

Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Escola Superior de Ciências Empresariais

**Projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo para a
obtenção do Grau de Mestre em Logística**

“Análise e Dimensionamento de um Armazém em contexto Industrial”

Proponente: David Luís, nº 132

Orientador ESCE-IPVC: Doutor António Amaral

Coorientador ESCE-IPVC: Doutor Filipe Carvalho

Valença, 20 de fevereiro de 2019

Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Escola Superior de Ciências Empresariais

“Análise e Dimensionamento de um Armazém em contexto Industrial”

Proponente: David Luís, nº 132

Orientador ESCE-IPVC: Doutor António Amaral

Coorientador ESCE-IPVC: Doutor Filipe Carvalho

Valença, 20 de fevereiro de 2019

RESUMO

A crescente complexidade e competitividade no mundo empresarial faz com que seja importante pensar todas as dimensões relacionadas com as operações. Os constrangimentos dos fornecedores e as exigências dos clientes obrigam a uma adaptação constante no desenho dos processos, de modo a minimizar os custos de produção.

Os armazéns são uma parte imprescindível no processo produtivo e a sua gestão deve ser feita numa perspetiva preditiva e reativa. Em empresas que satisfazem diversas encomendas em simultâneo e que apresentam uma considerável variabilidade nos produtos a produzir, o fator preditivo é essencial. Avaliar o resultado das opções tomadas permite não só corrigir o processo, se o ganho justificar a necessidade de adaptação, como também recolher informação importante para sustentar opções futuras.

O trabalho desenvolvido consiste na análise das operações de um dos armazéns do Grupo Antolin Lusitânia S.A. Nos últimos anos tem-se verificado um aumento da procura e as restrições físicas do armazém são um problema crescente. De modo a simular cenários alternativos utilizou-se o programa ARENA. O modelo utilizado para descrever as operações é bastante simplificado. Contudo, os resultados obtidos permitem identificar opções alternativas que podem contribuir para um ganho substancial de eficiência.

Palavras-chave:

gestão de armazéns, simulação, gestão de stocks, métricas de eficiência

ABSTRACT

The growing complexity and competitiveness in the business world makes it important to consider all the dimensions concerning operations. The suppliers' constraints and the clients' demands require a constant adjustment on the process' designs to minimize production costs.

The warehouses are a major part in the productive process and its management should consider both a predictive and reactive approach. The predictive approach is essential specially in companies without constant productivity that receive multiple orders at a time. Evaluating the outcome of the decision making allows not only to correct the process, if the gain justifies the need for adjustment, but also to collect important information to sustain upcoming decisions.

In the present work we analyse the operations of one of the warehouses of the Antolin Lusitânia S.A. group. In recent years there has been an increase on demanding and their infrastructures' restrictions have become more and more a problem. In order to simulate alternative scenarios the ARENA program has been used. The model used to describe the operations is fairly simple. However, the results obtained enables the identification of alternative options that might contribute to a substantial gain of efficiency.

Key words:

Warehouse management, simulation, stock management, efficiency metrics

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pela constante atenção e preciosa ajuda ao longo de todos os meus estudos no ensino superior, imprescindíveis numa futura carreira profissional no país de coração.

Aos professores João Veito, e Luís Barreto pelo grande apoio que me deram na concretização deste projeto.

Aos meus professores orientadores, António Amaral e Filipe Carvalho, imprescindíveis na elaboração desta investigação, pelas importantes ajudas no desenrolar da mesma.

Ao grupo Antolim Lusitânia S.A., por me terem aberto as portas, e facultado os dados necessária à elaboração deste trabalho.

Um agradecimento muito especial aos meus colegas, amigos e membros dos grupos de trabalhos em que participei, nomeadamente à Zulmira, à Martinha, ao Ricardo, ao Luís, ao Miguel e ao Carlos.

A todos os meus amigos e colegas, que conheci ao longo do meu percurso na ESCE-IPVC, pela ajuda, pelos momentos divertimentos e pelos sorrisos que partilhamos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

V.U.C.A – Volatility, Uncertainty, Complexity, and Ambiguity

KPI – *Key Performance Indicator*

WIP – *Work in Process*

APA – Armazém de produto acabado

FIFO –First-in-First-out

LIFO – Last-in-First-out

WMS – *Warehouse Management System*

EDI – *Electronic Data Interchange*

ÍNDICE

Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos	iii
Lista de abreviaturas e siglas	iv
Índice	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de gráficos.....	vi
Índice de tabelas.....	vii
1. Introdução	8
1.1 Enquadramento e Justificação do tema	8
1.1.1 Enquadramento.....	8
1.1.2 Justificação do tema.....	9
1.2 Formulação do problema e Objetivos	9
1.3 Metodologia de investigação	10
1.4 Estrutura do Projeto	11
2. Revisão bibliográfica	12
2.1 Gestão de Armazéns.....	12
2.1.1. Conceitos Introdutórios	12
2.1.2. Gestão de stocks	14
2.2. Atividades na armazenagem	15
2.2.1. Receção	15
2.2.2. Order Picking.....	16
2.2.3. Embalar e/ou etiquetar	16
2.2.4. Expedição	16
2.2.5. Cross-docking.....	16
2.2.6. Custos das operações	17
2.3. Tipos de armazéns	17
2.3.1. Métodos de armazenagem.....	17

2.3.2.	Unidades de armazenagem	18
2.3.3.	Sistemas de armazenagem em paletes	18
2.3.4.	Equipamentos de Armazéns	20
3.	Diagnóstico ao Armazém e aplicação do modelo de simulação para melhoria do desempenho global do sistema.....	22
3.1	Apresentação da Empresa	22
3.1.1	História do G.A. Lusitânia S.A.	22
3.1.2	Localização	23
3.1.3	Distribuição por Categoria Profissional	23
3.1.4	Distribuição dos funcionários por Idade e por Antiguidade	23
3.2	Contextualização do Sistema de Armazenamento	24
3.3	Diagnóstico e Metodologia de Análise	28
3.3	Simulação dos modelos e análise dos resultados.....	38
4	Conclusões.....	45
4.1	Principais Resultados.....	45
4.2	Limitações e Desenvolvimentos Futuros.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cronografia G.A. Lusitânia S.A.	22
Figura 2 - Localização G.A. Lusitânia S.A.	23
Figura 3 - Distribuição por género, idade e antiguidade médias	23
Figura 4 - Layout do Armazém 1.....	24
Figura 5 - Layout do Armazém 2.....	24
Figura 6 - Estantes de armazenamento das Zonas A e B	25
Figura 7 - Estantes de armazenamento das Zonas C	25
Figura 8 - Zona de Armazenamento de Parciais	26
Figura 9 – Exemplo 1 de Abastecimento às Linhas	26
Figura 10 - Exemplo 2 de Abastecimento às Linhas.....	27
Figura 11 - Exemplo 3 de Abastecimento às Linhas.....	27
Figura 12 - Modelo definido no software de simulação arena	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de Pareto com rotação por referência	28
--	----

Gráfico 2 - Distribuição do tempo entre pedidos.....	39
Gráfico 3 - Distribuição do tempo de preparação de contentores (em minutos)	39
Gráfico 4 - Distribuição do tempo de preparação de paletes (em minutos)	40
Gráfico 5 - Distribuição do tempo de preparação das unidades virtuais (em minutos)	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipologias de Armazenamento	29
Tabela 2 – Tempo médio de movimentações por tipo de Referência em contentores.....	29
Tabela 3 - Reajuste da posição de Referências em contentores.....	31
Tabela 4 – Tempo médio de movimentações por Palete	32
Tabela 5 - Reajuste da posição de Referências em paletes.....	33
Tabela 6 – Tempo médio de movimentações por Palete nível B.....	34
Tabela 7 - Reajuste da posição de Referências em Paletes nível B	36
Tabela 8 - Dados de suporte à modelação	41
Tabela 9 - Comparação entre Modelo Atual e Modelo Novo Simulado	42
Tabela 10 - Valores do número médio de pedidos em espera para serem atendidos, por tipo de armazenamento	42
Tabela 11 - Comparação entre valores máximos do Modelo Atual e do Modelo Novo	43
Tabela 12 - Tempos médio de espera, em horas, até ao início da preparação das encomendas	43
Tabela 13 - Taxas de Serviço, por servidor, Modelo Atual e Modelo Novo	43

1. INTRODUÇÃO

No capítulo introdutório apresenta-se o enquadramento e justificação do tema do projeto. Simultaneamente, apresentam-se os objetivos propostos para a realização deste projeto e descreve-se a metodologia de investigação seguida. Por fim, detalha-se a estrutura global do projeto.

1.1 Enquadramento e Justificação do tema

1.1.1 Enquadramento

A dinâmica global dos mercados, decorrente do fenómeno e dos efeitos da globalização, e o número crescente dos negócios internacionais fez com que as organizações tivessem de adotar novas práticas e formas de gestão (Waters & Rinsler, 2014) por forma a responder, adequadamente, às solicitações dos clientes dentro do âmbito definido, cumprindo o tempo, o custo e os requisitos de qualidade (Rushton et al., 2017).

Esta tendência associada ao aumento da velocidade relógio dos mercados e à sua disrupção é, vulgarmente, designada por V.U.C.A. Isto é, *volatility, uncertainty, complexity, e ambiguity* (Bennett & Lemoine, 2014). Este fenómeno tem aumentado o nível de competitividade global das indústrias, e por isso, lançam desafios ao *modus operandi* instituído das organizações mais tradicionais alertando-as para os perigos da sua própria sustentabilidade e para a necessidade de se reinventar e adotar novas abordagens mais eficientes para que se possam manter competitivas e, desta forma, possam perdurar nesta arena competitiva (Jacobs et al., 2018).

A longevidade das organizações é conseguida com a capacidade de investir, ou de captar investimento, e gerar resultados que suportem na criação de competências diferenciadoras e suportadas na capacidade de inovar. Para tal é muitas vezes necessários conhecer, em detalhe, o padrão de excelência do sector e procurar fazer *benchmarking* das práticas de gestão, por forma, a que seja possível racionalizar os meios de produção disponíveis e o valor gerado pela eficiência produtiva possa ser reinvestido e aplicado na capacitação dos recursos humanos, técnicos e tecnológicos.

Simultaneamente, é necessário conhecer as particularidades e vicissitudes próprias dos mercados e das suas exigências e grau de estabilidade, as conjunturas económicas e sociais, a inovação tecnológica da concorrência e as exigências dos consumidores/clientes, que impõem a necessidade de mudança nas empresas, por forma a que estas procedam a reestruturações externas e internas. Esta gestão, dirigida ao contexto externo da organização, contribui para refletir sobre aspetos relacionados com o redimensionamento da organização, adequando e ajustando os meios operacionais, de modo a promover uma maior flexibilidade organizacional que garanta um incremento de valor, através da obtenção de poupanças e minimização de custos.

1.1.2 Justificação do tema

Decorrente das problemáticas inframencionadas as organizações têm de se dotar de uma visão estratégica flexível, que assente e se materialize em premissas operacionais voltadas para a eficiência global da organização. Para isso, é necessário resolver e ultrapassar os problemas de dimensionamento e obtenção de níveis de produtividade mais elevados, em todos as áreas funcionais da organização, particularmente, na produção e no desenvolvimento das operações logísticas internas (*inbound*). Daí a pertinência do desenvolvimento deste projeto, procurando responder os problemas de dimensionamento de armazém através da implementação de uma estrutura desenhada/personalizada ao contexto organizacional, por forma a rentabilizar ao máximo os recursos disponíveis existentes.

Segundo Kochhar e Heragu (1999), de todos os elementos associados ao desenvolvimento das operações logísticas, consideram que o estudo sobre o layout industrial se torna crucial para ajustar as empresas à nova realidade exigida pelos mercados. Com o aumento do *mix* de produtos e as constantes mudanças nos pedidos, os clientes conta com a existência de estruturas flexíveis e ágeis que transmitam qualidade, eficácia e eficiência às operações logísticas. Sendo, por isso, um dos objetivos melhorar o espaço de armazenamento utilizado, para reduzir os congestionamentos e os movimentos inúteis que não agregam valor ao produto.

O estudo sobre o layout fabril é importante como ferramenta de análise e diagnóstico sobre a disposição adequada dos meios de produção, permitindo aferir como e de que forma o homem, as máquinas e os equipamentos estão dispostos dentro de uma determinada área (Calais, 2012). Através do estudo operacional ao armazém e aos fluxos de movimentação de materiais, é essencial estarem definidos parâmetros de análise que estejam assentes na utilização de *Key Performance Indicators* (KPIs) que servem para avaliar o comportamento do sistema, bem como para definir metas que se pretendem alcançar, nomeadamente: como barômetro da eficiência produtiva, e consequente reanálise dos ajustes que se possam efetuar ao Layout fabril.

Propõe-se, com o desenvolvimento deste projeto, apontar os elementos chave para produzir melhorias no layout do armazém, através da utilização de uma ferramenta de simulação, que emule o comportamento do sistema fabril e desta forma permita identificar os fatores críticos para que a empresa para atingir melhores resultados operacionais, em particular na armazenagem.

1.2 Formulação do problema e Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é identificar as premissas e elementos chave para o desenho de um novo layout para o Armazém auxiliar, que permita obter a máxima rentabilização dos recursos disponíveis.

Como objetivos específicos, e através de um estudo de caso, procurar-se-á fazer um diagnóstico ao desempenho das operações, nomeadamente para melhorar o espaço de armazenagem propõe-se:

- Identificar as limitações e os constrangimentos do armazém do Grupo Antolin Lusitânia S.A.;
- Medir os graus de eficiência das operações no armazém;
- Determinar, de acordo com os modelos existentes, soluções alternativas à estrutura do armazém;
- Prever, recorrendo à modelação matemática, quais as consequências que decorrem das diversas soluções propostas;
- Identificar quais as soluções que permitem níveis de desempenho superiores.

1.3 Metodologia de investigação

Com base nos objetivos e pressupostos do projeto, a estratégia de investigação escolhida será a do estudo de caso (Saunders et al., 2009). As técnicas de investigação adotadas foram um misto de métodos qualitativos e quantitativos, para que fosse possível diagnosticar a situação atual e determinar as causas reais de ineficiência. Para isso, começou-se por adotar uma abordagem exploratória e qualitativa que nos permitisse detetar, através de entrevistas breves aos membros do departamento da logística e aos operários do armazém para que se confirmassem as principais preocupações, dificuldades e aspetos mais prementes para melhoria. Posteriormente à análise de contexto e à identificação das principais debilidades encontradas foi possível, através da aplicação de técnicas quantitativas, decorrentes da utilização de métodos de simulação, diagnosticar com um nível de detalhe superior, apontar os aspetos chave para produzir melhorias consideráveis no comportamento global do armazém.

O enquadramento teórico será elaborado a partir de uma revisão bibliográfica referente à gestão de armazéns. A temática da gestão de armazéns inclui um enorme leque de temas tratados, como a rotação de produtos, a eficiência da disposição física do espaço de trabalho (layout), a sequência e eficiência das operações, entre outros. Apesar da diversidade de aspetos abordados na revisão da literatura, é especialmente difícil medir o grau de contribuição dos fatores abordados na diminuição dos custos associados ao manuseamento da mercadoria, ao incremento de comunicação e partilha de dados, bem como à diminuição relativa aos tempos entre o fornecedor e cliente (Branco, 2013).

Para além destes fatores estudados através da revisão da literatura, também foi essencial conhecer e avaliar a estrutura e o layout do armazém, bem como antecipar as potenciais dificuldades inerentes à mudança e reconfiguração espacial do mesmo. Em particular, o grau de mudança pode condicionar a atratividade e a disponibilidade da organização para a adoção das soluções propostas, sejam estas uma mera adaptação à estrutura de layout, mudanças das atividades operacionais internas, do equipamento de manuseamento ou até mesmo das estratégias operacionais.

Os procedimentos para a realização deste projeto de investigação foram caracterizados pelas seguintes fases:

- Revisão da literatura sobre o funcionamento dos armazéns, sobre a sua importância na conceção e design das cadeias de abastecimentos;
- Identificação dos parâmetros de funcionamento do sistema de armazenamento e, posterior, mimetização no modelo de simulação;
- Implementação e validação de modelos de simulação para a análise do impacto das operações de armazenamento;
- Análise dos resultados da simulação e sugestões de melhoria.

1.4 Estrutura do Projeto

A estrutura do projeto está dividida em quatro capítulos, a introdução, a revisão bibliográfica, o modelo de simulação com a apresentação e discussão dos resultados obtidos, as conclusões, limitações e desenvolvimentos futuros.

- O capítulo introdutório é composto pelo enquadramento e a justificação do tema, a formulação do problema e objetivos, a metodologia de investigação utilizada para a elaboração do trabalho e, por fim, a apresentação da estrutura do projeto.
- O segundo capítulo é referente à revisão bibliográfica sobre gestão de armazéns.
- O terceiro capítulo apresenta o projeto com uma breve descrição da empresa (Grupo Antolin Lusitânia S.A.) onde o mesmo foi realizado, são identificados todos os passos e ações decorrentes da aplicação da simulação como instrumento de melhoria dos fluxos operacionais e sua eficiência. De seguida, efetua-se uma avaliação e discussão dos resultados assim como uma proposta de melhorias futuras.
- Por fim, são apresentadas as conclusões alusivas ao projeto bem como as limitações encontradas no decorrer da aplicação da ferramenta utilizada para a resolução do problema.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica realizada no decurso de este trabalho tem como foco principal a gestão dos sistemas de armazenamento. Na primeira parte deste capítulo é feito uma descrição geral sobre a gestão aos armazéns, identificando as atividades de referência de um armazém tipo, os diferentes tipos de armazéns e suas tipologias, os seus equipamentos mais comuns, as tecnologias implementadas e, por fim, uma visão holística e resumida dos sistemas de gestão de armazéns.

É importante ressaltar que quando se faz análises de desempenho às organizações há sempre *trade offs* a serem considerados. Isto é, investir numa determinada área funcional, implica muitas vezes não ter recursos para investir noutras áreas, em equipamentos ou mesmo na capacitação dos recursos humanos. Desta forma, é importante que se façam análises ao benefício dos investimentos organizacionais por forma a que estes promovam o crescimento da organização e o aumento da sua rentabilidade.

O desenvolvimento de produtos ou serviços que sejam eficientes e que cumpram com todas as obrigações contratuais e legais, inerentes ao cumprimento de prazos de entrega e do respetivo nível de serviço aos clientes (Carvalho, 2017; Christopher, 2016), bem como outros fatores de segurança dos equipamentos, nível de integração tecnológica e visibilidade para a cadeia de valor, constituem uma imagem distintiva da organização e que promove a visibilidade da organização e alimentam os mecanismos de fidelização dos clientes (Richards, 2010).

2.1 Gestão de Armazéns

2.1.1. Conceitos Introdutórios

De forma concisa e resumida, a armazenagem serve como um *buffer* do sistema produtivo e como garante do nível de serviço ao cliente (Jacobs et al., 2018; Stevenson, 2017). Para tal é necessário balancear a oferta das entidades a montante da produção (fornecedores) e a procura das entidades a jusante da organização (distribuição/clientes), definindo e estruturando as operações de armazém, a necessidade de mão-de-obra, bem como a necessidade de capital e o perfil técnico e tecnológico requerido.

Um armazém é, por isso, um espaço físico com condições apropriadas para garantir a segurança e integridade das matérias-primas, os produtos em via de fabrico e produtos finais em stock durante o período temporal definido pela gestão (Poon et al., 2009). É gerido pela equipa responsável pelas operações logísticas da organização, sendo uma das suas principais preocupações conciliar o melhor aproveitamento dos armazéns com a redução do tempo de movimentação dos artigos dentro dos mesmos (Richards, 2017),

A preparação das encomendas sem erros, falhas ou inconsistências, é necessária para potencializar a qualidade de serviço, bem como aumentar a reputação e confiança por parte dos clientes.

As organizações devem ter em consideração os sete desperdícios tipo e que afetam a função do layout de processos (Calais, 2012; Richards & Grinsted, 2016; Napolitano, 2017):

- Excesso de produção;
- Esperas;
- Transporte e movimentação;
- Desperdício do processo;
- Stocks;
- Defeitos;
- Trabalho desnecessário.

Segundo Lam, Choy e Chung, (2010, pp. 1–3): “Atualmente, a eficiência de um armazém é o fator crucial do sucesso para gerir eficazmente a cadeia de abastecimento e obter um desempenho máximo. A implementação das tecnologias mais recentes pode traduzir-se na emissão das operações, do aumento da produtividade e a satisfação do cliente final”.

A intolerância à falha por parte do cliente é cada vez mais elevada, bem como o seu nível de exigência em relação à qualidade, à inovação dos produtos e à sua exclusividade. Isto tem criado desafios significativos e, de certa forma, obrigado as empresas a aumentarem a diversidade de produtos disponíveis no mercado. Por conseguinte, esta necessidade de personalização e de diferenciação, faz com que seja necessário reduzir as quantidades de cada produto. Assim sendo, o número total de itens armazenados não diminuiu, mas sua variedade aumenta significativamente (Pan & Wu, 2012). Neste novo cenário, levanta desafios peculiares para a armazenagem em geral e para a distribuição em particular.

Portanto, a gestão de fluxos internos do armazém deve dotar o sistema logístico da organização de dinamismo, agilidade e prontidão às diversas solicitações dos clientes. Para tal será necessário trabalhar de forma eficiente no manuseamento de cargas, na capacidade de eliminar erros de preparação de pedidos, na redução do tempo de manipulação dos materiais, etc. Este efeito combinado possibilitaria a obtenção de um maior nível de eficiência e, consequentemente, demonstrável através dos indicadores de desempenho da organização, bem como uma melhor relação entre a utilização de recursos e os custos operacionais gerados, permitindo uma redução do número de falhas e do volume de desperdícios assente em práticas de gestão *lean* (Mann, 2014; Womack et al., 2007; Liker, 2004).

Segundo Tompkins e Smith (1998), para que a gestão possa ser considerada eficiente existem dez características que influenciam os níveis de desempenho de um armazém, em particular:

- Nível de serviço ao cliente: é o objetivo primário de uma empresa, por isso, deve ser também o objetivo principal e primordial na gestão de um armazém. Entregar as quantidades certas, no tipo de embalagem adequada e no tempo certo, satisfazendo as necessidades e exigências do cliente;
- Sistemas de gestão e controlo: possuir um sistema informático que seja capaz de gerir todo o armazém (desde as entradas e saídas, à localização dos produtos, ao processo de *order picking*, cumprimento de requisitos e regras) em tempo real;

- Gestão de inventários: possuir inventários fidedignos e continuamente atualizados, de forma a que seja possível gerir os níveis de stock consoante a política da empresa;
- Gestão de espaço: minimizar a área utilizada e em simultâneo manter a satisfação dos clientes, sem afetar a frequência de expedição. A utilização do espaço dos armazéns depende sempre do sistema e da tipologia de armazenamento requerido pelo produto final;
- Produtividade: ter definidas medidas de produtividade que ajudem a definir standards e permitam diagnosticar e favorecer a adoção de práticas mais eficientes que promovam a melhoria contínua do sistema;
- Layout das instalações: é essencial definir um layout adequado ao nível de serviço do cliente, à disponibilidade dos recursos organizacionais e que cumpra certos objetivos como a utilização eficaz do espaço e dos materiais;
- Método de seleção dos equipamentos: escolher os equipamentos apropriados para o tipo de produtos e atividade da empresa;
- Utilização e manutenção dos equipamentos: utilizar corretamente os equipamentos, por forma a que a utilização seja máxima e os custos de operação sejam mínimos;
- Construção de instalações: as instalações têm de ser apropriadas ao armazenamento e expedição - cais de carga e descarga, iluminação, escritórios, material de incêndio e espaço externo (para espera dos camiões);
- Higiene e segurança: consoante o tipo de indústria, existem sempre normas standards que têm de ser cumpridos.

2.1.2. Gestão de stocks

Um dos aspetos cruciais para o sucesso de uma organização assenta na qualidade da gestão dos stocks praticada. Este permite diagnosticar o balanceamento entre a políticas de compras e capacidade negocial existente com os fornecedores e as técnicas utilizadas para estimar a procura dos clientes, procurando uniformizar o nível produtivo da organização para o seu máximo. Para além disso, coadjuvado pelo indicador da taxa de rotatividade do stock, que indica ou dá desvio do mau ao bom funcionamento geral do armazém (Roux & Liu, 2010) sob ponto de vista de rotação de stock e, indiretamente, sobre o nível de risco de incumprimento do nível de serviço e da área de armazenamento necessária para a eficiência requerida (Jacobs et al., 2018; Napolitano, 2017).

Tratando-se a gestão de stocks de um processo constante em busca do equilíbrio entre a oferta e a procura, o mesmo deve ser controlado por meio de indicadores de desempenho como a taxa de cobertura de stocks, taxa de rotação de stocks e o nível de serviço ao cliente.

A taxa de cobertura de stocks indica o período em que o stock tem capacidade para cobrir as vendas futuras, sem necessidade que haja um novo abastecimento. O facto desta taxa ser calculada, por vezes, apenas com base no histórico disponível, poderá ter tendência a distorcer o seu valor. Deve ser considerada a previsão de vendas, que deverá, caso existam, incluir eventos sazonais e/ou promocionais. Desta forma, quanto menor for o stock em relação à projeção de vendas, menor será a taxa de cobertura para o período considerado, correndo-se o risco de rutura quando a taxa é bastante baixa.

Pelo contrário, se a taxa de cobertura for muito alta, corre-se o risco de vir a ter produtos obsoletos (Frazelle, 2015). A taxa de rotação de stocks, retrata o número de vezes que o capital investido em stocks obteve retorno, indicando a eficiência da gestão de stocks (Frazelle, 2015). Finalmente, o nível de rutura indica o número de oportunidades perdidas pelo facto de não existir mercadoria em stock (Branco, 2013; Frazelle, 2015).

2.2. Atividades na armazenagem

As operações nos armazéns são ações que estão relacionadas com o fluxo dos produtos. Desempenham um papel vital na determinação do nível de competitividade da empresa uma vez que os custos logísticos envolvidos constituem uma parcela importante dos custos totais para disponibilização dos materiais (Peixoto, 2015).

Independentemente da função do armazém, o processo de armazenagem engloba várias atividades tipo como a entrada de produtos em armazém até à sua expedição, resumidamente: (Carvalho, 2017)

- Receção
- Arrumação ou put-away
- Armazenagem
- Reabastecimento ou replenishment
- Picking
- Ordenação, acumulação e embalamento
- Expedição, receção, Order Picking

2.2.1. Receção

A atividade de receção consiste na entrada física no sistema de todos os artigos que são recebidos em armazém, cujos tipo, quantidade e qualidade devem ser asseguradas de acordo com as especificações das encomendas realizadas pela empresa aos seus respetivos fornecedores (Gong, 2009; Branco, 2013)

- Dar entrada física no sistema de todos os produtos que são recebidos no armazém, assegurar-se de que o tipo, a quantidade e a qualidade do produto correspondem às especificações das ordens realizadas pela empresa aos fornecedores;
- Direcionar os produtos para a secção de armazenagem ou para as outras áreas funcionais da empresa onde estes são requeridos (Frazelle, 2002; Gong & de Koster, 2011)

2.2.2. Order Picking

É vulgarmente designado por preparação das encomendas e é o termo técnico para se referir à seleção e recolha dos produtos no armazém (Frazelle, 2002). Os produtos são retirados da posição de armazenamento para serem agrupados por encomendas e, posteriormente, despachados para os clientes. Esta é uma das atividades que mais tempo e recursos consome no armazém, pelo que é considerada como primordial no momento de conceção do layout do armazém (D'Angelo, 2010).

A estratégia mais comumente utilizada é o *picking* discreto. Em que um trabalhador faz a recolha de todos os produtos, destinados a um único cliente, não iniciando outra encomenda até que tenha sido completado a primeira. É um método simples e fiável que não permite a mistura entre encomendas. Esta estratégia é utilizada para operações em tempo real. Contudo, a sua maior desvantagem é que o operador percorre grandes distâncias para fazer a recolha dos artigos das encomendas e, conseqüentemente, consome mais tempo e por isso processo menos encomendas. Não obstante, com o uso da tecnologia adequada e um layout do armazém otimizado é possível aumentar a eficiência do picking discreto (Eisenstein, 2008).

2.2.3. Embalar e/ou etiquetar

Assim como a pré-embalagem, esta operação implica agrupar e embalar os produtos em embalagens unitárias para propósitos comerciais. Em termos de tempo e custo, é mais rentável realizar este processo antes de serem expedidos os produtos. Quando o processo de embalar é posterior à armazenagem, a flexibilidade da armazenagem relativa ao uso do inventário é superior. Contudo, os códigos de barra para fazer o picking dos produtos e o preço dos mesmos podem estar incluídos na mesma etiqueta (Frazelle, 2002). Nem todos os produtos passam por este processo antes de serem despachados para os clientes.

2.2.4. Expedição

Antes de transportar os produtos aos pontos de venda, é necessário verificar se as encomendas estão completas e se os produtos apresentam os requisitos de qualidade requeridos e contratualizados. Uma vez feita esta análise, os produtos devem ser colocados em contentores apropriados para o seu transporte. É também necessário preparar os documentos de transporte, como por exemplo a lista de embalagens, etiquetas de endereço e informação de embarque. Por último, são carregadas nos camiões (Frazelle, 2002).

2.2.5. Cross-docking

Esta atividade refere-se a um método aplicado em armazéns e centros de distribuição no qual os produtos passam diretamente da receção à expedição, virtualmente, sem serem armazenados. Assim, as instalações servem apenas com ponto de coordenação e transferência da mercadoria, permanecendo as mercadorias no local não mais de doze horas.

Este sistema foi criado por Wal-Mart® e visa a redução de custos do inventário ao mesmo tempo que reduz o tempo de despacho das encomendas (Simchi-Levi & Simchi-Levi, 2008).

2.2.6. Custos das operações

Os autores Wanke e Magalhães (2012) afirmam que as decisões de layout devem proporcionar a movimentação mais eficiente de materiais. A eficiência traduz-se não apenas em menos custos com equipamentos, espaço e mão de obra, mas também com uma maior flexibilidade para satisfazer eventuais necessidades de mudança e de movimentação dos itens, baseando-se em critérios de agrupamento de materiais (frequência de movimentação, tamanho, semelhança e categorias) (Jacobs & Chase, 2017; Richards & Grinsted, 2016).

Com o aumento da variedade de produtos, o número de movimentações e a sua separação dentro dos armazéns têm aumentando substancialmente. Assim, a produtividade do armazém deverá crescer para que seja possível conter os custos relacionados à ocupação do espaço e a otimização dos equipamentos e mão-de-obra (Sykes, 1994).

2.3. Tipos de armazéns

Os diferentes tipos de armazéns são, normalmente, designados por: Armazém de matérias primas e componentes; Armazém de produtos em processo (WIP - work in process); Armazém de produto acabado (APA); Centro de distribuição; Armazém local; Armazém de valor agregado.

2.3.1. Métodos de armazenagem

Existem dois métodos básicos de gestão de inventário:

- FIFO: Provém do termo em inglês *first-in-first-out*, o que significa “primeiro a entrar, primeiro a sair”. Este método suporta que os primeiros itens armazenados são os primeiros a sair entre a produção da fábrica e os compradores. Geralmente, estes armazéns estão localizados perto das instalações de fabrico e caracterizam-se por receber e despachar grandes volumes de produção (Frazelle, 2015). Pretende-se desta forma otimizar a logística no armazenamento e no despacho das paletes, e assegurar a regeneração do stock.
- LIFO: Provém do termo em inglês *last-in-first-out*, o que significa “último a entrar, primeiro a sair”. Com este método, os produtos colocados em último lugar no armazém são aqueles que são retirados em primeiro lugar. Este método utiliza-se frequentemente no armazenamento de produto cujo ciclo de armazenagem é muito curto e onde não existe o risco de expiração de validade do produto.

2.3.2. Unidades de armazenagem

A unidade de carga universalmente reconhecida e mais utilizada para movimentação de cargas é a paleta. Consiste numa plataforma portátil para a montagem de produtos, com o objetivo de criar uma unidade de carga para manuseamento com empilhadores ou porta-paletes e para a armazenagem de materiais.

Estas podem ser de madeira (a mais utilizada), por ser um material mais barato e reciclável, no entanto, também existem paletes de plástico, de madeira comprimida e inclusive de aço e alumínio.

A integridade, estabilidade e eficiência de carga de uma paleta depende do padrão pelo qual os objetos estão empilhados, sendo que um padrão eficiente permite armazenar mais material no mesmo espaço disponível (Twede & Selke, 2005).

As paletes podem ser manuseadas por empilhadoras e porta-paletes manuais. Existem dois tipos principais de paletes, segundo Drury e Falconer (2003):

- paleta de entrada dupla (two-way entry);
- paleta de entrada quadrupla (four-way entry).

Um padrão eficiente de colocação, pode armazenar mais material no mesmo espaço. Desta forma, é possível transportar maior quantidade de material em menos viagens, o que reduz consideravelmente o custo de manuseamento (Liebeskind, 2005).

2.3.3. Sistemas de armazenagem em paletes

Os sistemas de armazenagem desempenham um papel importantíssimo em qualquer armazém ou centros de distribuição, procurando maximizar o espaço de armazenagem, a sua produtividade e, correspondente, rendimento das instalações (Rogers, 2011).

Nos armazéns, são utilizados sistemas concebidos com o objetivo de reduzir custos, otimizar espaço e, preferencialmente, com a capacidade para reagir rapidamente às alterações necessárias para satisfazer os pedidos dos clientes. Existem oito sistemas de armazenagem em paletes e nenhum destes sistemas é, unanimemente, considerado o melhor. Isto porque os sistemas de armazenamento ideais serão os que melhor se adequam às especificidades de cada artigo (Bond, 2013).

Em seguida, apresentam-se os sistemas de armazenagem, atualmente, mais utilizados.

- **Empilhamento em bloco ou Block Staking:** As cargas unitárias são empilhadas umas sobre as outras estando a sua base assente no solo. Cada linha de carga pode apresentar duas a dez unidades de profundidade. A altura depende do peso e da estabilidade do material, assim como dos limites de segurança e altura das instalações do armazém (Frazelle, 2015).
- **Empilhamento em paletes de armação ou Pallet Stacking Frames:** As paletes de armação são portáteis e permitem o empilhamento dos produtos, aumentando a mobilidade e a eficiência na utilização do espaço. O sistema poderá consistir numa armação anexa às

paletes de madeira ou numa unidade de aço independente (Robson & Copacino, 1994; Robeson, 1994)

- **Rack Convencional de profundidade unitária ou Single-deep rack:** Armazenagem de produtos paletizados com uma grande variedade de referências. Acesso direto e unitário a todas as referências (Carvalho, 2012).
- **Very Narrow Aisle Racking (VNA):** Armazenagem idêntica ao rack convencional, existindo apenas diferença na disposição dos racks e corredores mais estreitos, em que se consegue um aumento de capacidade de 40% relativamente à armazenagem convencional (IWRacks, 2013).
- **Rack de profundidade dupla ou Double-deep Rack:** Estantes com os mesmos princípios que o rack convencional, mas com duas posições de profundidade. Reduz em 50% a perda de espaço dos corredores tornando, no entanto, o acesso às paletes mais restrito, regendo-se cada localização pela regra LIFO (Robeson, Copacino, & Howe, 1994).
- **Push back rack:** As paletes podem movimentar-se sob uma plataforma de rolos inclinados. Deste modo, quando a carga é alocada, a força do empilhador empurra as paletes já arrumadas para a retaguarda, criando espaço para a que se pretende alocar (Bello 2011). Quando uma paleta é retirada a seguinte desloca-se novamente até à mesma extremidade onde pode ser retirada. Como o acesso às paletes é feito pelo mesmo lado, o sistema rege-se de acordo com a regra LIFO (Robeson et al., 1994).
- **Flow Rack:** As paletes são alocadas de um lado do rack e retiradas no extremo oposto, deslocando-se por gravidade através de uma plataforma de rolos inclinada. Ou seja, quando uma paleta é retirada, a paleta seguinte avança para o seu lugar na extremidade onde pode ser retirada. Este sistema rege-se segundo a regra FIFO (Robeson et al., 1994)
- **Drive-In e Drive-Through:** Estrutura que permite suportar as paletes nos diferentes níveis, tendo o empilhador de entrar dentro da própria estrutura para realizar a movimentação das cargas. No Drive-In é apenas possível aceder ao sistema por um lado, sendo o sistema regido pela regra LIFO. No *Drive-Through* é possível aceder de ambos os lados e, portanto, a regra de gestão é FIFO. Este tipo de sistema permite uma máxima utilização do espaço disponível (Bello, 2011; Carvalho, 2012).
- **Mobile Pallet Racking:** Estrutura idêntica ao rack convencional, com a diferença de apenas existir um corredor que permite aceder a todas as localizações do sistema. Tal é possível devido ao facto de a estrutura estar assente em bases móveis que deslizam lateralmente e que abrem somente quando é necessário. (Robeson et al., 1994).
- **Over-Dock Storage Racks:** Rack concebido de tal modo que permite utilizar o espaço por cima das portas do cais, sem afetar as atividades de receção e expedição, (Cisco Eagle, 2013).
- **Mezzanine Racking system:** Sistema de armazenagem que utiliza o rack convencional, com a diferença de existirem diversos pisos para o mesmo corredor. Desta forma, consegue-se aumentar o número de localizações no armazém onde é possível alcançar os artigos manualmente ao nível do chão (Temesist, 2018).

- **Carrosséis horizontais e verticais:** Sistema automático composto por um conjunto de prateleiras que rodam no sentido horizontal ou vertical, entregando os itens selecionados num ponto de acesso (Carvalho, 2012). Este sistema permite reduzir em, aproximadamente 85%, o espaço utilizado pelo rack convencional e reduzir a mão-de-obra em sensivelmente 65% (Rogers, 2010).
- **Armazém autoportante:** A própria estrutura de armazenagem forma a estrutura de suporte de um edifício compacto, com uma elevada capacidade de armazenagem. Este sistema automático usa transelevadores que realizam de forma automática a armazenagem das paletes, não sendo necessária a intervenção humana (Carvalho, 2012).

2.3.4. Equipamentos de Armazéns

Os equipamentos estáticos de armazém consistem, principalmente, em itens que não possuem rodas e geralmente são prateleiras metálicas para armazenagem. Estes equipamentos podem ser móveis ou não, dependendo dos requisitos do armazém (Ackerman & Van Bodegraven, 2007).

O equipamento móvel tem como o principal objetivo movimentar produtos, reduzindo a força de trabalho despendida pelo operário ao mesmo tempo que minimiza o tempo gasto no manuseamento, bem como no processamento e movimentação de materiais. Os veículos mais antigos são, normalmente, acionados manualmente. Exemplos destes veículos são os carrinhos de mão de duas rodas e os transportadores hidráulicos de paletes. O equipamento mais utilizado é o empilhador, o qual, provavelmente, é o aparelho motorizado mais antigo entre os veículos de manuseamento de materiais. Com o avanço tecnológico, esta máquina sofreu melhorias com o intuito de adaptá-la às diferentes indústrias (Ackerman & Van Bodegraven, 2007).

O sucesso na operação de qualquer armazém está, fortemente, dependente do nível de compatibilidade entre o sistema de armazenagem e os veículos de movimentação de cargas (Rogers, 2011b; Branco, 2013). A implementação de novas tecnologias pode traduzir no aumento da produtividade e na satisfação do cliente final (Lam et al., 2010). As potencialidades inerentes às novas tecnologias, permitem gerir uma maior variedade de produtos, evitando os erros de processamento de encomendas, as ruturas de stock, as falhas no nível de serviço. A sistematização da informação gerada dentro da empresa, desde a entrada de produto no armazém até à sua expedição, melhorará com o uso de ferramentas e meios técnicos e tecnológicos adequados.

Ao nível da gestão de armazém os sistemas *Warehouse Management Systems* (WMS), permitiram desenvolver outras ferramentas de gestão, em particular: a análise da previsão, os cálculos da variação da procura, e o controlo do desempenho operacional do armazém. Esta tecnologia possibilitou, ainda, a abertura de novas oportunidades de negócio, como as novas formas de disponibilizar produtos aos clientes através de portais digitais, bem como a abertura de negócios através do protocolo de comunicação EDI – *Electronic Data Interchange*.

Os programas de simulação utilizados no decurso deste projeto permitiram criar um armazém virtual com possibilidade de analisar, e avaliar cenários plausíveis de melhoria do sistema de

armazenagem existente. Sendo estes visualizados numa operação de armazenagem decorrendo da simulação, testam-se diferentes cenários sobre os tipos de manuseamento de cargas, bem como sobre os produtos em stock.

3. Diagnóstico ao Armazém e aplicação do modelo de simulação para melhoria do desempenho global do sistema

No terceiro capítulo faz-se uma breve apresentação do Grupo Antolin Lusitânia S.A. e é estabelecido o contexto em que se integra o projeto. De seguida, é apresentada a metodologia seguida com a adoção do software de simulação, a avaliação e discussão dos resultados e por fim, são sugeridas propostas de melhorias futuras.

3.1 Apresentação da Empresa

O Grupo Antolin é um dos principais fabricantes mundiais de componentes para o interior do automóvel, e líder mundial na fabricação de revestimento de tetos. Oferece aos seus clientes produtos de alta qualidade para o interior do veículo em quatro áreas distintas, tetos, portas, iluminação e painéis de instrumentos.

O Grupo Antolin conta com, sensivelmente, 28.000 colaboradores e está presente em mais de 26 países, com cerca de 167 unidades produtivas e 29 escritórios técnicos.

3.1.1 História do G.A. Lusitânia S.A.

A Figura 1 apresenta a evolução histórica, numa ótica cronográfica, do G.A. Lusitânia S.A. desde a sua constituição até aos dias de hoje.

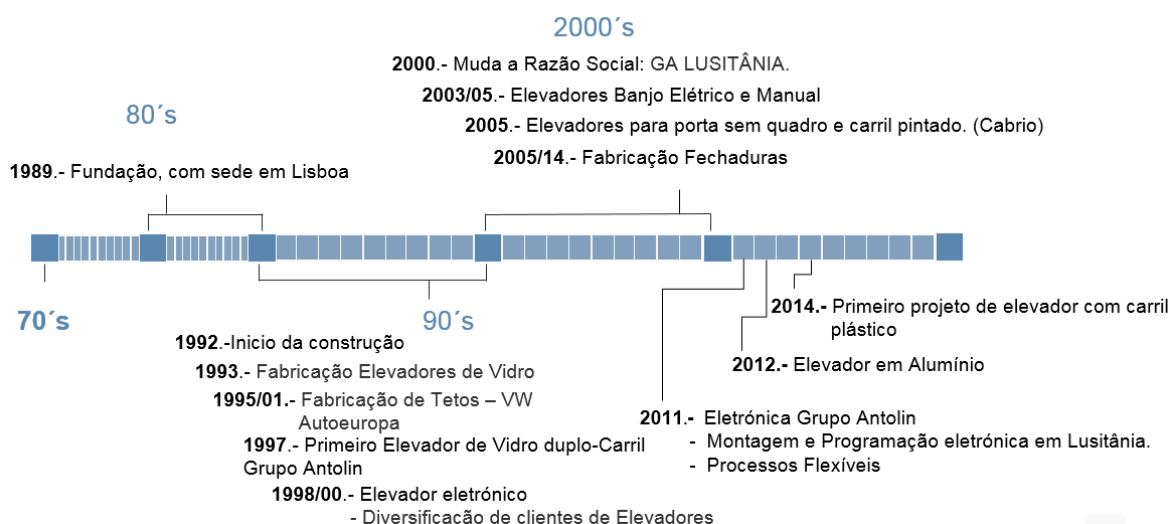


Figura 1 - Cronografia G.A. Lusitânia S.A.

3.1.2 Localização

Zona Industrial de Campos – Pólo 2 – Apartado 7

4920-247 Vila Nova de Cerveira – PORTUGAL ([GPS: 41.9776, -8.7062](#))

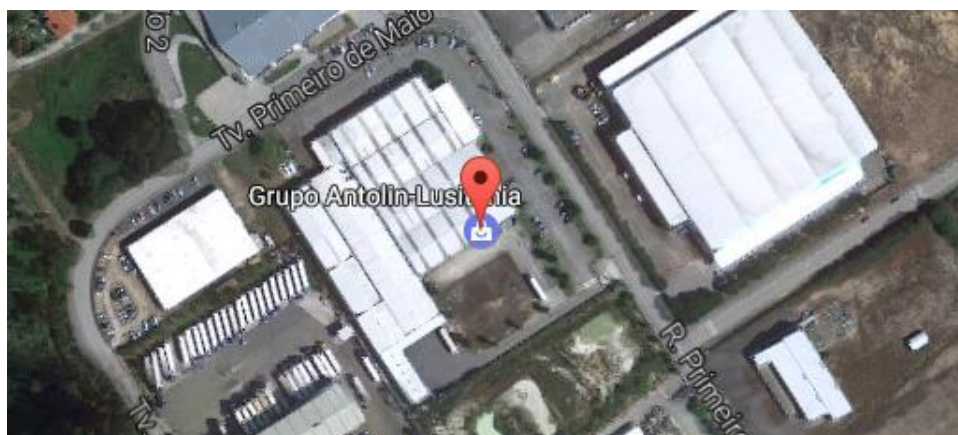


Figura 2 - Localização G.A. Lusitânia S.A.

3.1.3 Distribuição por Categoria Profissional

Ao nível de categorias profissionais, a organização apresenta a seguinte distribuição (com dados de finais de 2017):

- Grau académico / Licenciatura – 24 pessoas
- Ensino Secundário (12º Ano completo) – 75 pessoas
- Ensino Secundário incompleto ou inferior – 160 pessoas

3.1.4 Distribuição dos funcionários por Idade e por Antiguidade

A média de idades dos colaboradores situa-se nos 42,51 anos de idades, sendo de 42,79 anos correspondentes a elementos do género feminino e de 40,68 anos a elementos do género masculino. A média de antiguidade situa-se nos 13,02 anos, registando-se uma antiguidade de 12,99 anos no género feminino e 13,18 anos de antiguidade no género masculino.

Idade Media trabalhadores



Media Antiguidade



Figura 3 - Distribuição por género, idade e antiguidade médias

3.2 Contextualização do Sistema de Armazenamento

A empresa em estudo trabalha com cerca de 245 referências de matérias primas diferentes no seu processo produtivo. Estas referências são inicialmente armazenadas no que se passará a designar por armazém 1. Este armazém encontra-se a uma distância significativa das linhas de produção e há a necessidade de transportar estas referências para um armazém intermédio, a que chamaremos de armazém 2, antes de as distribuir pelas linhas de produção. A Figura 4 apresenta o layout do armazém 1.

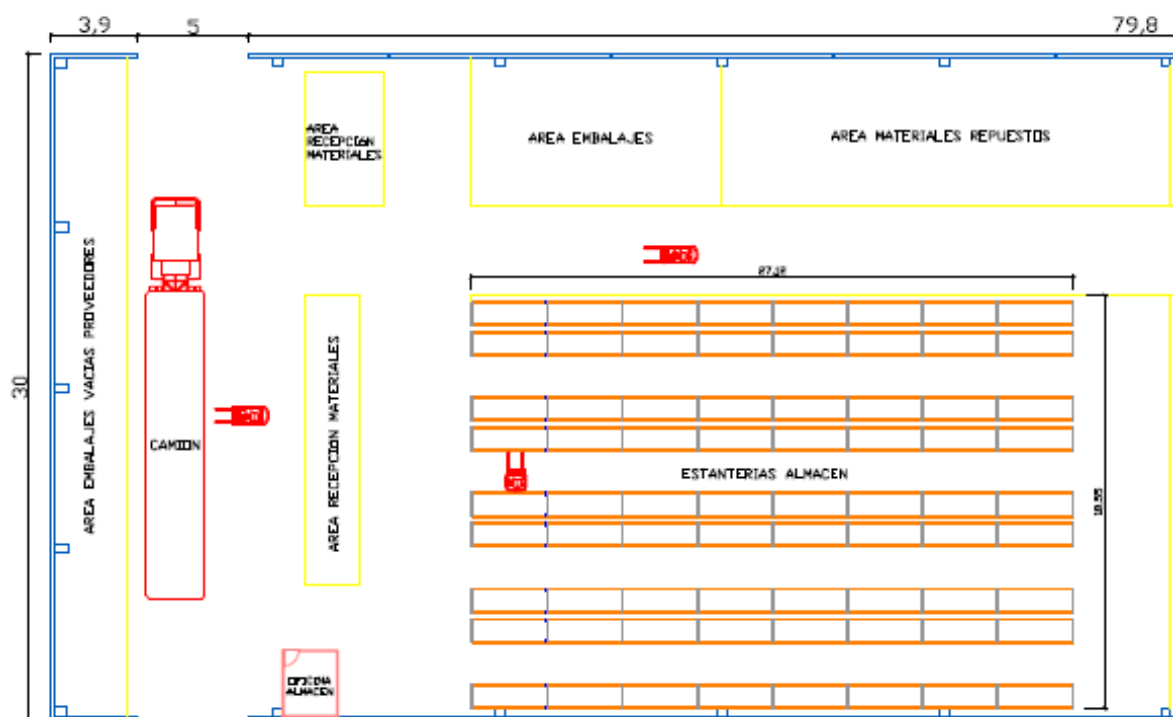


Figura 4 - Layout do Armazém 1

O armazém 2 foi desenhado com partes diferenciadas. Trata-se do armazém que abastece diretamente as linhas de produção e em simultâneo do armazém onde os produtos acabados são armazenados para expedição.

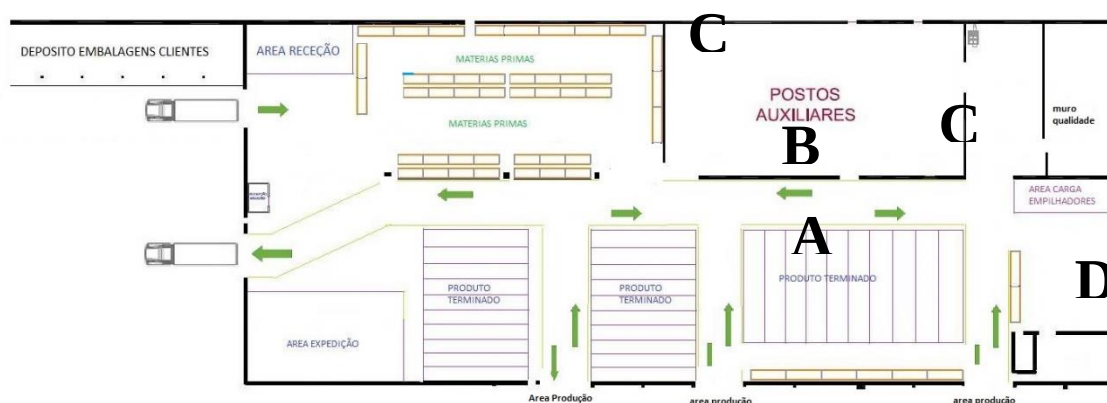


Figura 5 - Layout do Armazém 2

Este armazém tem vindo a ser montado ao longo de 2018, pelo que, os dados estatísticos são ainda bastante irregulares. Neste armazém foram preparadas três formas de armazenar as matérias primas, de acordo com as suas características, bem como dos requisitos subjacentes à sua forma de armazenamento.

Assim, as peças mais pequenas, que é possível armazenar em embalagens pequenas encontram-se na zona de supermercado, constituída pelas estantes mais baixas das zonas A e B. As Paletes são armazenadas nas estantes superiores das Zonas A e B. Como é possível ver na Figura 6 em abaixo, a última estante permite armazenar mais paletes do que as outras estantes pela limitação da altura.



Figura 6 - Estantes de armazenamento das Zonas A e B

Os contentores são armazenados na Zona C como se pode ver na Figura 7. Também aqui se pode verificar que a última estante pode armazenar mais contentores que as restantes.



Figura 7 - Estantes de armazenamento das Zonas C

Na Zona D são armazenados os parciais (Figura 8), isto é, matérias primas que já foram para a linha de produção, mas que não foram gastos na sua totalidade. Estes contentores são os primeiros a voltar para a linha de produção quando é necessário voltar a utilizar essa matéria prima.



Figura 8 - Zona de Armazenamento de Parciais

A grande quantidade de referências utilizadas e as diferentes rotações de material fazem com que o processo de abastecimento das linhas seja crítico. Uma linha nunca pode estar parada à espera de receber uma referência e também é importante ter em conta os gastos com as constantes viagens de abastecimento às linhas.

O espaço de colocação das matérias primas junto às linhas também é limitado, e as diferentes formas de armazenamento dificultam ainda mais a sua gestão. Como podemos verificar pelas figuras que se seguem, a diversidade de materiais junto às linhas é muito grande. Este facto pode representar um constrangimento no seu manuseamento.

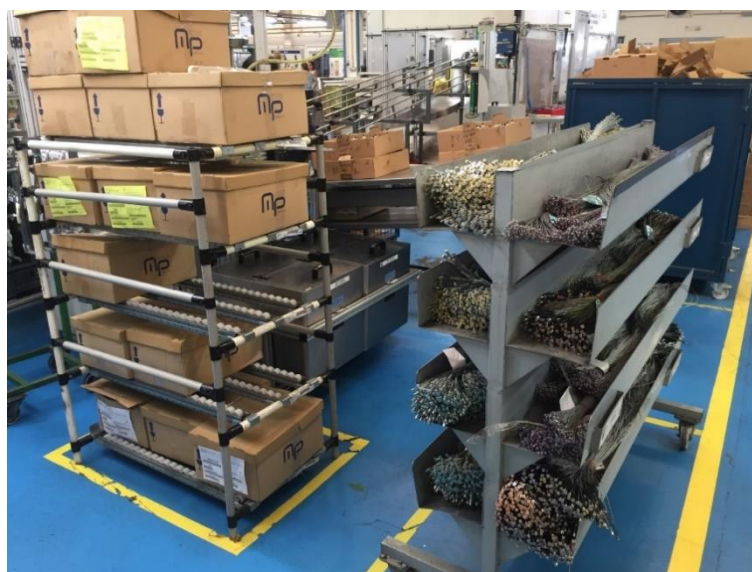


Figura 9 – Exemplo 1 de Abastecimento às Linhas



Figura 10 - Exemplo 2 de Abastecimento às Linhas



Figura 11 - Exemplo 3 de Abastecimento às Linhas

O problema fica ainda mais complexo quando é necessário preparar uma linha para alterar a sua produção. Existem algumas linhas que, devido à necessidade de cumprir prazos de encomendas, são obrigadas a alterar a produção duas e três vezes por dia. Este facto obriga a que se considere cada uma das referências necessárias para cada produto para perceber quais são as referências comuns e as que são específicas.

Numa situação ideal, a definição das quantidades a transportar do armazém 2 para as linhas e por seu turno, do armazém 1 para o armazém 2 deveriam ser feitas tendo em conta o plano de produção diário. No entanto, a empresa ainda não se encontra preparada para o fazer. Este facto obriga a que, para garantir uma contínua produção, seja necessário considerar um stock mínimo com grandes folgas. Acresce ainda o facto de que, para evitar elevados gastos de transporte, os camiões de transporte, do armazém 1 para o armazém 2, devem vir o mais cheios possível. Desta forma, o tempo de preparação das encomendas no armazém 1 é um fator importante na dinâmica produtiva. Quanto mais tempo demorar o transporte de material do armazém 1 para o armazém 2 maior será

a necessidade de garantir um stock mínimo elevado no armazém 2 que garanta o contínuo funcionamento das linhas. Atualmente o armazém 1 não é ainda utilizado na sua totalidade, no entanto a empresa prevê que a produção vá aumentar nos próximos tempos e que seja necessário tornar o processo de armazenagem mais eficiente.

Existem nesta empresa muitos pontos interessantes sobre os quais vale a pena trabalhar. Conjuntamente com os diretores da empresa decidiu-se que este trabalho seria dedicado à análise da eficiência do armazém 1 onde a capacidade atual já se encontra em cerca de 70%.

3.3 Diagnóstico e Metodologia de Análise

As localizações dos armazéns, bem como a disposição das estantes nos armazéns, tiveram de ser mantidas, pois uma alteração a esse nível não estava equacionada. Dedicou-se então a atenção para a localização das referências na estrutura já montada.

Foram registadas todas as informações referentes a um mês de trabalho. Apesar da produção sofrer alterações ao longo do tempo, considerou-se que a amostra recolhida era representativa dos diversos problemas que podem ocorrer durante o funcionamento do armazém. Com os dados recolhidos começou-se por tentar perceber se todas as referências tinham o mesmo tipo de rotatividade ou se esta era diferente entre as diferentes referências. Para isso utilizamos o seguinte gráfico no qual representamos a curva de *Pareto* referente ao número de vezes que cada uma das referências é transportada.

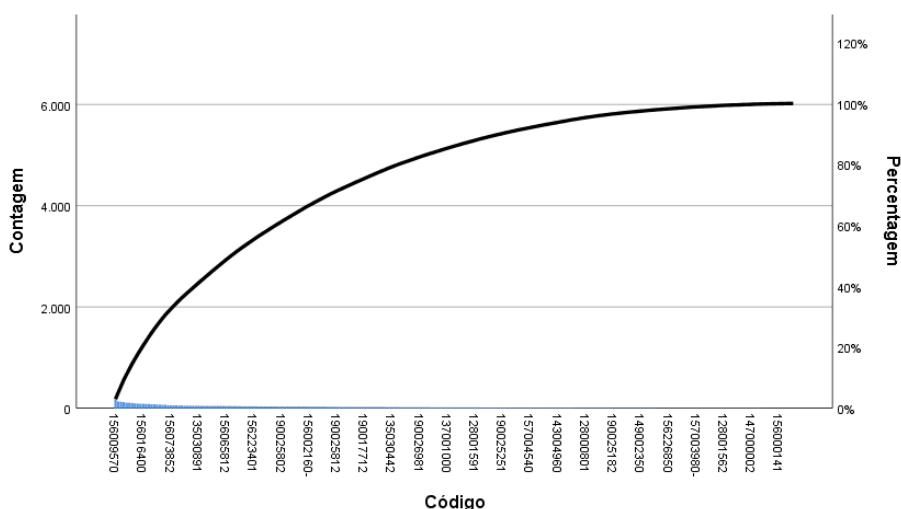


Gráfico 1 - Curva de Pareto com rotação por referência

Como é possível identificar no Gráfico 1, na Curva de *Pareto*, existem itens com maior número de movimentações e que, por isso mesmo, merecem uma maior atenção e preocupação com a sua localização. Decidiu-se classificar as referências através do sistema ABC de acordo com a sua rotatividade e verificou-se que nem sempre as referências que fazem parte da classe A são as que apresentam tempos médios de preparação mais baixos.

Da análise de dados verificou-se que existem alguns tempos de preparação que são significativamente superiores à grande maioria dos tempos de cada referência. Estes dados enviesam completamente as possíveis análises estatísticas e, tendo em conta que os motivos para estes grandes desvios não estão relacionados com a capacidade do armazém em dar resposta aos pedidos, não foram considerados na análise. Assim, considerou-se apenas os tempos de resposta até 24 horas. Com a eliminação destas movimentações ficamos com 6005 das 6021 movimentações inicialmente registadas.

Decidiu-se então fazer uma análise mais aprofundada para verificar se estas diferenças podiam ser justificadas pelo tipo de armazenamento das referências ou se é possível melhorar a sua localização no armazém de forma a tornar o processo de preparação do transporte mais eficiente.

Tabela 1 – Tipologias de Armazenamento

Contentor
Paleta
Paleta desmembrada Nível A (Apenas em LUS2) o nível A é o mais baixo junto ao Chão
Paleta desmembrada Nível B (Apenas em LUS2) o nível B é o seguinte ao A
Virtual Unity – Referência criada pelo sistema quando é feito um desmembrado, ou seja, quando de uma paleta que recebemos por inteiro é necessário insertá-la e fazer os envios para LUS1 em bacs (desmembrados)

Dentro de cada opção de armazenamento não existem quaisquer restrições no que diz respeito à localização, pelo que podemos alterar o posicionamento das diferentes referências na estrutura já montada. Para que os valores estatísticos dos tempos de movimentação tenham algum significado consideramos apenas as referências com pelo menos 20 movimentações. Na tabela seguinte apresentam-se os dados das referências armazenadas em contentores. Do total de 1256 movimentações, 975 correspondem a referências com pelo menos 20 movimentações. As restantes movimentações não foram consideradas.

Tabela 2 – Tempo médio de movimentações por tipo de Referência em contentores

Referência	Nº movimentações	Tempo médio (em minutos)
190025991	20	5,7
190025152	22	9,7
190017711	23	19,2
190017712	24	8,1
190025791	24	4,1
190025792	24	32,7

190025982	24	22,5
190025811	25	6,6
190025812	25	4,3
190025981	25	6,3
135029582	29	31,4
190025801	30	12,4
190017612	32	6,1
190025151	32	11,2
190025802	32	18,9
135029581	33	17,5
190030321	35	11,1
190030322	36	15,8
135030901	43	18,7
190017611	43	10,3
135030892	45	23,4
135030902	46	13,5
135030891	47	8,5
135025420	47	7,8
190025172	102	18,4
190025171	107	13,0
Total	975	14,1

Como se pode ver na Tabela 2, o tempo médio de preparação do total de referências armazenadas em contentores é de 14,1 minutos, o máximo é 32,7 minutos e o mínimo são 4,1 minutos. Pode-se também verificar que os tempos médios de movimentação mais baixos não correspondem, necessariamente, às referências mais movimentadas. Como o tipo de armazenamento é o mesmo e o processo de movimentação é igual, consideramos que a posição em que se encontram armazenados poderá ser um fator determinante na sua duração.

Tendo em conta o número de movimentações e os tempos médios de movimentação sugerimos as seguintes trocas de posicionamento. Na primeira coluna indicamos a referência a colocar e na segunda indicamos a posição através da referência que está lá posicionada atualmente.

Tabela 3 - Reajuste da posição de Referências em contentores

Referência	Posição
190025991	190025792
190025152	135029582
190017711	135030892
190017712	190025982
190025791	190017711
190025792	190025802
190025982	135030901
190025811	190025172
190025812	135029581
190025981	190030322
135029582	135030902
190025801	190025171
190017612	190025801
190025151	190025151
190025802	190030321
135029581	190017611
190030321	190025152
190030322	135030891
135030901	190017712
190017611	135025420
135030892	190025811
135030902	190025981
135030891	190017612
135025420	190025991
190025172	190025812
190025171	190025791

Com esta alteração prevê-se que o tempo mensal de movimentação seja reduzido em cerca de 51 horas no que diz respeito às referências armazenadas em contentores.

Na tabela seguinte apresenta-se os dados das referências armazenadas em paletes. Do total das 1539 movimentações, 1154 correspondem a referências com pelo menos 20 movimentações. As restantes movimentações não foram consideradas pela razão supramencionada.

Tabela 4 – Tempo médio de movimentações por Palete

Referência	Nº movimentações	Tempo médio (em minutos)
128001182	20	20,9
128001191	22	10,7
135030442	22	24,3
135030441	23	36,9
186027071	24	16,9
172000050	28	3,9
186027072	28	20,0
128001502	32	18,1
190030332	32	26,9
128000791	32	14,6
190030331	33	12,4
128001472	34	21,3
128001582	35	23,5
128001581	36	17,3
128000802	45	16,2
128001572	47	17,3
128001571	49	43,5
156120841	54	26,4
156120842	54	21,3
128001471	67	22,3
156120861	92	19,1
156120862	95	18,3
156120832	124	19,6
156120831	126	30,4
Total	1154	21,8

Como se pode identificar na Tabela 4, o tempo médio de preparação do total de referências armazenadas em paletes é 21,8 minutos, o máximo é 43,5 minutos e o mínimo 3,9 minutos.

Pode-se, também, verificar que os tempos médios de movimentação mais baixos não correspondem necessariamente às referências mais movimentadas. Como o tipo de armazenamento é o mesmo e o processo de movimentação é o mesmo, consideramos que a posição em que se encontram armazenados poderá ser um fator determinante na sua duração.

Tendo em conta o número de movimentações e os tempos médios de movimentação sugerimos as seguintes trocas de posicionamento. Na primeira coluna indicamos a referência a colocar e na segunda indicamos a posição através da referência que está lá posicionada atualmente.

Tabela 5 - Reajuste da posição de Referências em paletes

Referência	Posição
128001182	128001571
128001191	135030441
135030442	156120831
135030441	190030332
186027071	156120841
172000050	135030442
186027072	128001582
128001502	128001471
190030332	128001472
128000791	156120842
190030331	128001182
128001472	186027072
128001582	156120832
128001581	156120861
128000802	156120862
128001572	128001502
128001571	128001581
156120841	128001572
156120842	186027071
128001471	128000802
156120861	128000791
156120862	190030331
156120832	128001191
156120831	172000050

Com esta alteração prevê-se que o tempo mensal de movimentação seja reduzido em cerca de 92 horas no que diz respeito às referências armazenadas em paletes. No que diz respeito às paletes desmembradas nível A não há nenhuma referência com pelo menos 20 movimentações, pelo que não propomos qualquer alteração no seu posicionamento.

No que diz respeito às paletes desmembradas nível B, existe apenas uma referência com pelo menos 20 movimentações, pelo que também não propomos qualquer alteração.

Na Tabela 6 apresentam-se os dados das referências armazenadas em paletes. Do total de 2653 movimentações, 2190 correspondem a referências com pelo menos 20 movimentações. As restantes movimentações não são consideradas.

Tabela 6 – Tempo médio de movimentações por Pallet nível B

Referência	Nº movimentações	Tempo médio (em minutos)
163001150-01	20	7,5
186031372	20	22,1
186021191	21	11,0
137006690	22	16,4
190025741	22	9,6
137000100	25	19,6
143007910	26	23,0
142002380	27	10,9
156061920	27	8,4
190025731	29	21,9
190025732	29	10,3
186018592	31	13,4
190025742	32	14,0
156223401	34	21,2
190025721	34	17,8
190025722	34	10,9
163142880	35	31,7
156065781	36	18,3
137000200	37	31,9
156223402	37	21,9
156102450	38	26,9
186018591	38	15,6

137005620	39	26,9
156065811	39	16,1
156073851	39	24,3
156065812	40	17,2
156065791	41	17,8
135037150	43	31,7
155003150	46	20,7
156065792	50	17,7
156073852	51	31,5
138002540	52	16,5
156065782	52	16,4
143000030	64	19,3
143003940	65	17,8
156144212	68	18,6
137002280	75	20,1
156144211	75	15,9
143008440	76	23,8
156016400	76	16,6
156012592	78	24,9
156012591	81	27,3
143006850	102	30,0
143008220	117	20,6
156009570	167	23,4
Total	2190	20,7

Como se pode constatar pela análise da tabela, o tempo médio de preparação do total de referências armazenadas em paletes é 20,7 minutos, o máximo é 31,9 minutos e o mínimo 7,5 minutos. Pode-se, ainda, verificar que os tempos médios de movimentação mais baixos não correspondem necessariamente às referências mais movimentadas.

Como o tipo de armazenamento é o mesmo e o processo de movimentação é o mesmo, consideramos que a posição em que se encontram armazenados poderá ser um fator determinante na sua duração. Tendo em conta o número de movimentações e os tempos médios de movimentação sugerimos as seguintes trocas de posicionamento. Na primeira coluna indicamos a referência a colocar e na segunda indicamos a posição através da referência que está lá posicionada atualmente.

Tabela 7 - Reajuste da posição de Referências em Paletes nível B

Referência	Posição
163001150-01	137000200
186031372	135037150
186021191	163142880
137006690	156073852
190025741	143006850
137000100	156012591
143007910	137005620
142002380	156102450
156061920	156012592
190025731	156073851
190025732	143008440
186018592	156009570
190025742	143007910
156223401	186031372
190025721	190025731
190025722	156223402
163142880	156223401
156065781	155003150
137000200	143008220
156223402	137002280
156102450	137000100
186018591	143000030

137005620	156144212
156065811	156065781
156073851	143003940
156065812	190025721
156065791	156065791
135037150	156065792
155003150	156065812
156065792	156016400
156073852	138002540
138002540	137006690
156065782	156065782
143000030	156065811
143003940	156144211
156144212	186018591
137002280	190025742
156144211	186018592
143008440	186021191
156016400	142002380
156012592	190025722
156012591	190025732
143006850	190025741
143008220	156061920
156009570	163001150-01

Com esta alteração prevê-se que o tempo mensal de movimentação seja reduzido em cerca de 158 horas no que diz respeito às referências armazenadas em paletes.

3.3 Simulação dos modelos e análise dos resultados

Foi Utilizada a técnicas quantitativa de simulação para analisar os efeitos inerentes à alteração das posições das referências teriam no desempenho geral do armazém. De acordo com diversos autores (Chung 2003; Banks et al. 2014), a simulação é uma metodologia adequada ao problema que está aqui a ser trabalhado, pois, entre outras, apresenta as seguintes vantagens:

- possibilita a análise de procedimentos operacionais e organizacionais, informações sobre fluxos e definição de novas políticas, sem interromper o normal funcionamento das operações correntes do sistema real;
- permite uma experiência controlada e a possibilidade de executar a mesma experiência várias vezes, fazendo variar os parâmetros de entrada para testar o comportamento do sistema face a diferentes condições e situações;
- possibilita o estudo de configurações alternativas do sistema em estudo, sem custos de implementação;
- permite introduzir na análise fenómenos aleatórios.

Está-se, igualmente, consciente das limitações deste tipo de abordagem. Como por exemplo, da necessidade de que o modelo seja rigoroso para que os seus resultados sejam fiáveis. No entanto, considerando que mesmo que se inicie a análise com modelos simplificados, podem-se recolher informações importantes para proceder a pequenos ajustes na gestão real do armazém e para, de forma iterativa, criar modelos mais complexos e realistas.

De modo a juntar todo o tipo de produtos num único sistema e comparar o posicionamento atual com o sugerido decidimos realizar simulações com o programa Arena (Versão estudante). Antes de apresentar o modelo convém perceber quais as variáveis consideradas e quais as distribuições de probabilidades que consideramos.

Variável 1 - Tempo entre pedidos:

- Apesar de não ter sido possível identificar estatisticamente a distribuição seguida pelos tempos entre pedidos de referências, verificamos que a sua forma é, diariamente, como a que apresentamos no seguinte histograma:

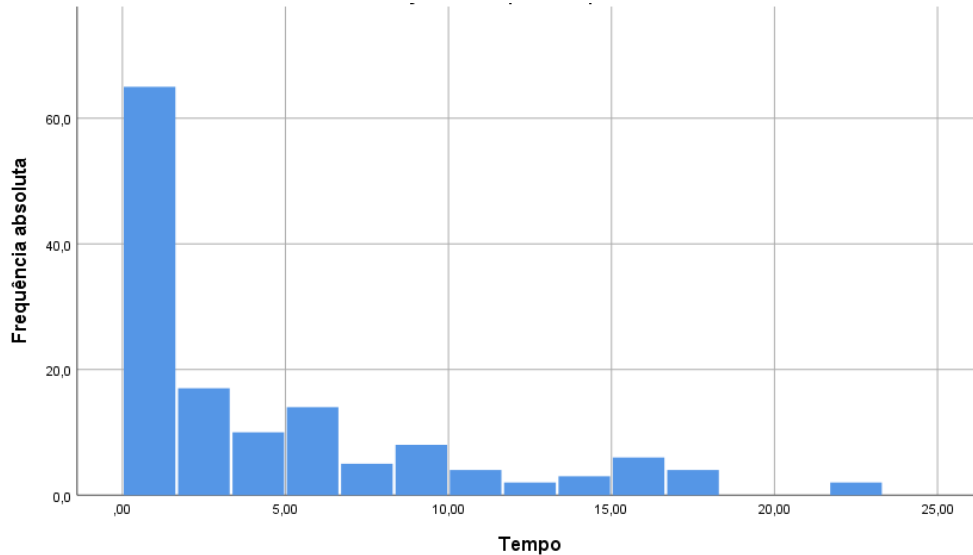


Gráfico 2 - Distribuição do tempo entre pedidos

Desta forma consideramos que a distribuição mais adequada para modelar o tempo entre pedidos é a distribuição exponencial. Além disso não foi possível identificar nenhum padrão que diferencie os pedidos nos diferentes dias, pelo que consideraremos como média a média geral de todos os dados, 6,45 minutos.

Variável 2: tempo de preparação de contentores

- Apesar de não ter sido possível identificar estatisticamente a distribuição seguida pelos tempos de preparação de contentores, verificamos que a sua forma é, mensalmente, como a que apresentamos no seguinte histograma e consideramos que a distribuição mais adequada para modelar o tempo entre pedidos é a distribuição exponencial.

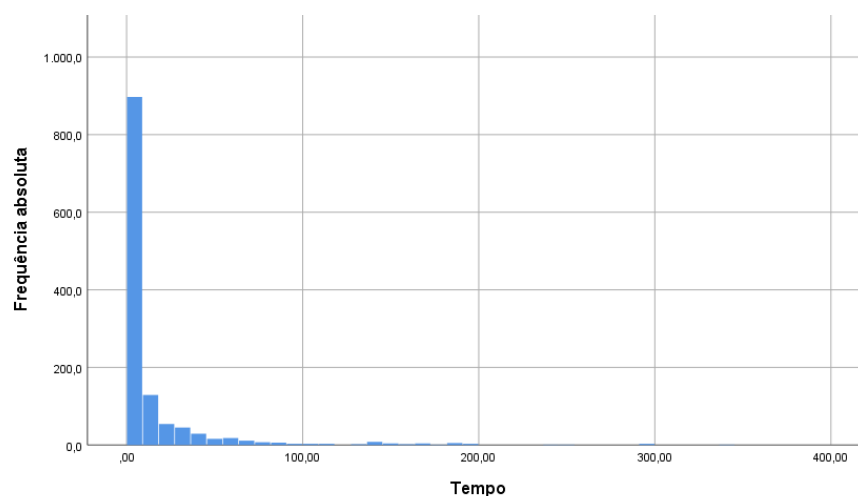


Gráfico 3 - Distribuição do tempo de preparação de contentores (em minutos)

Variável 3: tempo de preparação de paletes

- Apesar de não ter sido possível identificar estatisticamente a distribuição seguida pelos tempos de preparação de paletes, verificamos que a sua forma é, mensalmente, como a que apresentamos no seguinte histograma e consideramos que a distribuição mais adequada para modelar o tempo entre pedidos é a distribuição exponencial.

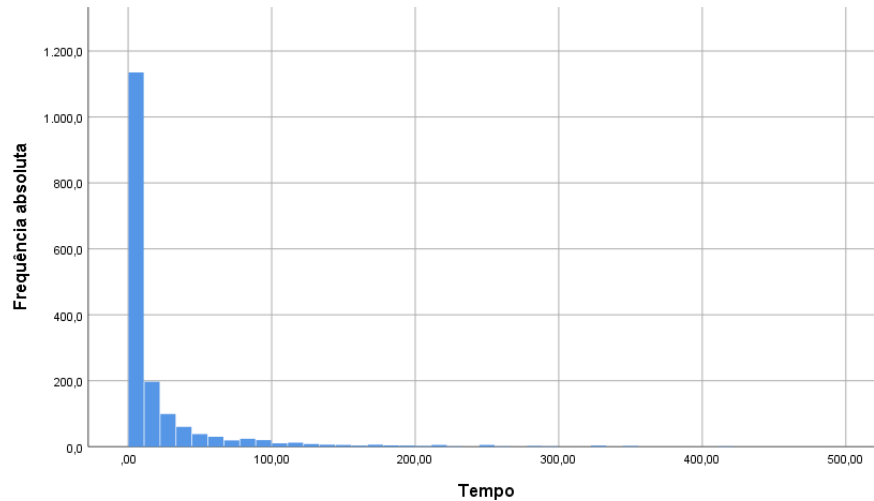


Gráfico 4 - Distribuição do tempo de preparação de paletes (em minutos)

Variável 4: tempo de preparação de unidades virtuais

- Apesar de não ter sido possível identificar estatisticamente a distribuição seguida pelos tempos de preparação de unidades virtuais, verificamos que a sua forma é, mensalmente, como a que apresentamos no seguinte histograma e consideramos que a distribuição mais adequada para modelar o tempo entre pedidos é a distribuição exponencial.

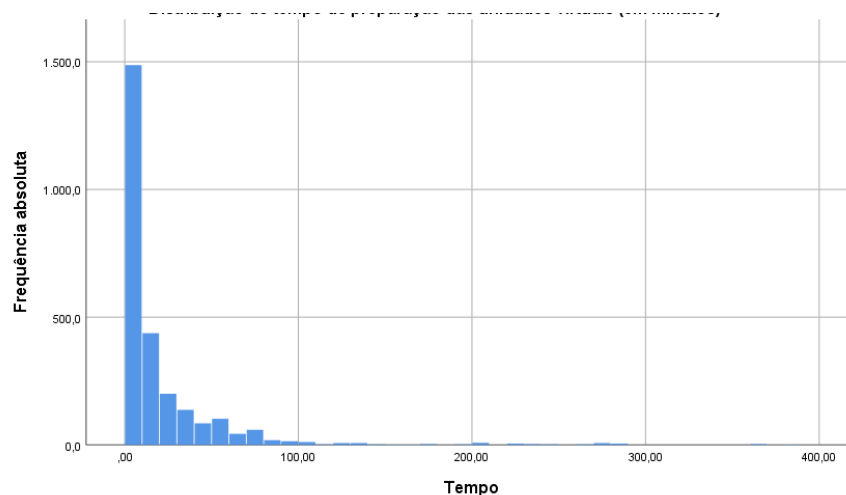


Gráfico 5 - Distribuição do tempo de preparação das unidades virtuais (em minutos)

A quantidade de movimentos paletes desmembradas dos tipos A e B é muito inferior à quantidade de movimentações dos restantes tipos. Desta forma não serão consideradas nas modelações.

Em seguida apresentamos o modelo escolhido e discutimos os resultados obtidos.

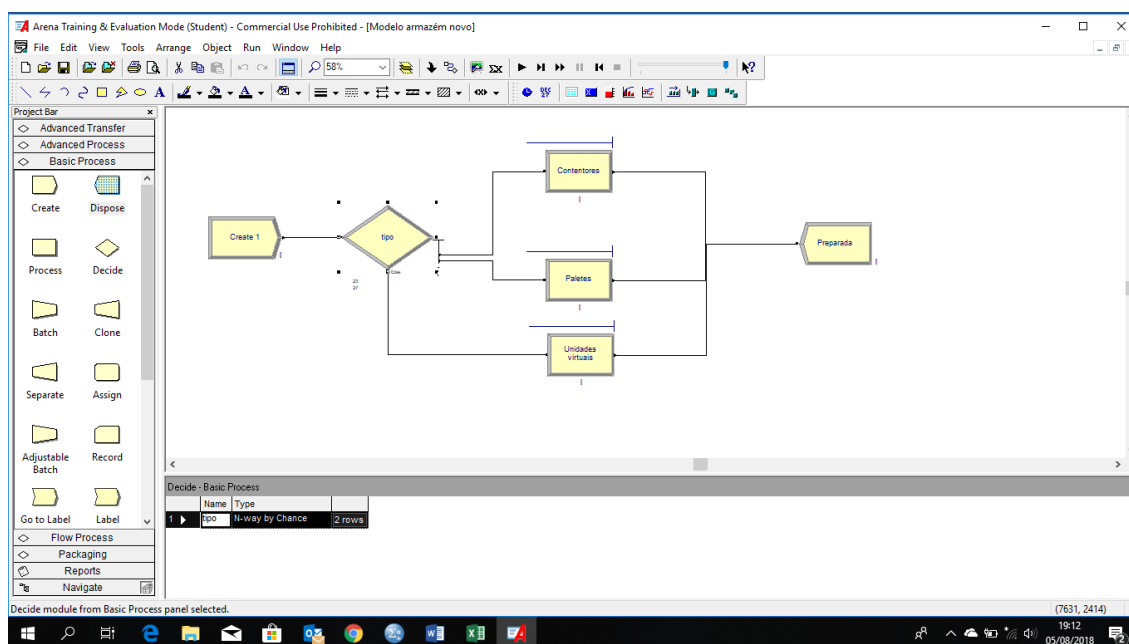


Figura 12 - Modelo definido no software de simulação arena

Na tabela 8, resume-se os dados de suporte e os pressupostos utilizados para o processo de modelação.

Tabela 8 - Dados de suporte à modelação

Tipos	Número de movimentações	Média atual	Média sugestão	Proporção
Contentores	975	14,1	10,9	0,23
Paletes	1154	21,8	19,9	0,27
Unidades virtuais	2190	20,7	16,4	0,51
Total	4319			
tempo entre pedidos	6,45	minutos		

Breve descrição do modelo:

Foram criados pedidos de acordo com uma distribuição exponencial de média 6,45 minutos. Os pedidos são encaminhados de acordo com a sua tipologia na proporção indicada na tabela: 23% contentores, 27% paletes e 51% unidades virtuais. Cada preparação é feita de forma diferente cujo tempo segue uma distribuição exponencial com médias de acordo com a informação da tabela.

As diferenças entre os resultados da situação atual e da situação nova (de acordo com as nossas sugestões de alteração das posições das referências) são unicamente causadas pela alteração dos tempos médios destas operações.

Foram simulados 22 dias de operação e os resultados estão disponíveis nos documentos anexos. No que se segue evidenciam-se os indicadores que permitiram perceber se a alteração do posicionamento proposto melhora o desempenho do armazém, e em que medida.

O número de pedidos que entraram no sistema e o número de encomendas prontas (saídas) encontra-se na seguinte Tabela 9:

Tabela 9 - Comparação entre Modelo Atual e Modelo Novo Simulado

	Nº médio de entradas	Nº médio de saídas	Pedidos não concretizados
Modelo atual	226,7	176,1	50,6
Modelo novo	225,9	194,4	31,5

Como se pode verificar, o número de entradas foi semelhante em ambas as simulações, mas o número de saídas foi maior no novo modelo. Isto significa que o número de pedidos efetivamente satisfeitos no próprio dia em que foram feitos aumentou com o novo modelo em cerca de 20 pedidos. Devemos referir ainda que os pedidos não satisfeitos não foram incluídos nos pedidos do dia seguinte e espera-se que a diferença entre o novo modelo e o modelo atual seja ainda mais evidente.

Notou-se, ainda, que o número médio de pedidos no sistema diminuiu de 27,2 para 18,6. Isto significa que o número médio de pedidos em espera para ser preparados, apesar de continuar a ser elevado, diminuiu bastante com o novo modelo. Na Tabela 10 apresentamos os valores do número médio de pedidos em espera para serem atendidos, por tipo de armazenamento, no modelo atual e no novo modelo.

Tabela 10 - Valores do número médio de pedidos em espera para serem atendidos, por tipo de armazenamento

	Contentores	Paletes	Unidades virtuais
Modelo atual	0,4	3	21,5
Modelo novo	0,2	3,2	13,1

Uma vez que se esta análise foi feita através de simulação devemos ter algum cuidado ao analisar os resultados com valores muito semelhantes, pois estes podem ser justificados pelo processo de simulação e não pela diferença entre os modelos em comparação. Assim, apesar do tempo de espera pelo atendimento reduzir para metade no caso dos contentores e aumentar um pouco no caso das paletes, a diferença absoluta dos valores situa-se apenas nas duas décimas. Já no que diz respeito às unidades virtuais, podemos verificar uma redução significativa das filas de espera de 21,5 para 13,1, com o novo modelo.

Se compararmos agora os valores máximos, as diferenças são mais evidentes, como se pode verificar na seguinte tabela:

Tabela 11 - Comparação entre valores máximos do Modelo Atual e do Modelo Novo

	Contentores	Paletes	Unidades virtuais
Modelo atual	10	18	68
Modelo novo	7	23	48

No que diz respeito aos contentores existe um número muito próximo no máximo de contentores em sistema, sendo o modelo atual um pouco melhor. No que diz respeito às paletes, a diferença também não é muito elevada, sendo um pouco melhor no modelo atual. A grande diferença surge nas unidades virtuais em que se nota uma grande diminuição no máximo atingido ao longo da simulação, de 68 unidade para 48 unidades.

Na Tabela 12 apresentam-se os tempos médio, em horas, de espera até ao início da preparação das encomendas verificados com o modelo atual e o modelo novo:

Tabela 12 - Tempos médio de espera, em horas, até ao início da preparação das encomendas

	Contentores	Paletes	Unidades virtuais
Modelo atual	0,2	1,12	4,46
Modelo novo	0,1	1,16	2,75

Como podemos verificar, as alterações na disposição trouxeram uma diminuição nos tempos de espera dos pedidos no sistema tanto para os contentores como para as unidades virtuais. No que diz respeito às paletes verificamos um ligeiro aumento nesses tempos. Em termos percentuais podemos afirmar que no que diz respeito aos contentores houve uma melhoria de 50%, no que diz respeito às unidades virtuais houve uma melhoria de aproximadamente 40% e que nas paletes a situação piorou em cerca de 4%.

Por fim vamos analisar as taxas de serviço de cada um dos servidores.

Tabela 13 - Taxas de Serviço, por servidor, Modelo Atual e Modelo Novo

	Contentores	Paletes	Unidades virtuais
Modelo atual	49%	82%	98%
Modelo novo	38%	78%	96%

Verificamos desde logo que as taxas de utilização na preparação das paletes e na preparação das unidades virtuais é muito elevada e que a taxa de utilização na preparação dos contentores é relativamente baixa. Acreditamos que no dia-a-dia o operador que trabalha com os contentores consiga ajudar os restantes operadores nas respetivas tarefas. No entanto, como esta informação não nos foi fornecida pela empresa não utilizamos este facto nos modelos de simulação.

Verificamos ainda que, com o novo modelo, as taxas de serviço se mantêm praticamente inalteradas. Desta forma, apesar dos indicadores anteriores nos mostrarem que com o novo modelo o armazém se tornou mais eficiente, este aspeto não se refletiu na ocupação dos operadores.

4 CONCLUSÕES

4.1 Principais Resultados

A empresa tem vindo a fazer uma adaptação às necessidades do mercado e a aumentar a sua capacidade produtiva. Os processos de armazenagem estão aqui enquadrados numa perspetiva de apoio à atividade principal que é a produção. Tal como foi já descrito, existem dois armazéns com objetivos distintos, mas cujos desempenhos estão interligados. Desta forma a análise de desempenho geral da armazenagem deverá sempre ser feita numa visão integrada.

Numa primeira abordagem dedicou-se a atenção ao primeiro armazém na linha de armazenagem, cujo desempenho influenciará as necessidades de desempenho e o layout do segundo armazém. Além disso, dada a evolução da empresa, este é o único armazém com histórico de desempenho.

Com a expansão da produção da empresa e com as limitações no espaço destinado ao armazém surge a necessidade urgente de reestruturar o armazém. Uma vez que a disposição dos armazéns não está considerada, surge então a possibilidade de redistribuir as referências com as quais a empresa trabalha.

Durante o trabalho surgiram algumas dificuldades. A forma como as encomendas do armazém 1 são preparadas não é sempre a mesma, depende, por exemplo, da urgência e do tipo de referências pedidas. Desta forma, optou-se por apresentar um modelo simplificado no qual se considera a forma de trabalhar idealizada pela gestão, com um servidor por cada tipo de armazenagem.

Apesar das limitações do modelo foi possível identificar algumas limitações no armazém como são o facto de não ser possível dar resposta atempada às encomendas do armazém 2. Este facto obriga o armazém 2 a disponibilizar mais espaço de armazenamento para as suas necessidades. Com a diminuição do tempo de resposta do armazém 1, seria possível reduzir o espaço de armazenamento necessário no armazém 2.

Com a análise feita à rotatividade das referências foi possível identificar alternativas ao atual modelo de armazenamento que permitem contribuir para a melhoria do desempenho do armazém, nomeadamente no que diz respeito ao tempo de preparação de uma encomenda. Tendo em conta que existe a necessidade de reduzir ao mínimo o número de viagens entre armazéns, o tempo de preparação de encomendas é fundamental para que os pedidos sejam respondidos evitando rotura de stock no armazém 2.

Com a ajuda da simulação foi possível verificar se as alterações propostas trariam melhorias no desempenho do armazém. Constatou-se que, com a exceção das propostas apresentadas para a alteração do posicionamento das referências armazenadas em paletes, todos os indicadores de desempenho sofreram grandes melhorias.

Embora tenha sido possível retirar conclusões interessantes no âmbito deste trabalho, sugerimos algumas recomendações para trabalhos futuros. Por um lado, pode-se melhorar o modelo, uma vez

que, em alguns períodos do dia, existe mais do que um servidor por tipo de armazenamento e que o manuseamento de um tipo de armazenamento influencia o tempo de manuseamento dos restantes, uma vez que partilham espaços comuns na preparação da encomenda. Por outro lado, sabemos que o tempo de preparação das encomendas no armazém 1 influencia a forma como o armazém 2 deve gerir o seu stock e que a política de gestão de stock do armazém 2 influencia os pedidos de encomenda feitos ao armazém 1. Desta forma o modelo adotado deverá ser feito integrando ambos os armazéns.

4.2 Limitações e Desenvolvimentos Futuros

No decurso do desenvolvimento deste projeto houve alguns aspetos que limitaram a profundidade da análise e a capacidade de modelar o sistema de armazenamento no simulador, por forma a fazer uma análise mais holística do funcionamento integral do sistema logístico e produtivo da empresa. Em especial, a fase de desenvolvimento do projeto coincidiu com um crescimento muito significativo das operações logísticas e de produção da empresa e isso fez com que não houvesse condições para análises muito aprofundadas, nem grande disponibilidade para aferir as implicações de certas mudanças.

Em seguida, a ausência de dados e a falta de sensibilidade de alguns *stakedolders* para alguns conceitos chave associados à modelação matemática de todo o sistema, em particular, com algumas ideias pré-concebidas que limitaram, de alguma forma, a perceção de valor associado a estes exercícios de dimensionamento industrial por intermédio da utilização de ferramentas de simulação. Por fim, e em situação de limite, procurou-se proceder a análises mais simplificadas e que fossem mais intuitivas. Os resultados apresentados relevam benefícios tangíveis, mas, simultaneamente, apontam à necessidade de proceder a análises mais aprofundadas e com o relaxamento de alguns pressupostos que permitam que a modelação emule o comportamento o mais próximo da realidade.

Contudo, considera-se que os resultados obtidos acrescentam valor à organização e, simultaneamente, serviram como alerta e inquietação dos principais *stakeholders* organizacionais sobre a temática e sobre as potencialidades que poderiam ser obtidas, caso esta abordagem fosse mais sistemática e regular. Principalmente como reforço de argumento negocial para evidenciar os *tradeoffs* obtidos entre os ganhos de eficiência e do correto dimensionamento organizacional face à produtividade necessária e o nível de serviço requeridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerman, K. B. e Van Bodegraven, A. (2007). *Fundamentals of supply chain management : an essential guide for 21st century managers*. DC Velocity Books.
- Ballou, R. H. (2003). *Business Logistics: Supply Chain Management* (5 edition). Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Bello, V. M. C. (2011). *Engenharia e Gestão Industrial*. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142798231/Tese.pdf>
- Bennett, N., e Lemoine, G. J. (2014, January 1). What VUCA Really Means for You. *Harvard Business Review*, (January–February 2014). Disponível em: <https://hbr.org/2014/01/what-vuca-really-means-for-you>
- Bond, J. (2013). Materials handling and manufacturing: Automation picks up speed. *Modern Materials Handling*, 68(1), pp. 38–43. Disponível em: http://search.proquest.com.ezproxy.library.wisc.edu/docview/1283348254?accountid=465%5Cnhttp://uw-primho.hosted.exlibrisgroup.com/openurl/WISC/wisc_services_page?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&sid=ProQ:ProQ:abigl
- Bortolotti, T., Boscari, S., e Danese, P. (2014). Successful lean implementation: Organizational culture and soft Lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160 (2015), 182-201. doi:10.1016/j.ijpe.2014.10.013
- Branco, D. M. P. (2013). *Análise e melhoria de processos de um armazém: caso de estudo*. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/11065>
- Calais, J. F. L. G. (2012). *Layout como factor determinante na eficiência do processo produtivo da indústria*. Disponível em: <http://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/2411>
- Carvalho, J. C. de. (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Edições Sílabo.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5 edition). Harlow, England : New York: FT Press.
- Cisco Eagle (2013). *Empty Pallet Storage Racks - Dock Door Overhead Racking*. Disponível em: <http://www.cisco-eagle.com/catalog/category/3042/over-dock-storage-racks>
- Courtois, A., Pillet, M., e Martin-Bonnefous, C. (2006). *Gestão da produção*. Lisboa: Lidel.
- CSCMP. (2010). *Council of Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Obtido em 15 de Outubro de 2017, de Council of Supply Chain Management Professionals: http://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx

- Cua, K. O., McKone, K. E., e Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management* 19(6), 675–694. doi:10.1016/S0272-6963(01)00066-3
- D'Angelo (2010). *Diez tips para un picking más eficiente*. Disponível em: <http://eldiariodeunlogistico.blogspot.com/2011/01/diez-tips-para-un-picking-mas-eficiente.html>
- Drury, J. e Falconer, P. (2003). *Buildings for industrial storage and distribution*. Routledge.
- Eisenstein, D. D. (2008). Analysis and optimal design of discrete order picking technologies along a line. *Naval Research Logistics*. Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company, 55(4), pp. 350–362. doi: 10.1002/nav.20289.
- Frazelle, E. H. (2002). *World-class warehousing and material handling*. McGraw-Hill. doi: 10.1036/9780071842839.
- Frazelle, E. H. (2015). *Inventory Strategy: Maximizing Financial, Service and Operations Performance with Inventory Strategy (1 edition)*. New York: McGraw-Hill Education.
- Frazelle, E. H. (2016). *World-Class Warehousing and Material Handling, Second Edition (2 edition)*. New York: McGraw-Hill Education.
- Gong, Y. e de Koster, R. B. M. (2011). A review on stochastic models and analysis of warehouse operations. *Logistics Research*, 3(4), pp. 191–205. doi: 10.1007/s12159-011-0057-6.
- Jacobs, F. R., Berry, W. L., Whybark, D. C., e Vollmann, T. E. (2018). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management: The CPIM Reference, 2E (2 edition)*. McGraw-Hill Education.
- Jacobs, F. R., e Chase, R. B. (2017). *Operations and Supply Chain Management (15 edition)*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Kochhar, J. S. e Heragu, S. S. (1999). Facility layout design in a changing environment. *International Journal of Production Research*. doi: 10.1080/002075499190590.
- Kotler, P., e Armstrong, G. (2012). *Principles of marketing*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Lam, C. H. Y., Choy, K. L. e Chung, S. H. (2010). Framework to measure the performance of warehouse operations efficiency. *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, pp. 634–639. doi: 10.1109/INDIN.2010.5549667.
- Lam, C. H. Y., Choy, K. L. e Chung, S. H. (2010). Framework to measure the performance of warehouse operations efficiency. In *2010 8th IEEE International Conference on Industrial Informatics*. IEEE, pp. 634–639. doi: 10.1109/INDIN.2010.5549667.
- Liebeskind, A. (2005). *How to optimize your warehouse operations: 150 Time Tested Ways to Reduce Handling and Increase Productivity*. Industrial Data And Information.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.

- Mann, D. (2014). *Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions, Third Edition (3 edition)*. Boca Raton: Productivity Press.
- Matthews, D. (2011). *The A3 Workbook Unlock your Problem-Solving Mind*. New York: Productivity Press.
- Melton, T. (2005). The benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673. doi:10.1205/cherd.04351
- Napolitano, M. (2017). *The Time, Space & Cost Guide to Better Warehouse Design, Second Edition (2nd edition)*. New York: Distribution Group.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Pan, J. C. H. e Wu, M. H. (2012). *Throughput analysis for order picking system with multiple pickers and aisle congestion considerations*, *Computers and Operations Research*. doi: 10.1016/j.cor.2011.09.022.
- Peixoto, R. T. (2015). *Validação de design de armazém automatizado com uso de simulação discreta*. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/38354>
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Poon, T. C., Choy, K. L., Chow, K. H., Lau, C. W., Chan, T. S. e Ho, K. C. (2009). A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses. *Expert Systems with Applications*. Pergamon, 36(4), pp. 8277–8301. doi: 10.1016/j.eswa.2008.10.011.
- Richards, G. (2017). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (3 edition)*. New York: Kogan Page.
- Richards, G. e Grinsted, S. (2016). *The Logistics and Supply Chain Toolkit: Over 100 Tools and Guides for Supply Chain, Transport, Warehousing and Inventory Management (Second edition)*. London ; Philadelphia: Kogan Page.
- Robeson, J. F., Copacino, W. C. e Howe, R. E. (1994). *The logistics handbook*. The Free Press. Disponível em: https://books.google.pt/books/about/The_Logistics_Handbook.html?id=F3C1AAAAIAAJ&redir_esc=y

- Rogers, L. K. (2011). Supply chain software basics: The enterprise level. *Modern Materials Handling*, p. 30,32,34. Disponível em:
<http://search.proquest.com/docview/906365078?accountid=10297>
- Rother, M. e Shook, J. (1999). *Learning to see : value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Roux, M. e Liu, T. (2010). *Optimisez votre plate-forme logistique exercices corrigés : calcul des dimensions, des temps, des coûts : CD-Rom pour l'audit*. Eyrolles.
- Rushton, A., Croucher, P. e Baker, D. P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain (6 edition)*. London, United Kingdom: Kogan Page.
- Salgado, E. G., Mello, C. H., da Silva, C. E., Oliveira, E. d. e de Almeida, D. A. (Jul.-Set. de 2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação. *Gest. Prod., São Carlos*, v. 16, n. 3, 344-356.
- Saunders, M., Lewis, P. e Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Shah, R. e Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129–149. doi:10.1016/S0272-6963(02)00108-0
- Shah, R., 3 Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. doi:10.1016/j.jom.2007.01.019
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Portland, Oregon: Productivity.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. e Simchi-Levi, E. (2008). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, McGraw-Hill.
- Sobek II, D. e Smalley, A. (2008). *Understanding A3 thinking: a critical component of Toyota's PDCA management*. New York: Productivity Press.
- Stevenson, W. J. (2017). *Operations Management (13 edition)*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações Lean: Metodologia kaizen para melhoria contínua*. Mansores: LeanOp.
- Suzaki, K. (2013). *Gestão no chão de fábrica Lean: Sustentando a melhoria contínua todos os dias*. Rio Meão: LeanOp Press.
- Sykes, D. (1994). Planning for Excellence in Materials Handling. *Logistics Information Management*, 7(6), pp. 10–12. doi: 10.1108/09576059410071763.

- Tompkins, J. A. e Smith, J. D. (1998). *The Warehouse Management Handbook*.
- Twede, D. e Selke, S. E. M. (2005). *Cartons, crates and corrugated board : handbook of paper and wood packaging technology*. DEStech Publications.
- Vilares, M. J. e Coelho, P. S. (2011). *Satisfação e lealdade do cliente: Metodologias de avaliação, gestão e análise*. Lisboa: Escolar Editora.
- Wanke, P. F. e Magalhães, A. (2012). *Logística para micro e pequenas empresas*. Atlas Editora.
- Waters, D. e Rinsler, S. (Eds.). (2014). *Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management (Seventh edition)*. London ; Philadelphia: Kogan Page.
- Womack, J. P. (2006). Value stream mapping. *Manufacturing Engineering*, 136(5), 145–156. doi:10.1002/9781118592977.ch18
- Womack, J. P., Jones, D. T. e Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: MacMillan.
- Womack, J. e Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T. e Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry (Reprint edition)*. New York, NY: Free Press.

ANEXOS

SIMULAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

SIMULAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Values Across All Replications	
Unnamed Project	

Replications: 22

Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	176

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.3069	0,01	0.2700	0.3585	0.00010637	2.8179
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2.1487	0,23	1.0868	3.1699	0.00	13.5849
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	2.4556	0,24	1.3911	3.5156	0.00015851	13.6173

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	226.73	6,48	204.00	257.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	176.09	4,63	158.00	199.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	27.1845	3,32	12.5734	41.3391	0.00	77.0000

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Contentores.Queue	0.1991	0,10	0.03772510	1.1399	0.00	3.0623
Paletes.Queue	1.1205	0,38	0.2217	4.0743	0.00	6.8342
Unidades virtuais.Queue	4.4591	0,57	1.7021	6.9546	0.00	13.5849

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Contentores.Queue	0.4438	0,25	0.07702207	2.8702	0.00	10.0000
Paletes.Queue	2.9890	1,00	0.5221	10.4726	0.00	18.0000
Unidades virtuais.Queue	21.4666	3,15	7.5928	33.5466	0.00	68.0000

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	0.4862	0,05	0.3324	0.8250	0.00	1.0000
Operador PAL	0.8150	0,05	0.6283	0.9591	0.00	1.0000
Operador VH	0.9839	0,01	0.9023	1.0000	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	0.4862	0,05	0.3324	0.8250	0.00	1.0000
Operador PAL	0.8150	0,05	0.6283	0.9591	0.00	1.0000
Operador VH	0.9839	0,01	0.9023	1.0000	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador PAL	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador VH	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Operador CON	0.4862	0,05	0.3324	0.8250		
Operador PAL	0.8150	0,05	0.6283	0.9591		
Operador VH	0.9839	0,01	0.9023	1.0000		



Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Operador CON	50.0000	2,60	39.0000	60.0000
Operador PAL	57.1364	2,71	46.0000	68.0000
Operador VH	71.4545	2,82	57.0000	81.0000



Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	194

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Entity

Time						
VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.2597	0,01	0.2265	0.3056	0.00000236	2.1971
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1.5554	0,28	0.4779	3.0377	0.00	9.7932
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	1.8151	0,28	0.7145	3.3029	0.00053126	10.0415
Other						
Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	225.91	8,61	194.00	264.00		
Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Entity 1	194.36	5,28	175.00	213.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	18.5810	3,39	6.4201	35.5843	0.00	62.0000

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Contentores.Queue	0.1018	0,03	0.02066703	0.2667	0.00	1.5997
Paletes.Queue	1.1559	0,42	0.2005	3.4692	0.00	5.8920
Unidades virtuais.Queue	2.7504	0,56	0.6975	5.6945	0.00	9.7932

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Contentores.Queue	0.2245	0,07	0.03444505	0.6446	0.00	7.0000
Paletes.Queue	3.1677	1,28	0.5382	9.6636	0.00	23.0000
Unidades virtuais.Queue	13.0619	2,77	2.8601	26.8472	0.00	48.0000

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	0.3802	0,03	0.2465	0.5569	0.00	1.0000
Operador PAL	0.7826	0,06	0.5631	1.0000	0.00	1.0000
Operador VH	0.9641	0,02	0.8968	1.0000	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	0.3802	0,03	0.2465	0.5569	0.00	1.0000
Operador PAL	0.7826	0,06	0.5631	1.0000	0.00	1.0000
Operador VH	0.9641	0,02	0.8968	1.0000	0.00	1.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Operador CON	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador PAL	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Operador VH	1.0000	0,00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Operador CON	0.3802	0,03	0.2465	0.5569		
Operador PAL	0.7826	0,06	0.5631	1.0000		
Operador VH	0.9641	0,02	0.8968	1.0000		



Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 22 Time Units: Hours

Resource

Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Operador CON	52.0909	3,04	40.0000	64.0000
Operador PAL	57.0909	2,64	49.0000	66.0000
Operador VH	87.5000	3,99	75.0000	113.00

