com o mínimo de desperdício (Garza et al., 2011). A chave é por isso reduzir ou até eliminar as atividades que não acrescentem valor ao processo aumentando a velocidade e fluxo de resposta (Garcia, 2004).

2.3.1. Conceito de Valor

No contexto de armazenamento, valor é definido como a habilidade de ter acesso aos produtos certos na hora certa (Nabhani & Shokri, 2009). Apesar de o armazenamento não trazer nenhum valor adicional é extremamente necessário pois está encarregue de conseguir oferecer os produtos nas quantidades certas dentro dos prazos estipulados pelos clientes.

As atividades podem ser agrupadas em 3 tipos: as atividades que agregam valor (VA), as que são necessárias, mas não agregam valor (NNVA) e por último as que não agregam valor nem são necessárias (NVA). Desta forma eliminar todas as atividades que não tragam valor ao processo (NVA) é fulcral para conseguir uma capacidade de resposta mais rápida.

2.3.2. 7 Desperdícios

Desperdício ou *non-value adding activities* (NVA) podem ser classificadas em sete tipos (Hines et al., 1999; Ohno, 1988):

Overproduction – Ocorre quando são recebidos produtos não desejados/necessários aumentando o stock (Hines & Rich, 1997). Desta forma aumentam os custos de inventário e perde-se espaço para armazenar outros produtos que sejam necessários. Alguns autores defendem que este tipo de desperdício não deve ser considerado na Gestão de Armazéns uma vez que não existe transformação de matérias-primas em produtos finais (Cagliano A.C. et al., 2018).

Waiting – Ocorre quando o tempo é usado de forma ineficiente levando a parar o movimento de stock ou criando períodos de inatividade (Hines & Rich, 1997) como por exemplo ter que esperar por equipamentos ou que materiais sejam armazenados ou reabastecidos.

Transportation - Ocorre quando os trabalhadores fazem movimentações excessivas com os produtos dentro do armazém (Hines & Rich, 1997) como mover outros materiais para chegar ao pretendido ou criar espaço. Este tipo de desperdício na grande de indicadores visuais que facilitem o picking dos produtos.

Over Processing – Ocorre quando são aplicadas soluções complicadas em tarefas simples (Hines & Rich, 1997) ou processos são reexecutados várias vezes por serem mal definidos.

Inventory – Ocorre quando temos stocks de segurança sobredimensionados e, stock de produtos danificados (Hines & Rich, 1997) ou desnecessários que acabam por não ser movimentados ou materiais simplesmente mal colocados. Provoca aumento do lead time, custos de inventário e afeta o fluxo de valor. Muitas vezes temos produtos desnecessários em grandes quantidades e acabamos por ter produtos que necessitamos e agregam valor em quantidades inferiores às necessárias.

Unnecessary Motions – Ocorre quando os trabalhadores realizam ações redundantes que são evitáveis (Hines & Rich, 1997) como por exemplo andar à procura do material, equipamentos ou outros colaboradores. Muitas vezes estão também associados a layouts defeituosos onde produtos são armazenados de formas ineficazes.

Defects – Ocorre quando pedidos são concluídos e enviados, porém não estão dentro das conformidades exigidas pelos clientes (Hicks, 2007). Geralmente ocorrem por erros humanos quando existe muita variedade de produtos similares. Aumenta custos de transporte e lead time, impacta o nível de serviço.

2.3.3. Ferramentas e Metodologias

A filosofia Lean engloba o uso de várias ferramentas e metodologias com diferentes âmbitos e objetivos diferentes, desde identificação, qualificação e solução de problemas ao seu controlo.

Value Stream Mapping (VSM)

O primeiro passo para tornar um armazenamento Lean é o Value Stream Mapping (VSM) (Garcia et al., 2004; Chen et al., 2011; Garza et al., 2011).

De forma a conseguir executar o VSM é necessário primeiro representar em detalhe as atividades do sistema. Em muitos casos é usada a Unified Modeling Language (UML). UML é uma linguagem de modelação padronizada aceite pela ISO. Inclui um conjunto de ferramentas gráficas para especificar, visualizar, modificar, construir e documentar um sistema (M. Dotoli et al., 2015).

Esta detalhada representação é então representada visualmente no VSM permitindo uma visão compacta do sistema em análise permitindo assim observar o conjunto de todas as ações específicas, tanto com valor agregado quanto sem valor agregado, que são necessárias para levar um produto através dos fluxos de informação e produção de uma operação de manufatura.

Segue o caminho do produto do início ao fim, desde o momento em que o pedido é recebido até ao momento em que a encomenda é enviada, e mostra uma representação visual de cada processo nos fluxos de material e informação. Os mapas mostram a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material para uma família de produtos (Garcia, 2004).

Através do VSM é possível investigar de forma mais visual e compilada as atividades que agregam ou não valor identificando oportunidades de melhoria e desta forma é possível construir um VSM do estado presente e, mais tarde como vamos ver à frente, outro do estado futuro dos processos com eventuais oportunidades de melhoria aplicadas.

Genba

Filosofia que recomenda aos gestores passarem o seu tempo no chão de fábrica, onde ocorrem as atividades reais. Desta forma a principal ideia é estar onde os problemas são visíveis permitindo ter uma melhor e mais correta visão dos processos e focar na identificação e eliminação dos desperdícios. (M. Dotoli et al., 2015).

Através do VSM é possível identificar os principais problemas que podem necessitar de passar por uma filtragem, por exemplo através do Princípio de Pareto que diz que 80% dos efeitos vêm de 20% das causas.

Desta forma é possível construir uma matriz que para cada problema são identificados e avaliados os tipos de desperdícios e as suas causas permitindo assim redesenhar os processos eliminando as atividades que não agreguem valor por ordem decrescente de importância e obter o novo VSM que mais tarde deverá ser implementado.

Just in Time (JIT)

Segundo Slack, Chambers e Jonnston (2007) JIT significa “produzir bens e serviços exatamente no momento em que de facto são necessários”, isto é, produzir a quantidade exata de um produto, de acordo com a procura, de forma rápida e sem a necessidade de formação de stock. Desta forma evita desperdícios, stocks desnecessários e custos extras associados.

Bottleneck Analysis

Identificar que operações dos processos de manufatura é que limitam a produtividade geral e procurar soluções que proporcionem uma melhoria dessa parte do processo.

Diagrama de Spaghetti

Segundo Womack e Jones (2004) é uma representação gráfica da movimentação de pessoas ou materiais ao longo da cadeia de abastecimento. Por outras palavras, é uma ferramenta visual que consiste num emaranhado de linhas que representam toda a trajetória percorrida pelo colaborador durante a execução de um processo. Permite visualizar todas as perdas com o deslocamento e tem como finalidade eliminar desperdícios.

3. METODOLOGIA

Ao longo estágio foi adotada uma metodologia de investigação que assenta nos princípios de Action-Research, ou seja, uma investigação focada na necessidade de solucionar problemas reais numa organização, implicando mudanças nas pessoas e processos que lidam constantemente com estas dificuldades (Lewis, Thornhill, & Saunders, 2007).

3.1. Action-Research

Assim, o desenvolvimento do projeto teve como base as cinco etapas da metodologia Action-Research (Susman & Evered, 1978):

1. Diagnóstico do problema – Definição do SCOPE do problema, recolha e análise de dados relevantes de forma a construir um modelo de situação atual (AS-IS): nesta primeira fase, foram aplicadas diversas ferramentas de diagnóstico, auxiliando a compreensão dos processos logísticos e identificando as principais falhas;
2. Planeamento da ação – Identificação dos principais pontos de melhoria, preparação e desenvolvimento de planos de implementação e propostas de melhoria para a resolução dos problemas identificados previamente;
3. Ação – Implementação do plano de implementação construído na fase anterior;
4. Avaliação – Monitorização, controlo e análise dos resultados: desta forma procura-se avaliar a eficácia das soluções implementadas, a fim de verificar se os principais objetivos foram cumpridos e procurar sempre novos pontos de melhoria.
5. Especificação da aprendizagem – Descrição detalhada da metodologia, ferramentas utilizadas assim como todos os meios necessários para sua aplicação, e ainda apresentação das conclusões do projeto e sugestões para trabalhos futuros.

3.1.1. Desenvolvimento

Neste sentido, numa primeira fase foram efetuadas visitas ao chão de fábrica de forma a analisar os processos logísticos e comunicar com os colaboradores, percebendo os

principais pontos de funcionamento e problemas e analisando todas as atividades logísticas, desde a recepção de materiais, armazenamento e abastecimento à linha até à expedição. De seguida foram utilizadas algumas ferramentas de melhoria contínua como o mapeamento da situação atual através de Genba permitindo observar de perto os processos, recolher tempos de duração de vários processos, analisar e quantificar desperdícios assim como analisar fluxos através do Diagrama de Spaghetti.

Em simultâneo, foi feita uma revisão bibliográfica sobre os processos logísticos de gestão de armazéns aliado à Filosofia Lean, recorrendo a várias fontes desde dissertações, livros e artigos, a ferramentas de pesquisa online.

Posteriormente foi definido um plano de implementação com propostas de melhoria, realizando um plano de ações. Para possibilitar a monitorização, o controlo e avaliar o trabalho efetuado foram recolhidos resultados.

Numa última fase, foram analisados os resultados obtidos das ações tomadas e recomendadas algumas ações futuras potenciadoras de melhorias.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA ATUAL

Esta seção fundamenta-se no estudo e análise do estado atual dos processos logísticos, desde a recepção do material até à expedição. Através da recolha de diversos dados e da análise subsequente, foi possível identificar uma série de problemas que serão apresentados mais tarde.

4.1. AMT

A Unidade de Negócio de Aparelhagem de Alta e Média Tensão (AMT) apresenta uma ampla e completa gama de produtos para alta e média tensão. Reconhecidos em Portugal e internacionalmente pela qualidade das suas soluções e produtos e pela sua capacidade de personalização aos requisitos dos clientes.

Oferecem um serviço integral e chave-na-mão que inclui a fabricação da solução proposta, a montagem e o suporte pós-venda. Além disso, contam com equipas experientes no desenvolvimento de equipamentos.

Atualmente, o AMT trabalha com fornecedores e clientes distribuídos globalmente. Nos últimos anos, passou por uma fase de maior fragilidade devido à pandemia COVID-19 e à situação econômica frágil. Isto causou danos ao longo de toda a cadeia de abastecimento, resultando na perda de fornecedores e, por sua vez, clientes, dificultando gravemente os processos de compra e venda. Neste momento, está a tentar reestabelecer todos os seus processos e retornar a um ritmo de produção estável novamente.

4.1.1. Layout

A unidade fabril possui 3 zonas produtivas, a zona de distribuição primária, disjuntores e cablagens (piso 1), a zona de distribuição secundária (piso 0) e ainda uma zona paralela às instalações constituída por uma Linha OPF focada na produção de artigos para o Catar. O Layout pode ser visualizado no Anexo A.

No que diz respeito às áreas logísticas, a Efacec AMT possui três áreas de expedição de produto acabado: uma para cada zona produtiva mencionada anteriormente. Possui ainda

dois centros de armazenagem: a nave central, para materiais de grandes dimensões, e o armazém intermédio (com quatro torres automáticas e quatro pisos de armazenamento) para materiais de menores dimensões.

Distribuição primária - Alberga todo o equipamento elétrico necessário para fornecer energia elétrica aos consumidores (disjuntores e cablagens). Funciona em produção em estaleiro apresentando quadros grandes com lead times elevados. Os produtos são iniciados a partir de componentes maiores e vão sendo terminados ao longo do tempo com componentes cada vez mais pequenos à medida que os mesmos chegam.

Distribuição secundária - Composta por 3 principais linhas de produção destinadas a produtos modulares mais standard, personalizados apenas para cliente final especialmente em questões elétricas (*Normafix*, *Fluofix* e *HV*). Estes produtos apresentam tempos de produção mais curtos e o material só entra na linha se existir stock para o produzir na íntegra (ou se a sua chegada estiver assegurada e numa data próxima). *Normafix* apresenta produção em estaleiro e *Fluofix* por outro lado apresenta produção em linha sendo que o produto passa por vários departamentos onde é montado e testado. Contém ainda um armazém secundário construído de forma flexível permitindo ser adaptado consoante as necessidades podendo ser eliminado a qualquer momento.

Linha OPF (Catar) - Tal como o próprio nome indica apresenta um funcionamento *one piece flow* onde o produto se desloca ao longo da linha passando por fases de acoplagem, montagem, testagem e embalamento sendo então colocado na zona de expedição.

4.1.2. Sistemas de Informação

A Efacec AMT possui diferentes sistemas de informação que auxiliam os processos de planeamento, de produção e de abastecimento.

O *BaaN* é o sistema de informação *ERP* (Enterprise Resource Planning) adotado pela empresa, compreendendo um conjunto de módulos que auxilia diversas áreas – Produção, Transportes, Compras, Vendas, entre outros. É a partir deste sistema que são determinados os produtos a fabricar e quais os materiais necessários para tal.

O *ATLAS* é o sistema *WMS (Warehouse Management System)* criado pelo próprio AMT. Desta forma gere todas as localizações dos produtos e auxilia os pickings necessários.

A empresa possui um sistema de gestão de armazém *Ulisses*. Neste são registadas todas as entradas de material, definindo ainda quantidades e localização do armazenamento. Por outro lado, este sistema dita as necessidades de abastecimento de material, conforme o destino, definidas pelo *BaaN*. A manipulação de dados neste sistema só é possível no posto de trabalho do Armazém Intermédio. No entanto, todos os dados de movimentos de material estão disponíveis para consulta a todos os colaboradores.

Por fim, possui ainda outros vários sistemas auxiliares como: *Check In, Global Art, Global Tracking, Swich IT*, que possuem as mais variadas funções, desde a gestão global dos artigos, à sua rastreabilidade, consulta de documentos e visualizações de produtos, processos e sistemas.

4.1.3. Funcionamento JIT

Ao longo dos últimos anos o AMT tem passado por uma mudança na sua filosofia de funcionamento procurando eliminar stocks e deixando de produzir para stock passando a um sistema *Just In Time (JIT)*. Possibilita assim uma flexibilidade muito maior na personalização dos produtos uma vez que é utilizada uma estratégia *Make-To-Order*.

Devido à situação atual, este sistema apresenta falhas necessitando ainda de alguns níveis de stock, porém inferiores aos necessários no passado o que possibilita a redução dos espaços dedicados ao armazenamento.

4.2. Descrição dos Processos Logísticos

A empresa adota um serviço subcontratado de logística, que constitui a equipa de logística interna, realizando todas as movimentações e armazenamento de material, desde a receção até à expedição. É esta a equipa que receciona o material dos fornecedores, armazena-o, aprovisiona-o a todas as linhas de produção e expede o produto final.

4.2.1. Receção de Material

A receção é efetuada em um único cais, são requeridos e verificados os documentos necessários e, caso válidos, a mercadoria é aceite e é verificado o seu estado. Se estiver conforme, é realizado o check-in e a receção nos vários sistemas (WMS, ERP), se não estiver conforme, é aberto um Formulário de Não Conformidade (FNC) e é realizada uma verificação pela equipa de gestão de qualidade.

4.2.2. Localização e Armazenamento

Há uma separação consoante o tipo de produto pelos vários espaços de armazenamento, apresentados de seguida. Diariamente ocorrem 2 rotas que fazem esta distribuição e avaliam as necessidades das linhas para Picking.

O armazenamento é feito em vários locais, de várias formas diferentes:

- **Armazém central** onde são guardados os produtos de maiores dimensões;
- **Armazém intermediário** constituído por vários supermercados e torres automáticas onde produtos de menores dimensões e maiores quantidades são armazenados.

Os supermercados estão distribuídos em 4 pisos. No piso 0 existem 2 supermercados principais onde são armazenados itens com maior rotatividade. Nos restantes pisos e por ordem vão sendo armazenados itens que, por questões de segurança e praticidade, apresentam menor rotatividade e menores pesos.

O armazenamento vertical é constituído por 4 torres automáticas. Na figura 15 está exibido o exterior de uma das torres. A torre 1, 2 e 4 apresenta um funcionamento por prateleiras onde na sua ativação o Ulisses determina que prateleira contém o item necessário e assim ativa o robot que vai buscar a mesma e transporta-a até à base de recolha. A torre 3 funciona em carrossel tendo desta forma um funcionamento rotatório consoante o item necessário. Nos apêndices A, B e C podem ser consultados dados das torres como número de prateleiras, pesos máximos e volumes máximos.



Figura 4.1 Torre 1 e as suas caixas

- **Armazéns de linha** que acondicionam itens não guardados nos dois armazéns anteriores sendo constituídos por material usado diretamente na linha consoante as necessidades.

4.2.3. Picking

Existem vários tipos de *Picking* diferentes consoante a linha e os tipos de produtos (*Picking OF*, *Picking FluoFix*, *Picking Ulisses*, *Picking Kanban*).

Picking OF - O pedido é lançado no ATLAS (WMS) e é aceite por um colaborador que segue a rota definida e recolhe os vários itens necessários, levando-os para a linha onde são necessários.

Picking Linha FluoFix - pedido é lançado no ATLAS (WMS) e é aceite por um colaborador. Este inicia o processo pegando num carro próprio para este tipo de *Pickings*, com espaços personalizados para as várias peças já definidos, de forma a agilizar o transporte e aumentar a segurança do mesmo. De seguida segue a rota, definida pelo WMS, e coloca no carro todas as peças necessárias, levando então o carrinho de volta à linha FluoFix.

Picking Ulisses - O pedido é iniciado no WMS e é aceite por um colaborador, é então transferido para o software Ulisses (responsável pelo funcionamento das Torres Kardex), colocando as torres em funcionamento, um outro colaborador recolhe o que é necessário e organiza o material em caixas, carrinhos ou paletes de acordo com as quantidades e dimensões.

Picking Kanban - O funcionamento dos *Kanban* é dividido em 3 tipos de cartões, armazém (ou Komax), ulisses (cria pedido Kardex), contrato (cria pedido ao fornecedor). Quando as caixas *Kanban* ficam vazias, são colocadas no posto de recolha. Durante as rotas de abastecimento (descritas anteriormente), o colaborador recupera as caixas e verifica os cartões, lançando, em seguida, os diferentes pedidos necessários no WMS, para mais tarde serem executados.

4.2.4. Embalamento e Expedição

Neste processo, os colaboradores guiam-se por mapas de carga que indicam quais os produtos necessários em cada expedição, incluindo materiais anexos. Devido à estratégia *Make-To-Order* e de forma a manter os espaços livres para iniciar novas ordens, os projetos tendem a ser planeados de forma a serem concluídos o mais próximo possível do momento da expedição. Desta forma, quando um produto é terminado (incluindo verificação de qualidade e testes), o mesmo é embalado (no local ou na zona de expedição dependendo da linha) e é então preparado para expedição.

4.3. Análise e Identificação de Problemas

4.3.1. Análise do Processo de Picking

No sentido de observar e analisar o processo de *picking*, foram desenhados alguns *diagramas de spaghetti*. As linhas representam todo o trajeto percorrido por um colaborador da empresa durante a realização da tarefa. Desta forma, é possível ver todas as

perdas relacionadas com deslocamentos. Quanto mais linhas houver, mais tempo se perde e, portanto, menos eficiente é a área.

Através da redução da distância percorrida por um colaborador, tem-se uma melhor utilização do tempo gasto entre as diferentes etapas do processo. Desta forma, é possível organizar o layout de forma ideal e otimizada para a empresa.

Na Figura 4.1 é apresentado um exemplo de um *picking*.

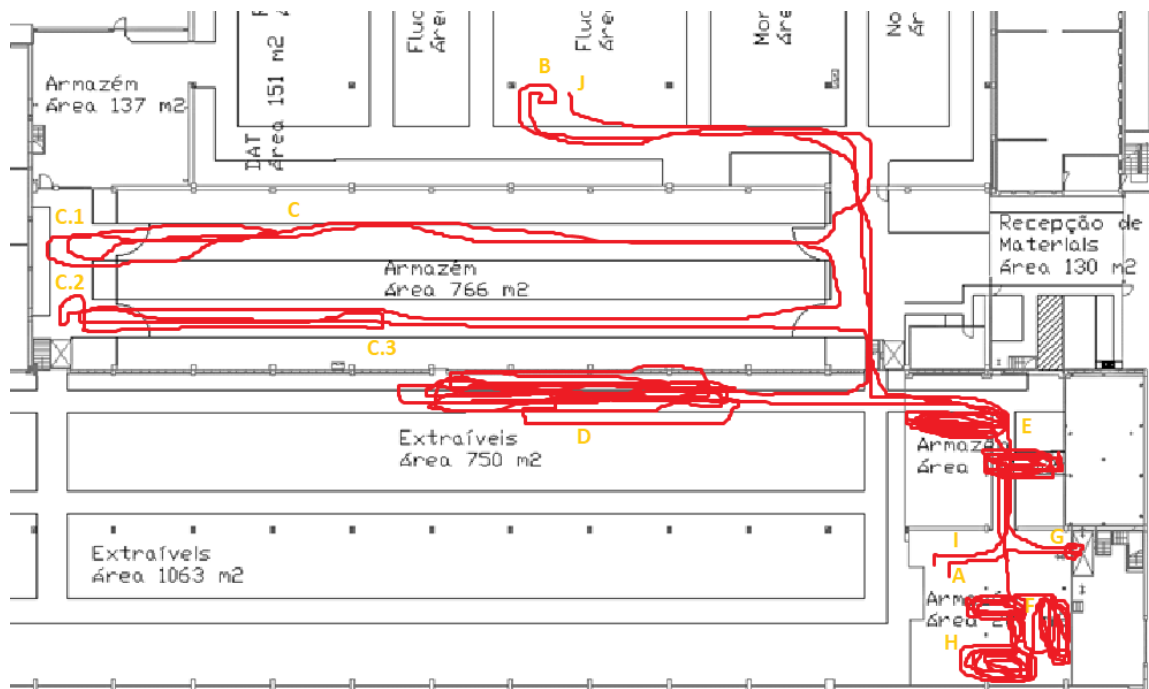


Figura 4.2 Diagrama de Spaghetti Picking

Em simultâneo, foram registados e cronometrados os tempos de todo o processo, o que pode ajudar na identificação de desperdícios, podendo ser visualizados na tabela 4.1.

Início (t)	Fim (t)	Duração		Descrição
00:00:00	00:01:40	00:01:40	A	Início
				Levantamento Carrinho
00:01:40	00:02:20	00:00:40	B	B.1 - Carrinho Indisponível, foi necessária troca.
00:02:20	00:05:35	00:03:15		B.2 - Observar OF (Perceber o que é necessário)
00:05:35	00:06:40	00:01:05		B.3 - Selecionar Materias Armazém Central e deslocação
				Picking Armazém Central (4 itens)
00:06:40	00:10:10	00:03:30	C	C.1 - Picking objetos chão
00:10:10	00:12:10	00:02:00		C.2 - Stacker 01
00:12:10	00:13:30	00:01:20		C.3 - Troca de Stacker 02 (Stacker não atingia a prateleira superior)
00:13:30	00:17:10	00:03:40		C.4 - Stacker 03
00:17:30	00:27:10	00:09:40	D	Picking Armazém de Linha
				Picking Supermercado 1
00:28:50	00:38:00	00:09:10	E	D.1 Prateleiras C3A e C3B (12 Itens)
00:38:00	00:43:00	00:02:30		D.2 Prateleiras C4C ... (7 itens) (Interrupção Chamada 00:29:30 - 00:32:05)
				Picking Supermercado 2
00:43:15	01:03:30	00:20:15	F	E.1 Supermercado 2 (36 itens)
				Picking Supermercado 2 - Pisos
01:05:50	01:10:20	00:04:30	G	Piso 2 e 3
				Picking Ulisses (Kardex)
01:12:00	01:19:00	00:07:00	H	Esperar Colaborador terminar outra OF
01:19:00	01:40:30	00:21:30		Picking Ulisses
01:41:00	01:46:15	00:05:15	I	Retirar Plásticos
01:46:15	01:48:30	00:02:15	J	Entrega Carrinho e Fim

Tabela 4.1 Registo de tempos picking

A partir da figura 4.1 e da tabela 4.1 podemos retirar algumas conclusões:

- Ocorreram algumas falhas: o carrinho necessário estava indisponível; a troca de *stacker* por o mesmo não atingir as prateleiras superiores; a necessidade de espera do Picking Ulisses, pelo término de outra ordem de fabrico, quando o mesmo poderia ter sido realizado em paralelo com as restantes atividades.

- Existe uma grande sobreposição de linhas, especialmente na zona dos supermercados (E, F e G). O colaborador, ao procurar cada item, entrava nos corredores, procurava o produto e colocava-o no carrinho, sem aproveitar a oportunidade de sinergias de consolidação. Essa atividade representou mais de 1/3 do tempo total gasto.

- Foram perdidos cerca de 10 minutos no Armazém de Linha (D), apenas para encontrar 2 itens que não estavam localizados corretamente ou no local suposto.

O processo apresenta, portanto, algumas falhas que podem ser melhoradas, tanto em termos de rota como de coordenação entre as diferentes partes, o que resulta em um tempo maior para a sua conclusão. É possível perceber que há vários locais diferentes e que o colaborador perde muito tempo a deslocar-se. Para melhorar a situação, seria importante reduzir o número de locais, diminuindo o tempo gasto em movimento e centralizando o armazenamento.

4.3.2. Análise do Armazém de Linha

Ao longo do tempo, foram criados também armazéns de linha, de acordo com as necessidades, o que resultou na dispersão dos materiais pelas instalações. No entanto, verificou-se que o impacto seria negativo, causando problemas de inventariação e desperdícios associados a movimentos desnecessários. Por exemplo, durante os processos de *picking*, era necessário percorrer vários pontos da fábrica para recolher todos os artigos necessários, uma vez que estes se encontravam em várias localizações distintas.

4.3.3. Análise Armazenamento Vertical

Ao analisar esta ferramenta, constatou-se que as torres Kardex não estavam a alcançar o seu potencial máximo. As torres são compostas por prateleiras, e cada prateleira contém várias caixas onde são armazenados produtos. Existem caixas com dimensões diferentes, que estavam alocadas de forma aleatória nas prateleiras, de acordo com as necessidades sentidas ao longo do tempo. Teoricamente, as torres apresentavam taxas de ocupação muito elevadas, mas na prática, apesar da maioria das caixas conter artigos, a taxa de ocupação era baixa. Isso deve-se principalmente ao facto de muitos produtos estarem armazenados em caixas com dimensões superiores ao necessário, resultando em baixas taxas de volume ocupado, perdendo-se assim a oportunidade de armazenar outros produtos nesse espaço livre.

Além disso, atualmente, o AMT trabalha com uma filosofia de *stocks* reduzidos, o que resulta em menores quantidades de artigos, muitas vezes personalizados. Porém, existe apenas uma lista estática de artigos adequados às torres Kardex, ou seja, um documento que lista os artigos que devem ser armazenados nas mesmas. Esta lista não permite que, à medida que novos artigos surjam, possam ser também armazenados nas torres, pois não existe um processo dinâmico que permita identificar se eles são adequados para este tipo de armazenamento.

4.3.4. Análise do Processo de Embalamento

O embalamento está dependente do tipo de produto e do tipo de transporte, apresentando assim tamanhos, materiais e especificações muito variados e dificultando a normalização do procedimento. Neste caso, tratava-se de um embalamento para transporte

marítimo, como se pode observar na Figura 4.2, composto por 16 células, executado por 6 colaboradores.

Neste caso, tal como no ponto 4.3.2, o processo foi também observado, foram registadas as várias atividades executadas e cronometradas (tabela 4.2), sendo mais tarde calculada a duração total de aproximadamente 16 horas de trabalho (Full time Equivalent (FTE)= $16 \times 6 = 96h$).



Figura 4.3 Fotografias Embalamento

		MÉDIAS	t	Nº Colab
1	Ponte Mover	01:00	60	1
2	Palete	00:30	30	2
3	Plástico Bolha	00:40	40	1
4	Plástico Cinzento	01:00	60	2
5	Plástico Bolha (2ª camada)	00:30	30	1
6	Ponte (Colocar Correntes)	01:30	90	2
7	Movimento Célula	01:30	90	2
8	Ponte (Soltar Correntes)	01:00	60	2
9	Colar Plástico (Fase 1)	00:15	15	1
10	Plástico Bolha em cima	00:45	45	2
11	Embrulhar	01:00	60	2
12	Colar Embrulho (Fechar)	08:00	480	2
13	Vacuo + Colar Ponta	01:30	90	1
14	Colar Finalização	03:00	180	1
15	Colocar calços (8)	01:30	90	1
16	Colar Micas com info	00:30	30	1
17	Numerar paletes	00:10	10	1
18	Posicionar Tábuas Laterais P	01:00	60	2
19	Aparafusar Tábuas Laterais P	01:00	60	2
20	Posicionar Tábuas Laterais G	01:00	60	2
21	Aparafusar Tábuas Laterais G	03:00	180	2
22	Cortar Tábua Segurança	00:20	20	2
23	Posicionar Tábuas Segurança (2)	00:15	15	1
24	Aparafusar Tábuas Segurança (2)	01:00	60	1
25	Posicionar Tábuas Ajuste Tampa	00:15	15	1
26	Aparafusar Tábuas Ajuste Tampa	01:45	105	1
27	Posicionar Tampa	00:15	15	2
28	Aparafusar Tampa	01:30	90	1
29	Colocar Etiquetas	01:30	90	1
30	Pintar Símbolos	04:00	240	1

Tabela 4.2 Registo das atividades e respetivos tempos de uma atividade de embalagem

Desta forma, e analisando as tarefas como se fossem executadas em sequência, podemos retirar alguns *insights*: A tarefa mais demorada dura aproximadamente 8 minutos, e cada célula demora cerca de 1h a ser embalada.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

Esta seção baseia-se na utilização de ferramentas que permitam identificar pontos fortes e fracos, permitindo definir oportunidades de melhoria nos processos logísticos. Estas melhorias passam pela correção dos problemas apresentados anteriormente, especialmente a nível de otimização das torres de armazenamento e do processo *picking*.

5.1. Análise SWOT e TOWS

A análise *SWOT* permite consolidar e verificar as principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Desta forma foi construída uma análise *SWOT* que pode ser visualizada na Tabela 5.1.

		(S) Pontos Fortes		(W) Pontos Fracos	
		Análise Interna	S1	Sistemas de Informação (ERP, WMS, ...)	W1
S2	Marca - Reconhecimento		W2	Baixa manutenção plataformas	
S3	Elevado know-how		W3	JIT - Alta dependencia de fornecedores	
S4	JIT - Baixos Stocks		W4	Quebras de Stock	
S5	Personalização do Produto		W5	Falhas de Comunicação	
S6	Armazenamento Supermercados e Vertical		W6	Pouca Otimização Torres Kardex	
			W7	Inexistência de Inventários de Existências	
			W8	Existência de Armazéns de Linha	
Análise Externa		(O) Oportunidades		(T) Ameaças	
		O1	Situação Atual (Pouca Produção)	T1	Falência Efacec (Perda de Confiança)
		O2	Subcontratação Logística - Maior flexibilidade (nº operários), serviço especializado, menos preocupações	T2	Subcontratação Logística - Dependência e menor controlo
		O3	Tendência Mercado - Eletrificação		

Tabela 5.1 Análise SWOT

Podemos verificar que os sistemas de informação, o elevado know-how e os variados armazenamentos são pontos fortes. Por outro lado, a pouca documentação processual, a quebra de stock e falhas de comunicação são pontos fracos. A situação atual (taxa de produção baixa) mostra-se uma oportunidade permitindo dedicar tempo a tarefas de

melhoria, porém trouxe quebras de confiança com os clientes, mostrando-se também uma ameaça.

Com os dados da análise SWOT, é possível elaborar a análise TOWS (tabela 5.2), que se trata do cruzamento das informações retiradas da SWOT, e que permite definir estratégias e melhorias importantes para o futuro da empresa. Perceber estes cruzamentos permite que situações ou atributos vistos como não benéficos para a empresa possam ser transformados e vistos como contributos positivos.

Estratégias SO		Estratégias WO	
S3, S5 + O1, O3	Apostar em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para reconquistar mercado	O1 + W1	Analisar Situação Atual, procurar melhorias, documentar Processos e criar IO's
		O1 + W5	Analisar Situação, Criar Processos e Formar Colaboradores
		O1 + W6	Reorganizar e Otimizar Torres
		O1 + W7, W8	Limpeza de Armazéns, contagem e centralização do armazenamento
Estratégias ST		Estratégias WT	
T1 + S2	Utilizar a Marca para Restabelecer Confiança no Mercado	W1, W5 + T2	Criar Processos e Instruções para melhorar comunicação e ganhar visibilidade nas operações
T1 + S5	Introduzir Novidades no Mercado	T1 + W3	Criação de novos acordos (sinérgicos) assim como recuperação dos antigos de forma a recuperar confiança
T2 + S1	Utilização dos Sistemas de forma a conseguir monitorizar e controlar		

Tabela 5.2 Análise TOWS

Após esta análise, é perceptível que existem várias opções estratégicas para combater ou minimizar as fraquezas e ameaças, assim como para potenciar os seus pontos fortes e agarrar as oportunidades do mercado. Estas estratégias passam por analisar a situação atual, documentar processos, procurar melhorias, reorganizar armazéns e torres, entre outras.

5.2. Definição Estratégica

De forma a facilitar a avaliação e a escolha dos rumos a tomar, faz sentido agrupar algumas dessas alternativas e selecionar aquelas que se enquadrem com os objetivos

logísticos, uma vez que permitem melhorar os resultados dos processos logísticos, eliminar erros e desperdícios e otimizá-los.

Assim ficam estabelecidas 4 principais estratégias, registadas na tabela 5.3, que definem o rumo do trabalho a implementar.

ESTRATÉGIAS	
1	Criar e documentar processos e instruções operacionais formando colaboradores, melhorando a comunicação e ganhando visibilidade nas operações
2	Reorganizar e otimizar torres
3	Limpeza de armazéns, contagem e centralização do armazenamento
4	Utilização dos sistemas informação de forma a conseguir monitorizar e controlar

Tabela 5.3 Seleção estratégica

5.3. Melhoria do Processo de Embalamento

Para seguir no sentido da primeira estratégia, "Criar e documentar processos e instruções operacionais, formando colaboradores, melhorando a comunicação e ganhando visibilidade nas operações", um dos processos a ser analisado foi o processo de embalamento. Para entender o seu funcionamento e procurar aspetos de melhoria, foi acompanhado um embalamento de forma a registar as várias etapas e os seus respetivos tempos médios, como pode ser visto na tabela 4.2 apresentada anteriormente.

Num cenário teórico, se o mesmo processo fosse executado em sequência por 2 colaboradores, com os tempos médios calculados, então cada célula demoraria aproximadamente 41,2 minutos, ou seja, um tempo total de 11 horas (FTE = 22 horas). E num cenário em que os 6 colaboradores trabalhariam em simultâneo, demoraria cerca de 5,5 horas (FTE = 22 horas). Isto mostra-nos que o facto de o processo não se encontrar normalizado trouxe grandes problemas de eficiência, tornando-o mais demorado do que o necessário.

Ainda dentro de um cenário teórico, mas desta vez onde as tarefas poderiam ser executadas em paralelo por equipas de 2 colaboradores, podemos verificar mais algumas melhorias, uma vez que algumas etapas podem e devem ser executadas em simultâneo para agilizar o processo.

Desta forma, executando as tarefas de uma forma mais ágil e rápida, é possível reduzir custos, pois são necessários menos colaboradores para executar a tarefa e/ou atribuir-lhe outras tarefas logísticas, consoante as necessidades da empresa.

5.4. Centralização do Armazenamento

No AMT, nos últimos anos, tem-se adotado uma estratégia de centralização de *stocks*, com o objetivo de otimizar processos e recursos. A estratégia número 2, que consiste na otimização das torres de armazenamento, representa mais uma oportunidade nesta direção. Isso permitiria aumentar o espaço livre das torres, alocando, posteriormente novos artigos e, por sua vez, eliminando os armazéns de linha.

5.4.1. Otimização Torres

A otimização das torres (estratégia 2) consistiu assim na reestruturação do layout. Muitas localizações encontravam-se com caixas com tamanhos muito superiores ao necessário para os artigos armazenados. Desta forma a taxa de ocupação era residual e impedindo o seu uso para novos artigos.

Fase 1 – Libertação torres

O processo de otimização foi iniciado com a análise de indicadores de rotatividade, reavaliando a existência de monos e slow moves passando-se, de seguida, à libertação dos restantes artigos das várias torres (torre por torre).

Fase 2 – Reestruturação do layout

Com as torres já vazias, passou-se a uma reestruturação do layout passando-se a utilizar essencialmente caixas de menores dimensões e assim aumentando o número de localizações disponíveis. Esta medida foi tomada, pois, entendeu-se que seria muito mais vantajoso ter um maior número de localizações pequenas porque mesmo para artigos de maiores quantidades é preferível estarem armazenados em várias caixas menores e desta forma serem libertadas localizações, durante a sua utilização, permitindo o seu uso novamente para outros artigos.

Fase 3 – Nova alocação dos artigos

Por fim, realizou-se uma alocação mais adequada dos produtos às localizações de forma a aumentar a taxa de ocupação. Para isso, foi iniciado o desenvolvimento de uma ferramenta auxiliar dinâmica.

5.4.2. Ferramenta Auxiliar Dinâmica

De forma a conseguir ultrapassar o problema da lista estática de artigos adequados ao armazenamento das torres e facilitar a localização de artigos de uma forma mais eficiente foi desenvolvida uma ferramenta auxiliar. Esta foi desenhada numa folha de cálculo (MS Excel), representada na figura 5.1, implementando um algoritmo que verifica se o artigo em questão obedece ao conjunto de restrições necessárias de peso, dimensões e valor, expostas de seguida, para armazenamento vertical.

Assim, esta permite introduzir parâmetros de um determinado artigo como dimensões (altura, largura e comprimento mm), peso (g), preço (€), rotatividade (nºpickings/semana), indicando assim se o item é adequado para as torres. Para além disso, em caso positivo, sugere ainda qual o tipo de caixa mais adequada ao mesmo, tornando todo o processo mais dinâmico e recetível à variabilidade de itens recebidos.

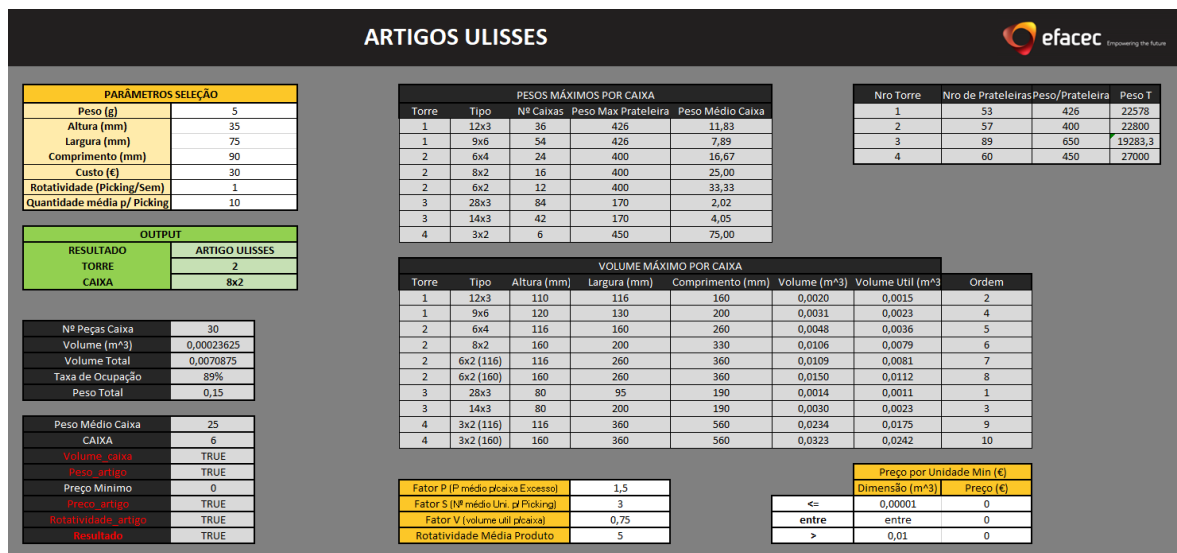


Figura 5.1 Interface

De forma a aproximar os resultados da realidade e a tornar os mesmos mais fidedignos foi necessária a criação de alguns fatores de correção (tabela 5.4) uma vez que as restrições criadas são um pouco genéricas no sentido de serem válidas para todos os artigos.

Fator P (P médio p/caixa Excesso)	1,5
Fator S (Nº médio Uni. p/ Picking)	3
Fator V (volume útil p/caixa)	0,75

Tabela 5.4 Fatores de Correção

Fator P – Na restrição do peso é considerado um ajuste escalar, uma vez que se reparou que a grande maioria das caixas apresentava um peso muito inferior ao peso máximo permitindo assim que outras caixas pudessem então ter um peso superior ao considerado máximo.

Fator S – Quando um artigo é introduzido, a caixa a ser considerada deve suportar X vezes o número médio de unidades por picking desse artigo de forma a evitar que seja necessário recolher artigos iguais de mais de uma caixa.

Fator V – Este fator está relacionado com o volume útil por caixa, uma vez que a geometria dos artigos impede a utilização total do volume da mesma, gerando desperdícios. Este fator pode necessitar de ser alterado consoante o tipo de geometria do artigo a analisar, ou seja, se os artigos são empilháveis, se as geometrias se complementam ou se as formas são irregulares dificultando o acondicionamento.

Todos estes fatores, atribuídos de forma arbitrária com base na experiência, necessitam de ser analisados com cuidado através de dados (inexistentes até então) de forma a permitirem obter os melhores resultados.

Depois de analisar os itens atuais das torres Kardex, percebeu-se que artigos para serem armazenados nas torres verticais deveriam seguir certas características de forma a respeitarem algumas condições mínimas que justifiquem o seu armazenamento nas Torres Kardex. Foram construídas assim algumas restrições:

- Apresentarem algum valor econômico: O preço do artigo deveria ser superior a 10€
- Não serem itens com elevada rotatividade: o número médio de *pickings* por semana ser inferior a 5 vezes.
- Para uma certa quantidade de artigos o peso e volume total por caixa não poderia ser superior a um certo valor consoante o tipo de caixa e torre (Anexos A, B e C). Consoante a quantidade o algoritmo procura a menor caixa para alocar os artigos respeitando o peso e

volume máximo. Estes valores foram obtidos através dos manuais das torres que permitiam saber o peso máximo por prateleira e desta forma consoante o número de caixas da prateleira calcular o peso limite e volume total através de uma divisão simples.

Desta forma, quando o utilizador introduz os parâmetros pedidos a ferramenta verifica a satisfação das 4 restrições e indica se o artigo é ou não (figura 5.2) um artigo Ulisses, ou seja, adequado ao armazenamento nas torres Kardex e qual a caixa mais indicada ao seu armazenamento.

OUTPUT	
RESULTADO	ARTIGO ULISSES
TORRE	2
CAIXA	8x2

OUTPUT	
RESULTADO	#N/D
TORRE	#N/D
CAIXA	#N/D

Figura 5.2 Exemplo de outputs (Positivo e Negativo respetivamente)

5.4.3. Eliminação dos Armazéns de Linha

Após a libertação de espaço das torres foi possível proceder à reorganização das áreas de armazenamento. Desta forma, utilizando a ferramenta auxiliar criada anteriormente e o know-how dos colaboradores envolvidos, através de entrevistas não estruturadas, os artigos presentes nos armazéns de linha foram inventariados e realocados nas restantes áreas de armazenamento. Assim foi libertado espaço da produção e centralizaram-se os artigos abrindo espaço para se refazer o diagrama de spaghetti realizado anteriormente de forma a avaliar o impacto desta medida.

5.4.4. Nova Análise do Processo de Picking

De forma a observar e analisar o impacto da centralização do armazenamento refez-se o diagrama de spaghetti do processo de picking, para o mesmo artigo, com as novas localizações que pode ser visualizado na figura 5.3.

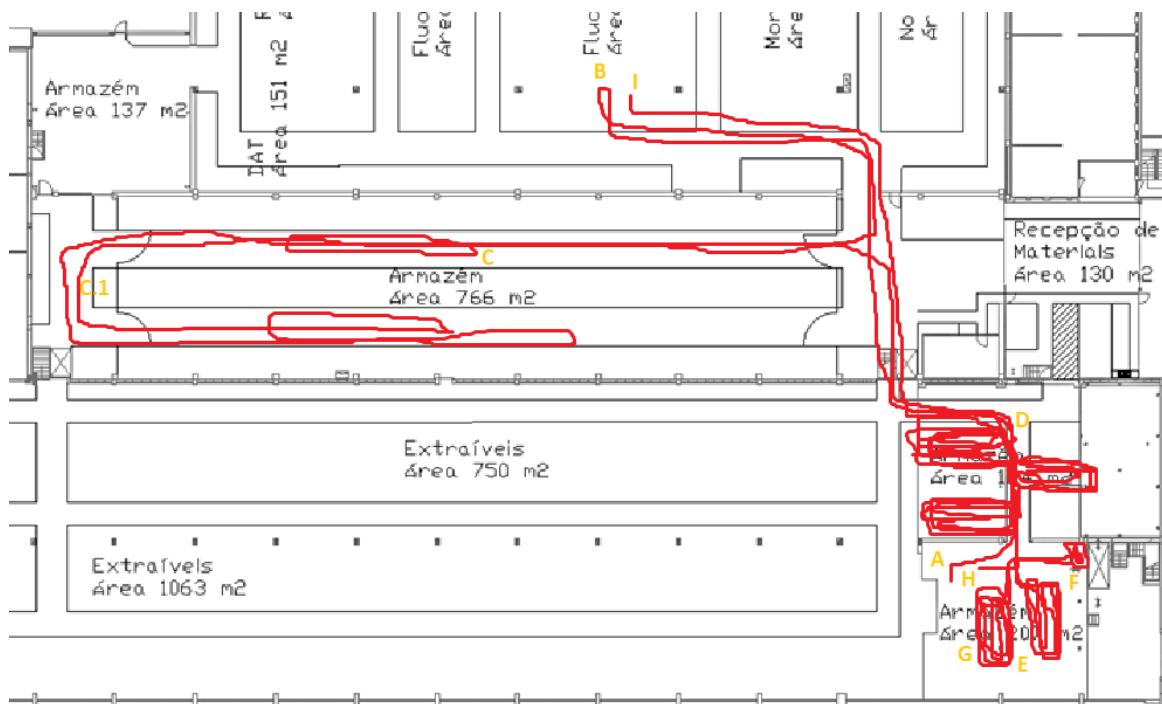


Figura 5.3 Diagrama de Spaghetti depois de alterações

Novamente foram retirados e cronometrados tempos de todo o processo, registados na tabela 5.5 de forma a avaliar o impacto das alterações.

Início (t)	Fim (t)	Duração		Descrição
00:00:00	00:00:50	00:00:50	A	Início
				Levantamento Carrinho
00:00:50	00:01:35	00:00:45	B	B.2 - Observar OF (Perceber o que é necessário)
00:01:35	00:03:55	00:02:20		B.3 - Selecionar Materias Armazém Central e deslocação
				Picking Armazém Central (4 itens)
00:03:55	00:07:20	00:03:25	C	C.1 - Picking objetos chão
00:07:20	00:13:10	00:05:50		C.2 - Stacker 01
00:13:10	00:27:30	00:14:20	D	Picking Supermercado 1
00:27:30	00:47:20	00:19:50	E	Picking Supermercado 2
00:47:20	00:52:05	00:04:45	F	Picking Supermercado 2 - Pisos
00:52:05	00:56:20	00:04:15	G	Picking Ulisses (Kardex)
00:56:20	01:02:40	00:06:20	H	Retirar Plásticos
01:02:40	01:04:10	00:01:30	I	Entrega Carrinho e Fim

Tabela 5.5 Registo de tempos picking

Verifica-se que nesta versão existem menos linhas sobrepostas pois: foram corrigidos os erros de utilização do stacker (sendo logo utilizado o stacker adequado ao levantamento dos artigos); o principal e mais desorganizado armazém de linha foi eliminado diminuindo assim uma localização e evitando a deslocação do operário para essa área; o levantamento de itens das torres de armazenamento vertical foi executado em paralelo pelo colaborador encarregue das Torres Kardex.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A discussão de resultados tem como fim a validação e avaliação das melhorias implementadas e a viabilidade das possíveis propostas de melhoria apresentadas. Desta forma de seguida é apresentada uma análise crítica das propostas, bem como as dificuldades encontradas e sucessos obtidos.

6.1. Otimização Torres Verticais

Nesta estratégia, após limpeza e reorganização das torres, verificaram-se várias melhorias. Nas tabelas presentes nos Apêndices de D a K podemos ver a ocupação das torres, prateleiras e respetivas caixas antes e depois da otimização.

Embora ainda a decorrer algumas ações é possível já obter alguns resultados, em 3 das 4 torres, que se mostram bastante satisfatórios, como se pode verificar pelos gráficos (figura 6.1 e 6.2).

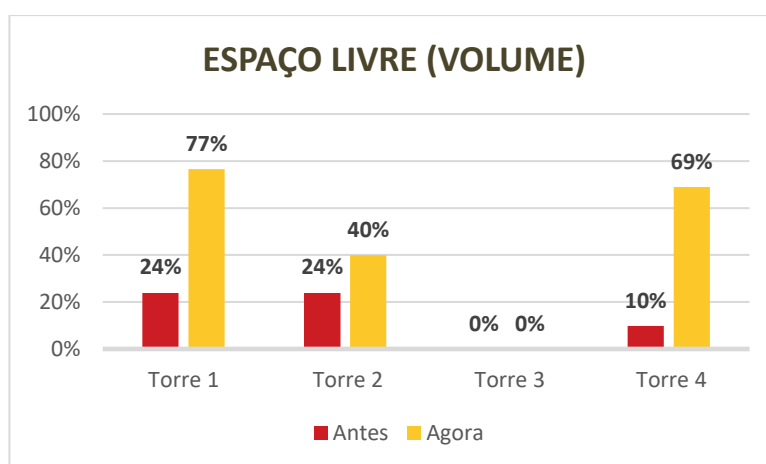


Figura 6.1 Gráfico percentual do espaço volumétrico livre

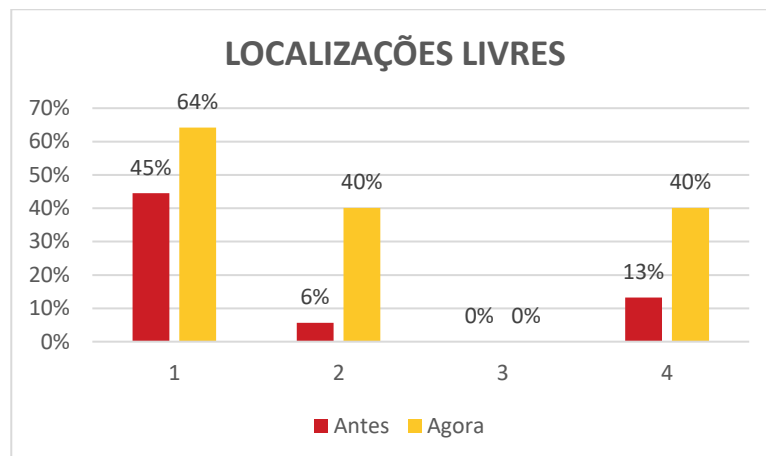


Figura 6.2 Gráfico percentual das localizações livres

O aumento do número de localizações (de 1850 para 2900) proporcionou um aumento considerável na taxa de localizações livres (no total, de cerca de 30% para 51%), o que se traduziu num aumento de espaço volumétrico livre (no total, de cerca de 19% para 62%). Por avaria do mecanismo de controlo da torre 3 foi impossível acompanhar a realocação dos artigos da mesma, porém, é essencial terminar o processo pois esperam-se melhorias similares às verificadas nas restantes torres Kardex.

6.2. Processo de Picking

Nesta estratégia, e após a análise do diagrama de spaghetti, verifica-se uma redução significativa do tempo total de processo. Inicialmente, o processo demorava aproximadamente 01h48min devido a todos os problemas enunciados anteriormente como erros de processo, descentralização do armazenamento e falhas de comunicação.

Após a utilização da ferramenta, a otimização das torres, centralização do armazenamento e correção de pequenos erros passou para cerca de 01h04min apresentando assim uma diminuição de cerca de 40%.

7. CONCLUSÕES

Ao longo deste capítulo são apresentadas algumas conclusões relativas ao desenvolvimento do projeto, sendo ainda descritos alguns próximos passos e propostas de trabalhos futuros.

7.1. Conclusões

A presente dissertação teve como principal objetivo utilizar a situação atual da Efacec para construir um ponto de situação atual, identificar problemas e procurar melhorias. Desta forma todo o trabalho desenvolvido passou pela análise dos processos logísticos e, mais tarde, focou-se nos processos de picking, armazenamento e embalagem.

Para tal foi realizado trabalho em chão de fábrica, em comunicação com os operários e observação das atividades diárias para registo de tempos e construção de diagramas o que levou à identificação de alguns problemas essencialmente no armazenamento, trocas de informação e normalização de processos.

Inicialmente foi analisado o processo de picking onde se percebeu que existiam grandes ineficiências uma vez que no diagrama de spaghetti podemos observar várias localizações diferentes e imensas linhas sobrepostas. Este problema deve-se essencialmente à existência de armazéns de linha provisórios e da não normalização do processo.

Desta forma encontrou-se nas torres de armazenamento vertical uma oportunidade de melhoria uma vez que as mesmas não se encontravam bem aproveitadas. Com a sua otimização foi possível aumentar em cerca de 40% o seu espaço livre possibilitando desta forma a resolução do problema da existência de armazéns de linha.

Em paralelo foi analisado o processo de embalagem e mais uma vez foram encontrados vários problemas uma vez que o processo se mostrou extremamente ineficiente demorando muito mais tempo que o necessário. Isto deveu-se essencialmente às falhas de comunicação e falta de documentação processual como *IO* e *BOM*.

O principal desafio passou essencialmente pela mudança de departamento no decorrer do estágio, pela falta de informação inicial e pela grande dimensão e quantidade de artigos tornando todo o processo mais demorado e trabalhoso.

7.2. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros é essencial a finalização das propostas de melhoria que passam por:

a) Construção de IO's e BOM's para os vários processos de embalamento;

Relativamente ao processo de embalamento é importante construir instruções operacionais e BOM's para todos os tipos de transportes e produtos facilitando e tornando mais eficiente o trabalho dos colaboradores logísticos.

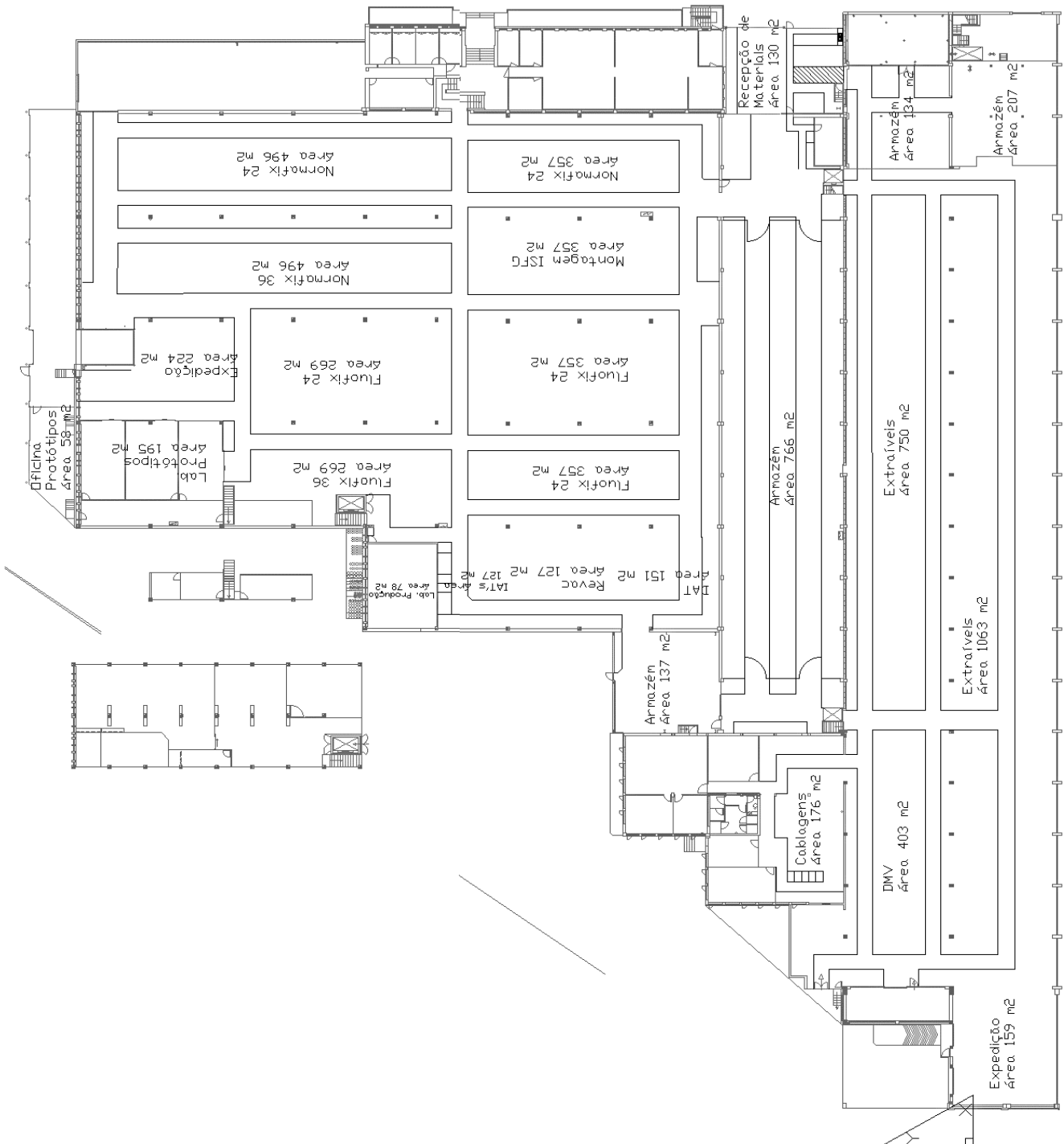
b) Melhoria de comunicação e controlo de desvios entre sistemas de informação.

Por último, e procurando resolver problemas de comunicação e de controlo de stocks é importante procurar melhorar a comunicação entre os vários departamentos através de reports semanais onde seja possível identificar os principais desvios entre os sistemas de informação e desta forma identificar as suas causas e proceder à respetiva solução. Executar isto de forma continua possibilitará a correção de todas as fontes de desvios e aumentará a necessidade de comunicação entre as várias partes intervenientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abhishek, P.G. and Pratap, M. (2020) “Achieving Lean Warehousing Through Value Stream Mapping,” *South Asian Journal of Business and Management Cases*.
- Arunyanart, S., Tangkitipanusawat, P. and Yoshimoto, K. (2019) Improving efficiency on warehouse management: a case study of beverage company’s distribution center, *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*.
- Ballou, R. (2011). “Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física”. 1. ed. São Paulo: Atlas
- Cagliano AC, Grimaldi S and Schenone M (2018) Proposing a new framework for lean warehousing: first experimental validations.
- Carvalho, J. C. (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*, 1ª edição. Lisboa: Edições Sílabo.
- Dias, F. (2015) Application of Kaizen Lean methodologies to the Improvement of Warehouse Operations of a Pharmaceutical Industry Company.
- Dotoli, M. et al. (2015) “An integrated approach for warehouse analysis and optimization: A case study,” *Computers in Industry*, 70(1), pp. 56–69.
- Garcia, F.C. and Director, P.E. (2004) *Applying Lean Concepts in a Warehouse Operation*.
- Garza, F., López, N., & Guerra, C. (2011). Eliminating warehousing waste: An application. Paper presented at the IIE Annual Conference Proceedings. Institute of Industrial and Systems Engineers (IIE).
- Hines, P., Holweg, M., and Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management.*, pp. 994–1011.
- Kator, C. (2007). *Automated storage and retrieval system (AS/RS) basics*. London: Reed Elsevier Inc.
- Ketchanchai, P., Tangchaidee, K. and Kongprasert, N. (2021) “Lean Warehouse Management through Value Stream Mapping: A Case Study of Sugar Manufacturing Company in Thailand,” in 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 192–196.
- Moura, B. (2006). *Logística: Conceitos e Tendências*, 1ª edição. Famalicão: Centro Atlântico
- Pereira, C.M. et al. (2021) “Evaluation of lean practices in warehouses: an analysis of Brazilian reality,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(1), pp. 1–20.
- Reis, A., Stender, G. and Maruyama, U. (2017) Internal logistics management: Brazilian warehouse best practices based on lean methodology, *Int. J. Logistics Systems and Management*
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. A. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems.
- Slack, N., Chambers, S., & Jonnston, R. (2007.). In *Operations Management (5ªed.)*. Engand.
- Susman, G., & Evered, R. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quartely*, 23, pp. 582-602.
- van der Burg, S. (2015). *Workload Optimization Through Items Re-allocation: The Destil’s Central Warehouse Case (Doctoral dissertation, Tilburg University)*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2004). *A mentalidade enxuta na empresas - Elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier.

ANEXO A - LAYOUT



APÊNDICE A – INFORMAÇÕES TORRES

Nro Torre	Nro de Prateleiras	Peso/Prateleira	Peso T
1	53	426	22578
2	57	400	22800
3	89	650	19283,3
4	60	450	27000

APÊNDICE B – PESO MÁXIMO POR CAIXA

PESOS MÁXIMOS POR CAIXA				
Torre	Tipo	Nº Caixas	Peso Max Prateleira	Peso Médio Caixa
1	12x3	36	426	11,83
1	9x6	54	426	7,89
2	6x4	24	400	16,67
2	8x2	16	400	25,00
2	6x2	12	400	33,33
3	28x3	84	170	2,02
3	14x3	42	170	4,05
4	3x2	6	450	75,00

APÊNDICE C – VOLUME MÁXIMO POR CAIXA

VOLUME MÁXIMO POR CAIXA						
Torre	Tipo	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Volume (m ³)	Ordem
1	12x3	110	116	160	0,0020	2
1	9x6	120	130	200	0,0031	4
2	6x4	116	160	260	0,0048	5
2	8x2	160	200	330	0,0106	6
2	6x2 (116)	116	260	360	0,0109	7
2	6x2 (160)	160	260	360	0,0150	8
3	28x3	80	95	190	0,0014	1
3	14x3	80	200	190	0,0030	3
4	3x2 (116)	116	360	560	0,0234	9
4	3x2 (160)	160	360	560	0,0323	10

APÊNDICE D – TORRE 1 (ANTES)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUPADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³)	Volume Ocupado	Volume Livre
1	1	01 125	16 03	21	27	0,003513	0,073771	0,094848
1	2	01 125	16 03	4	44	0,003513	0,014052	0,154568
1	3	01 125	16 03	10	38	0,003513	0,035129	0,133490
1	4	01 125	16 03	3	45	0,003513	0,010539	0,158081
1	5	01 125	16 03	4	44	0,003513	0,014052	0,154568
1	6	01 125	16 03	0	48	0,003513	0,000000	0,168619
1	7	01 125	16 03	2	46	0,003513	0,007026	0,161594
1	8	01 125	16 03	6	42	0,003513	0,021077	0,147542
1	9	01 125	16 03	5	43	0,003513	0,017565	0,151055
1	10	01 185	03 02	5	1	0,033264	0,166320	0,033264
1	11	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	12	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	13	01 185	08 02	15	1	0,010890	0,163350	0,010890
1	14	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	15	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	16	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	17	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	18	01 185	08 02	15	1	0,010890	0,163350	0,010890
1	19	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	20	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	21	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	22	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	23	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	24	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	25	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	26	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	27	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	28	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	29	01 185	03 02	5	1	0,033264	0,166320	0,033264
1	30	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	31	01 185	08 02	2	14	0,010890	0,021780	0,152460
1	32	01 185	03 02	6	0	0,033264	0,199584	0,000000
1	33	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	34	01 125	16 03	4	44	0,003513	0,014052	0,154568
1	35	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	36	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	37	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	38	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	39	01 185	03 02	5	1	0,033264	0,166320	0,033264
1	40	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	41	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	42	01 130	03 02	6	0	0,026208	0,157248	0,000000
1	43	01 130	03 02	6	0	0,026208	0,157248	0,000000
1	44	01 130	03 02	6	0	0,026208	0,157248	0,000000
1	45	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000
1	46	01 185	08 02	1	15	0,010890	0,010890	0,163350
1	47	01 185	08 02	4	12	0,010890	0,043560	0,130680
1	48	01 130	03 02	6	0	0,026208	0,157248	0,000000
1	49	01 125	01 01	0	1	0,151200	0,000000	0,151200
1	50	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
1	51	01 185	08 02	15	1	0,010890	0,163350	0,010890
1	52	01 185	03 02	6	0	0,033264	0,199584	0,000000
1	53	01 185	08 02	16	0	0,010890	0,174240	0,000000

APÊNDICE E – TORRE 2 (ANTES)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³3)	Volume Ocupado	Volume Livre
2	1	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	2	02 350	01 01	0	1	0,423360	0,000000	0,423360
2	3	02 350	01 01	0	1	0,423360	0,000000	0,423360
2	4	02 350	01 01	0	1	0,423360	0,000000	0,423360
2	5	02 175	01 01	1	0	0,211680	0,211680	0,000000
2	6	02 175	01 01	0	1	0,211680	0,000000	0,211680
2	7	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	9	02 350	01 01	0	1	0,423360	0,000000	0,423360
2	10	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	11	02 150	03 02	6	0	0,030240	0,181440	0,000000
2	12	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	13	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	14	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	15	02 175	06 02	12	0	0,016380	0,196560	0,000000
2	16	02 175	06 02	10	2	0,016380	0,163800	0,032760
2	17	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	18	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	19	02 150	01 01	1	0	0,181440	0,181440	0,000000
2	20	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	21	02 150	01 01	1	0	0,181440	0,181440	0,000000
2	22	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	23	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	24	02 175	01 01	1	0	0,211680	0,211680	0,000000
2	25	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	27	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	28	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	29	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	30	02 175	06 02	12	0	0,016380	0,196560	0,000000
2	31	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	32	02 175	08 02	15	1	0,011550	0,173250	0,011550
2	33	02 175	06 02	12	0	0,016380	0,196560	0,000000
2	34	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
2	35	02 175	06 02	12	0	0,016380	0,196560	0,000000
2	36	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
2	37	02 175	01 01	1	0	0,211680	0,211680	0,000000
2	38	02 175	01 01	1	0	0,211680	0,211680	0,000000
2	39	02 350	03 02	6	0	0,070560	0,423360	0,000000
2	40	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	41	02 175	06 02	6	6	0,016380	0,098280	0,098280
2	42	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	43	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	44	02 175	01 01	0	1	0,211680	0,000000	0,211680
2	45	02 150	03 02	6	0	0,030240	0,181440	0,000000
2	46	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	47	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	48	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	49	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	52	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
2	53	02 150	03 02	6	0	0,030240	0,181440	0,000000
2	54	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
2	56	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	57	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
2	26						0,000000	0,211680
2	50						0,000000	0,211680
2	51						0,000000	0,211680
2	55						0,000000	0,211680

APÊNDICE F – TORRE 3 (ANTES)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUAPADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³)	Volume Ocupado	Volume Livre
3	1	0309	28 03	23	61			
3	2	0309	28 06	64	104			
3	3	0309	14 03	27	15			
3	4	0309	14 02	10	18			
3	5	0309	14 02	7	21			
3	6	0309	14 02	13	15			
3	7	0309	14 03	19	23			
3	8	0309	14 01	3	11			
3	9	0318	08 01	7	1			
3	10	0318	08 01	8	0			
3	11	0318	08 01	3	5			
3	12	0318	08 01	4	4			
3	13	0312	14 01	14	0			
3	14	0312	14 01	14	0			
3	15	0312	14 01	14	0			
3	16	0312	28 04	112	0			
3	17	0312	14 02	27	1			
3	18	0312	14 02	28	0			
3	19	0318	08 01	6	2			
3	20	0318	08 01	5	3			
3	21	0312	14 03	42	0			
3	22	0312	28 03	84	0			
3	23	0312	14 02	28	0			
3	24	0312	14 01	14	0			
3	25	0312	14 02	28	0			
3	26	0312	14 01	14	0			
3	27	0312	14 03	42	0			
3	28	0312	14 01	14	0			
3	29	0312	14 03	41	1			
3	30	0312	14 03	40	2			
3	31	0312	14 02	20	8			
3	32	0312	14 03	32	10			
3	33	0312	14 03	37	5			
3	34	0312	14 01	14	0			
3	35	0312	14 01	13	1			
3	36	0312	14 01	14	0			
3	37	0312	14 02	19	9			
3	38	0312	14 01	11	3			
3	39	0312	14 01	9	5			
3	40	0312	14 03	30	12			
3	41	0312	28 03	83	1			
3	42	0312	14 01	10	4			
3	43	0312	14 01	3	11			
3	44	0312	28 04	18	94			
3	45	0312	28 04	61	51			
3	46	0312	14 01	11	3			
3	47	0312	14 02	28	0			
3	48	0312	14 01	12	2			
3	49	0312	14 01	8	6			
3	50	0312	14 03	42	0			
3	51	0312	14 02	28	0			
3	52	0312	14 01	14	0			
3	53	0312	14 01	14	0			
3	54	0312	14 02	28	0			
3	55	0312	14 03	42	0			
3	56	0312	28 03	84	0			
3	57	0312	14 02	28	0			
3	58	0312	28 03	84	0			
3	59	0312	28 01	20	8			
3	60	0312	14 01	3	11			
3	61	0312	14 02	27	1			
3	62	0312	14 01	12	2			
3	63	0312	14 01	12	2			
3	64	0312	14 03	42	0			
3	65	0312	14 01	3	11			
3	66	0312	14 02	18	10			
3	67	0312	14 01	5	9			
3	68	0312	14 02	4	24			
3	69	0312	01-01	1	0			
3	70	0312	14 02	4	24			
3	71	0312	28 03	84	0			
3	72	0312	28 06	8	160			
3	73	0312	28 01	5	23			
3	74	0312	01 01	1	0			
3	75	0312	14 03	42	0			
3	76	0312	14 01	5	9			
3	77	0312	14 01	5	9			
3	78	0312	14 03	36	6			
3	79	0312	14 02	13	15			
3	80	0312	14 01	2	12			
3	81	0312	14 01	1	13			
3	82	0312	14 03	23	19			
3	83	0312	14 01	1	13			
3	84	0312	14 03	38	4			
3	85	0312	14 03	42	0			
3	86	0312	28 03	0	84			
3	87	0312	28 01	1	27			
3	88	0312	14 01	1	13			
3	89	0312	14 02	19	9			

APÊNDICE G – TORRE 4 (ANTES)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUPADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³)	Volume Ocupado	Volume Livre
4	1	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	2	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	3	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	4	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
4	5	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	6	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	7	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	8	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	9	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	10	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	11	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	12	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	13	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	14	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	15	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
4	16	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	17	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	18	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	19	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	20	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	21	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	22	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	23	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	24	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	25	02 175	08 02	15	1	0,011550	0,173250	0,011550
4	26	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	27	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	28	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	29	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	30	02 150	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	31	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	32	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	33	02 175	03 02	5	1	0,035280	0,176400	0,035280
4	34	02 175	06 02	12	0	0,016380	0,196560	0,000000
4	35	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	36	04 250	03 02	5	1	0,050400	0,252000	0,050400
4	37	02 175	08 02	4	12	0,011550	0,046200	0,138600
4	38	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	39	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	40	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000
4	41	02 175	04 01	3	1	0,052920	0,158760	0,052920
4	42	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	43	02 175	04 01	1	3	0,052920	0,052920	0,158760
4	44	02 175	04 01	2	2	0,052920	0,105840	0,105840
4	45	02 175	04 01	1	3	0,052920	0,052920	0,158760
4	46	02 175	06 04	3	21	0,007280	0,021840	0,152880
4	47	02 175	03 02	4	2	0,035280	0,141120	0,070560
4	48	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
4	49	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
4	50	02 175	06 02	5	7	0,016380	0,081900	0,114660
4	51	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
4	52	02 175	03 02	2	4	0,035280	0,070560	0,141120
4	53	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
4	54	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	55	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
4	56	04 250	08 02	16	0	0,016500	0,264000	0,000000
4	57	04 250	03 02	5	1	0,050400	0,252000	0,050400
4	58	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	59	02 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	60	04 250	03 02	6	0	0,050400	0,302400	0,000000

APÊNDICE H – TORRE 1 (DEPOIS)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUAPADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³3)	Volume Ocupado	Volume Livre
1	1	01 125	12 03	36	0	0,002320	0,083520	0,000000
1	2	01 125	12 03	36	0	0,002320	0,083520	0,000000
1	3	01 125	12 03	20	16	0,002320	0,046400	0,037120
1	4	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	5	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	6	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	7	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	8	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	9	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	10	01 125	09 06	54	0	0,003250	0,175500	0,000000
1	11	01 125	09 06	54	0	0,003250	0,175500	0,000000
1	12	01 125	09 06	53	1	0,003250	0,172250	0,003250
1	13	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	14	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	15	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	16	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	17	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	18	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	19	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	20	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	21	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	22	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	23	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	24	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	25	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	26	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	27	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	28	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	29	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	30	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	31	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	32	01 125	06 04	23	1	0,005200	0,119600	0,005200
1	33	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	34	01 125	12 03	0	36	0,002320	0,000000	0,083520
1	35	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	36	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	37	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	38	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	39	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	40	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	41	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	42	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	43	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	44	01 125	09 06	36	18	0,003250	0,117000	0,058500
1	45	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	46	01 125	09 06	0	54	0,003250	0,000000	0,175500
1	47	01 125	12 03	0	36	0,002320	0,000000	0,083520
1	48	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	49	01 125	12 03	1	35	0,002320	0,002320	0,081200
1	50	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	51	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
1	52	01 125	06 04	24	0	0,005200	0,124800	0,000000
1	53	01 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800

APÊNDICE I – TORRE 2 (DEPOIS)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCUPADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³)	Volume Ocupado	Volume Livre
2	1	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	2	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	3	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	4	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	5	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	6	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	7	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	8	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	9	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	10	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	11	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	12	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	13	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	14	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	15	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	16	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	17	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	18	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	19	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	20	02 175	08 02	16	0	0,011550	0,184800	0,000000
2	21	02 175	08 02	9	7	0,011550	0,103950	0,080850
2	22	02 175	08 02	1	15	0,011550	0,011550	0,173250
2	23	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	24	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400
2	25	02 175	08 02	1	15	0,011550	0,011550	0,173250
2	26	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	27	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	28	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	29	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	30	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	31	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	32	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	33	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	34	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	35	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	36	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	37	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	39	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	40	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	41	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	42	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	43	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	44	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	45	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	46	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	47	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	48	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	49	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	50	02 125	06 02	12	0	0,011700	0,140400	0,000000
2	51	02 125	06 02	2	10	0,011700	0,023400	0,117000
2	52	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400
2	53	02 175	08 02	0	16	0,011550	0,000000	0,184800
2	54	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400
2	55	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400
2	56	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400
2	57	02 125	06 02	0	12	0,011700	0,000000	0,140400

APÊNDICE K – TORRE 4 (DEPOIS)

TORRE	PRAT	TIPO ESTÁTICO	TIPO DINÂMICO	POSI OCU PADAS	POSI LIVRES	Volume Caixa (m³3)	Volume Ocupado	Volume Livre
4	1	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	2	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	3	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	4	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	5	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	6	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	7	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	8	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	9	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	10	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	11	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	12	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	13	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	14	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	15	04 125	03 02	6	0	0,025200	0,151200	0,000000
4	16	04 125	03 02	1	5	0,025200	0,025200	0,126000
4	17	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	18	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	19	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	20	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	21	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	22	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	23	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	24	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	25	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	26	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	27	04 175	03 02	6	0	0,035280	0,211680	0,000000
4	28	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	29	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	30	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	31	04 175	03 02	4	2	0,035280	0,141120	0,070560
4	32	04 175	03 02	1	5	0,035280	0,035280	0,176400
4	33	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	34	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	35	04 175	03 02	1	5	0,035280	0,035280	0,176400
4	36	04 175	03 02	1	5	0,035280	0,035280	0,176400
4	37	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	38	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	39	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	40	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	41	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	42	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	43	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	44	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	45	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	46	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	47	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	48	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	49	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	50	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	51	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	52	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	53	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	54	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	55	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	56	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	57	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680
4	58	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	59	04 125	03 02	0	6	0,025200	0,000000	0,151200
4	60	04 175	03 02	0	6	0,035280	0,000000	0,211680