



# Desenvolvimento de uma Metodologia para Dimensionamento dos Stocks de Produtos em Curso de Fabrico

FÁBIO MIGUEL MENDES ALVES

outubro de 2024

# **Desenvolvimento de uma Metodologia para Dimensionamento dos Stocks de Produtos em Curso de Fabrico**

**Fábio Miguel Mendes Alves**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em  
Gestão Industrial**

**Orientador: Doutor André Borges Guimarães Serra e Santos**

**Júri:**

Presidente:

António Gonçalves Magalhães, Professor Coordenador, ISEP

Vogais:

André Borges Guimarães Serra e Santos, Professor Adjunto Convidado, ISEP

Maria Leonilde Rocha Varela, Professora Associada com Agregação, UMinho

Porto, setembro 2024



# Agradecimentos

Começo por agradecer à empresa Feritex que me ofereceu a oportunidade de realizar este trabalho. Agradeço a todos os colaboradores que de uma forma ou de outra, me ajudaram neste projeto oferecendo o seu tempo para responder a algumas questões, disponibilizando informações assim como sugestões.

A toda a minha família que me apoiou nesta dissertação. Um agradecimento em especial aos meus pais, irmãs e cunhados que além do apoio, foram uma fonte de motivação e paciência para que tivesse uma melhor educação e formação.

Aos meus amigos que tiveram ao meu lado e que sempre me apoiaram nesta jornada e sempre me incentivaram a evoluir.

Ao meu orientador da faculdade, Professor Doutor André Serra e Santos, por todas as críticas construtivas assim como o conhecimento partilhado. Pelo apoio, incentivo e colaboração ao longo deste trabalho que me ajudaram imenso.



# Resumo

Realizar uma boa gestão de *stock*, nem sempre é uma tarefa fácil. É uma atividade que requer uma gestão cuidada por parte da organização pois é quem dita a produção da empresa. Se existem produtos suficientes no armazém, não se deve produzir, se não, tem de se produzir. Nesse sentido é necessário saber as quantidades dos diferentes produtos existentes no armazém assim como controlar as encomendas dos clientes por forma a determinar se existem artigos suficientes para satisfazer os compradores. Uma gestão de *stock* eficaz permite resolver problemas como a falta ou excesso de *stock* assim como a diminuição de custos com a manutenção dos produtos.

Na ótica de querer melhorar a gestão de *stock* numa empresa produtora de embalagens plásticas e produtos de limpeza, começou-se por efetuar uma pesquisa bibliográfica sobre os principais pontos de *stock* assim como SMED, pois a empresa gostaria de diminuir os tempos de *setup* das máquinas de produção de embalagens plásticas. Após esta revisão bibliográfica foram definidas as três metodologias aplicadas neste projeto de gestão de *stock*. Sendo a primeira, a análise ABC que permitiu identificar os produtos com mais impacto financeiro pela empresa que são os quais este trabalho tem foco. A segunda metodologia, a previsão de vendas pois permite calcular as vendas futuras de cada produto com base dos seus dados históricos. Foram usados os modelos de previsão Holt-Winters Duplo, Holt-Winters Triplo, regressão linear assim como uma ferramenta desenvolvida em *Microsoft Excel*. A aplicação de diferentes métodos viabiliza a identificação daquele que melhor se adapta à previsão de cada produto com base do erro de previsão. A terceira metodologia é a aplicação de um MRP (*Material Requirement Planning*) que permite calcular a quantidade de *stock* presente no armazém e planear o lançamento de ordens de fabrico a tempo para evitar a rotura de *stock*. Não dispondo de qualquer *software* de gestão de *stock* na empresa, estas metodologias foram desenvolvidas no programa *Microsoft Excel* e foi programado um protótipo em linguagem VBA para cada uma delas.

Os resultados obtidos pela ferramenta de previsão de vendas mostraram precisão quando comparados com as vendas reais dos produtos. Isso leva a querer que a previsão realizada é viável e pode ser explorada. Já o protótipo MRP, mostrou ser capaz de controlar a produção dos produtos estudados, propondo uma data de lançamento de produção dos mesmos e calculando, automaticamente, o *stock* atual no armazém.

Graças aos bons resultados obtidos pela ferramenta de previsão de vendas, assim como a implementação de um MRP, a empresa foi capaz de implementar melhorias a sua gestão de produção, bem como a sua gestão de *stock*, e assim, aumentar a sua eficácia.

**Palavras-chave:** Gestão de *Stock*, Previsão, MRP, SMED



# Abstract

Carrying out effective stock management is not always an easy task. It is an activity that requires careful management by the organization as it dictates the company's production. If there are enough products in the warehouse, production should not proceed, if not, production must occur. In this sense, it is necessary to know the quantities of the different products available in the warehouse as well as to monitor customer orders to determine if there are enough items to satisfy buyers. Effective stock management helps solve problems such as stock shortages or surpluses, as well as reducing costs associated with product maintenance.

With the aim of improving stock management in a company that produces plastic packaging and cleaning products, a bibliographic search was first conducted on key stock management points as well as SMED, as the company wanted to reduce the setup times of plastic packaging production machines. After this bibliographic review, three methodologies were defined and applied in this stock management project. The first methodology was the ABC analysis, which allowed the identification of the products with the greatest financial impact on the company, which are the focus of this work. The second methodology was sales forecasting, as it allows the calculation of future sales for each product based on their historical data. The forecasting models used were Holt-Winters Double, Holt-Winters Triple, linear regression, as well as a tool developed in *Microsoft Excel*. The application of different methods makes it possible to identify the one that best suits the forecast of each product based on the forecasting error. The third methodology was the application of an MRP (Material Requirement Planning) system, which allows the calculation of the stock quantity present in the warehouse and planning the release of production orders in time to avoid stockouts. As the company did not have any stock management software, these methodologies were developed in *Microsoft Excel*, and a prototype was programmed in VBA language for each of them.

The results obtained by the sales forecasting tool showed accuracy when compared to the actual sales of the products. This suggests that the forecast made is feasible and can be further explored. The MRP prototype proved to be capable of controlling the production of the studies products, proposing a production release date for them and automatically calculating the current stock in the warehouse.

Thanks to the good results obtained by the sales forecasting tool, as well as the implementation of an MRP, the company was able to implement improvements in its production management, as well as its stock management, thereby increasing its efficiency.

**KEYWORDS:** Inventory Management, Forecast, MRP, SMED



# Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Estrutura do Relatório.....	2
2. Revisão Bibliográfica .....	3
2.1. Introdução.....	3
2.2. Tipologia dos Sistemas de Produção.....	3
2.2.1. Implantação .....	4
2.2.2. Quantidades produzidas de um mesmo produto .....	4
2.2.3. Fluxo dos materiais .....	5
2.2.4. Relação com o cliente ou método operativo.....	6
2.3. PPCP .....	7
2.4. Escalonamento .....	7
2.5. Previsão .....	8
2.6. Gestão de <i>Stock</i> .....	9
2.6.1. Objetivos da Gestão de <i>Stock</i> .....	9
2.6.2. Análise ABC .....	10
2.6.3. Quantidade Económica de Encomenda .....	11
2.6.4. Silver-Meal .....	11
2.7. SMED e seus objetivos .....	12
2.8. Pesquisa Bibliométrica .....	13
2.8.1. Pesquisa Bibliométrica da Gestão de <i>Stock</i> .....	14
2.8.2. Pesquisa Bibliométrica do SMED .....	15
2.9. Apresentação dos casos de estudo .....	16
2.9.1. “Optimization of the cold profiling process through SMED” (Vieira et al., 2019)	16
2.9.2. “The Human-Centric SMED” (Fonda & Meneghetti, 2022) .....	18
2.9.3. “Smart Inventory Management System of Food-Processing-and-Distribution Industry” (Liang, 2013) .....	20
2.9.4. “Gestão de Estoque: Um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte de Jaguaré” (Pereira et al., 2015).....	22
2.10. Análise crítica da revisão bibliográfica .....	23
2.10.1. Caminhos futuros .....	23
2.10.2. Conclusão da revisão bibliográfica .....	24
3. Métodos e Aplicação.....	25

3.1. Apresentação da empresa .....	25
3.1.1. O Problema .....	26
3.2. Análise ABC.....	27
3.2.1. Sobreprodução.....	29
3.3. Previsão .....	31
3.3.1. Ferramenta de previsão do <i>Microsoft Excel</i> .....	32
3.3.2. Ferramentas de previsão Holt-Winters .....	37
3.3.3. Ferramenta de previsão Regressão Linear .....	40
3.3.4. Tabela de dados .....	41
3.4. MRP .....	42
3.5. Ferramenta VBA .....	44
3.5.1. Protótipo da previsão de vendas .....	44
3.5.2. Demonstrador MRP .....	45
3.6. Identificação de problemas.....	47
3.6.1. Indústria 3.0.....	47
3.6.2. Máquinas antigas .....	48
3.6.3. Perda de informação por causa de papéis.....	48
3.6.4. Armazém .....	49
3.7. Inteligência de Negócios .....	49
4. Resultados e Discussão .....	51
4.1. Resultados da Previsão.....	51
4.1.1. “Produto 1” .....	51
4.1.2. “Produto 2” .....	52
4.1.3. “Produto 3” .....	53
4.1.4. “Produto 4” .....	54
4.1.5. “Produto 5” .....	55
4.1.6. “Produto 6” .....	56
4.2. Resultados com o demonstrador MRP .....	57
4.3. Discussão de resultados .....	60
5. Conclusão .....	63
5.1. Conclusões finais.....	63
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	64

# Lista de Figuras

Figura 1 - Curva ABC (Lustosa & Mesquita, 2008) .....	10
Figura 2 - Valor ótimo de T (Müller Guerini et al., 2014) .....	12
Figura 3 - Posto do trabalho antes do SMED (Stadnicka, 2015) .....	13
Figura 4 - Posto do trabalho depois do SMED (Stadnicka, 2015).....	13
Figura 5 - Número de citações e publicações sobre a Gestão de Stock ao longo do tempo (Web Of Science) .....	14
Figura 6 - Número de publicações por área de especialização (Web Of Science) .....	14
Figura 7 - Classificação das palavras-chave sobre a Gestão de Stock (VOSviewer) .....	15
Figura 8 - Número de citações e publicações sobre o SMED ao longo do tempo (Web Of Science) .....	15
Figura 9 - Número de publicações por área de especialização (Web Of Science) .....	16
Figura 10 - Classificação das palavras-chave sobre o SMED (VOSViewer).....	16
Figura 11 - Análise das tarefas do trabalhador (Fonda & Meneghetti, 2022) .....	19
Figura 12 - Comparação da previsão de armazenamento (Lianga, 2013) .....	21
Figura 13 - Curva ABC (Pereira et al., 2015).....	22
Figura 14 - Layout do chão de fábrica.....	26
Figura 15 - Gráfico da Análise ABC dos produtos vendidos com embalagem .....	27
Figura 16 - Comparação entre a teoria e a realidade nos resultados da análise ABC .....	28
Figura 17 - Comparação entre a Quantidade em % e o Valor em %.....	28
Figura 18 - Quantidades de rolhas .....	29
Figura 19 - Exemplo de nomenclatura dada para um único artigo.....	29
Figura 20 - Identificação de um artigo de tipo Jerrican .....	30
Figura 21 - Introdução de dados para a previsão do produto "Produto 4" .....	33
Figura 22 - Dados obtidos na previsão para o produto "Produto 4" .....	34
Figura 23 - Gráfico dos dados obtidos com linha da tendência do produto "Produto 4" .....	35
Figura 24 - Exemplo do produto "Produto 5" com sazonalidade .....	36
Figura 25 - Tabela de previsão com a ferramenta Excel para o produto " Produto 4" .....	37
Figura 26 - Interface "Lista de Artigos" .....	44
Figura 27 - Interface "Previsão" .....	45
Figura 28 - Demonstrador MRP .....	46
Figura 29 - "Produto 1" .....	52
Figura 30 - "Produto 2" .....	53
Figura 31 - "Produto 3" .....	54
Figura 32 - "Produto 4" .....	55
Figura 33 - "Produto 5" .....	56
Figura 34 - "Produto 6" .....	57
Figura 35 - Cálculo MRP para o mês de janeiro 2024 .....	58
Figura 36 - Cálculo MRP para o mês de fevereiro 2024.....	59
Figura 37 - Cálculo MRP para o mês de março 2024 .....	60



# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Método Holt-Winters Duplo para o produto "Produto 6" .....	38
Tabela 2 - Método Holt-Winters Triplo para o produto "Produto 6" .....	40
Tabela 3 - Método Regressão Linear para o produto "Produto 6" .....	41
Tabela 4 - Tabela de Dados para o produto "Produto 6" .....	42



# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
PPCP	Planeamento, Programação e Controlo da Produção
PDP	Plano Diretor de Produção
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
QEE	Quantidade Económica de Encomenda
ETO	<i>Engineer-to-Order</i>
MTO	<i>Make-to-Order</i>
ATO	<i>Assemble-to-Order</i>
MTS	<i>Make-to-Stock</i>
H-SMED	<i>Human-Centric SMED</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
QFR	<i>Quantity, Frequency and Recency</i>
LIFO	<i>Last In First Out</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
EQ	Erro Quadrático
EQM	Erro Quadrático Médio
IoT	<i>Internet of Things</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>



# 1. Introdução

Neste capítulo é realizada a introdução da dissertação onde é apresentado o enquadramento da mesma, os principais objetivos do projeto, a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo e, finalmente, a estrutura deste trabalho.

## 1.1. Enquadramento

Durante a realização de um estágio no quadro da Unidade Curricular Dissertação / Projeto / Estágio no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica na área de especialização Gestão Industrial, foi elaborado esta Tese de Mestrado sobre os temas da Gestão de *Stock* assim como SMEDs. Este primeiro tópico é abordado no quadro de uma empresa produtora de produtos de limpeza assim como dos seus devidos recipientes plásticos. Estes últimos são produzidos como produto acabado, mas também são utilizados no processo fabril como produto em curso de fabrico para posteriormente serem cheios com detergentes e outros. A produção destes plásticos é desordenada e a empresa procura uma solução para o efeito pois o *stock* de embalagens acumula-se no chão de fábrica o que causa problemas de organização. Este problema levou diretamente ao tema da Gestão de *Stocks* pois é o foco de várias metodologias tais como o MRP (*Material Requirement Planning*), a análise ABC, da heurística *Silver-Meal*, etc. Com o estudo destes métodos, foi desenvolvida uma solução ao problema enunciado para a melhoria da gestão do armazém da fábrica. Outro problema enunciado pela empresa são os tempos de *setup* das máquinas de produção de embalagens, pois a troca de moldes é um processo longo que a organização gostava de diminuir utilizando a metodologia SMED.

## 1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia capaz de solucionar os problemas enunciados pela empresa, nomeadamente, os problemas de gestão de *stocks* de produtos em processo de fabrico e à diminuição dos tempos de *setup* nas máquinas de embalagens.

Para conseguir desenvolver essa metodologia é necessário identificar uma ferramenta de gestão de *stock* que possa ser implementada na empresa e permita melhorar a gestão do armazém. O mesmo método será aplicado ao SMED onde é necessário estudar os *setups* para desenvolver uma solução que permita a diminuição do tempo de realização dos mesmos.

### 1.3. Metodologia

Durante este trabalho, foi utilizada uma abordagem dedutiva que é iniciada com a elaboração de uma teoria que permite desenvolver uma hipótese. Esta deverá ser testada de maneira que seja confirmada ou não (Luiz et al., 2009).

Pretende-se, depois da pesquisa bibliográfica, desenvolver uma hipótese capaz de solucionar os problemas da empresa e depois do procedimento de testes, fornecer uma solução de melhoria à empresa. A solução proposta deve melhorar a gestão de *stock* em curso de fabrico da empresa e diminuir o tempo de *setup* das máquinas produtoras de embalagens.

A estratégia utilizada durante este estudo foi a *Action Research* seguindo uma abordagem positivista. A estratégia *Action Research* envolve a ação e a investigação num processo cíclico de forma que posteriormente, os dados obtidos sejam tratados com base da experiência obtida anteriormente. Existem cinco etapas nesta metodologia (Oliveira et al., 2019):

- Diagnóstico: identificação, planeamento e análise de dados
- Planeamento de Ação: desenvolvimento das melhorias a implementar no sistema
- Execução: implementação das melhorias
- Avaliação: levantamento de dados e avaliação dos mesmos
- Especificação do conhecimento: trabalhos futuros com base de melhoria contínua

A abordagem positivista ao *Action Research* pretende que o estudo realizado seja uma experiência social onde o intuito é testar hipóteses num caso de estudo real.

### 1.4. Estrutura do Relatório

Este relatório está dividido em cinco capítulos distintos.

No primeiro capítulo encontra-se a introdução ao relatório onde está exposto um enquadramento ao problema que será abordado durante o estágio, assim como o procedimento utilizado no desenvolvimento da redação do relatório.

No segundo capítulo encontra-se a revisão bibliográfica onde está exposto toda a pesquisa teórica sobre os diferentes temas abordados, assim como alguns casos de estudo. São apresentados alguns trabalhos futuros a desenvolver sobre os temas descritos assim como uma conclusão sobre o segundo capítulo reagrupando as informações obtidas.

O terceiro capítulo descreve a empresa, explica o problema ao qual a empresa enfrenta, expõe as metodologias utilizadas no trabalho que permitiram resolver o problema.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das metodologias propostas e é feita uma discussão sobre os mesmos.

No quinto capítulo encontram-se as conclusões da dissertação e são apresentados alguns trabalhos futuros.

## 2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentado a revisão bibliográfica onde é explicado o estudo teórico dos temas relevantes necessários à realização deste trabalho, nomeadamente, os principais pontos de *stock* e SMEDs.

### 2.1. Introdução

Um dos principais objetivos de uma empresa é aumentar a produção e diminuir os custos. Para esse feito, é fundamental implementar metodologias capazes de aumentar a eficiência e a eficácia desse processo. Porém, não basta só produzir. Também é necessário guardar o produto acabado ou, caso seja necessário, guardar o produto em curso de fabrico. Manter uma produção sem paragens, com um fluxo de processamento constante e limitando ao máximo o recurso ao *stock* é o objetivo de muitas empresas. Daí a importância desta revisão bibliográfica, porque nela encontram-se alguns dos pontos fundamentais para a redução de *stock* e o aumento da eficiência e eficácia.

### 2.2. Tipologia dos Sistemas de Produção

As empresas estão sempre à procura de soluções para produzir de maneira mais eficiente. Para tal, procuram implementar sistemas de produção adequados às suas necessidades de forma a diminuir os custos e aumentar a rentabilidade. A Tipologia dos Sistemas de Produção, é uma ferramenta que ajuda as organizações a definir um sistema que melhor se adapta ao seu processo. Um sistema pode ser descrito como um conjunto de partes que interagem entre si e que são interdependentes. Estas partes operam de maneira conjunta na realização de atividades que têm vários objetivos ou propósitos definidos (Thays et al., 2009). Existem vários sistemas de produção adequados aos requisitos das empresas. Seguindo uma lista não exaustiva, são descritos nos próximos capítulos os sistemas com as classificações mais utilizadas (Ávila & Bastos, 2022):

- Implantação dos equipamentos;
- Quantidades produzidas de um mesmo produto;
- Fluxo dos materiais;
- Relação com o cliente ou método operativo.

### 2.2.1. Implantação

A implantação refere-se à disposição física dos recursos produtivos para poder realizar os processos. Um bom arranjo físico permite um sistema produtivo eficiente, mas também viabiliza um bom aproveitamento do espaço disponível que resulta na diminuição de trajetos, traduzindo-se na diminuição de tempo perdido nos mesmos. Para garantir que isso seja possível é necessário elaborar um *layout* onde homens, máquinas e equipamentos estejam dispostos de forma a melhorar a comunicação, a organização, a eficiência e a eficácia (Ferreira et al., 2012).

A relação Q/P (sendo “P” os diferentes tipos de produtos que são produzidos e “Q” o número de artigos a produzir) define o tipo de implantação a adotar (Ávila & Bastos, 2022).

- Q/P elevado: preconiza-se a implantação em linha pois diminui os *stocks* de produtos em curso de fabrico. É indicada quando a diversidade dos artigos a produzir é baixa e espera-se uma grande quantidade dos mesmos pois seguem sempre a mesma gama operatória.
- Q/P baixo: preconiza-se a implantação funcional. Isto resulta quando as quantidades a produzir são baixas, mas tem uma grande diversidade de produtos a produzir. Isto implica organizar várias gamas operatórias para os distintos artigos a confeccionar.
- Q/P médio: fruto de quantidades de produtos médias, existe uma variedade média de artigos em que os processos de fabrico são semelhantes. Neste modo, preconiza-se a implantação em célula de fabrico.
- Q/P = 1: implantação por projeto. Quando é produzido uma única peça. Geralmente provém de uma encomenda específica em que os processos de fabrico são organizados na produção da mesma.
- A implantação em fluxo contínuo é similar da implantação funcional pois o processo de fabrico é sequencial. Porém, nesta implantação as operações dependem das precedentes e funcionam em fluxo contínuo. Um exemplo deste tipo de procedimento é a fabricação de carros em que a linha de produção está em constante funcionamento e as operações estão interligadas.
- A implantação de produção flexível é um sistema automatizado capaz de responder rapidamente às mudanças do mercado. Isto permite que o processo de fabrico seja informatizado para o poder reconfigurar de forma eficaz e sem interrupções significativas.

### 2.2.2. Quantidades produzidas de um mesmo produto

A produção é o símbolo de uma boa economia para a empresa pois acrescenta valor à empresa. Neste capítulo vão ser apresentados os diferentes tipos de capacidade produtiva utilizados na indústria.

Grandes séries são caracterizadas pelo facto do produto acabado ser de baixo custo e de alta produtividade, porém a capacidade de produzir diferentes artigos é pequena (Hu, 2013). Esta abordagem permite à empresa de se estabilizar economicamente pois a produção é pouco complexa, não é necessário mão de obra qualificada e pouca tecnologia envolvida (Carvalho Machado & Araújo de Moraes, 2009).

A produção em fluxo contínuo permite que a matéria-prima se mova ao longo da linha de produção até chegar ao produto acabado. Este sistema viabiliza uma linha de produção por produto onde as operações são repetidas de forma contínua (Perales, 2001). Os equipamentos atuam de forma interligada e interdependente, onde cada um deles deve efetuar operações distintas. Um dos inconvenientes a salientar é a falta de flexibilidade do modelo, onde só é possível produzir um produto por linha de produção (De Toledo et al., 1986).

Já as pequenas produções são caracterizadas pela diversidade de produtos fabricados, obrigando a estabelecer uma gama operatória para cada artigo elaborado (Perales, 2001). A produção depende das encomendas, o que contrai à empresa de recorrer a *stocks* intermediários para poder responder à demanda rapidamente e evitar longos *lead times* na produção completa do produto (Kukułka & Wirkus, 2017).

A produção unitária provém de uma encomenda específica. Os produtos que advêm deste tipo de produção são, na maioria dos casos, artigos únicos pois eles devem de responder aos requisitos específicos de um só cliente, são complexos por si mesmo e a sua fabricação complicada (Grabenstetter & Usher, 2015).

### **2.2.3. Fluxo dos materiais**

O fluxo de um sistema de produção consiste na fluência em que um produto é produzido. Espera-se que a produção do artigo seja o mais fluente possível. É necessário manter um controlo na produção de forma a evitar todo o tipo de bloqueios durante a mesma para evitar turbulências e preservar a boa eficiência (Ávila & Bastos, 2022). Existem vários tipos de fluxo: fluxo contínuo, fluxo intermitente.

O fluxo contínuo encontra-se frequentemente em processos de produção automatizados com pouca flexibilidade. Neste tipo de processos, o produto tende para a uniformidade onde existem poucas variações do produto, mas também onde a sequência do processo é interdependente. Este tipo de fluxos é muitas vezes utilizado quando é necessária uma alta quantidade de artigos (Lustosa & Mesquita, 2008).

O fluxo intermitente por sua vez aparece quando um processo é repetitivo ou no caso de uma produção por projeto. A repetição aparece, pois a produção adapta-se ao produto permitindo a flexibilidade do mesmo. O fluxo intermitente também é caracterizado na presença de lotes, onde cada lote sofre uma ou várias variações no seu processo de fabrico. A engenharia por encomenda é, quanto a ela, uma produção altamente flexível. Os produtos que derivam deste tipo de fabrico são encomendas específicas pedidas pelo cliente onde só algumas unidades são fabricadas. Não existe então uma produção contínua do produto (Lustosa & Mesquita, 2008).

O fluxo misto é uma mistura dos dois fluxos mencionados anteriormente. Isto resulta do fabrico de um produto que passa por duas ou mais fases de processamento onde um (ou vários) desses processos é caracterizado(s) pelo fluxo contínuo e outro(s) é(são) caracterizado(s) pelo fluxo intermitente (Thays et al., 2009).

#### **2.2.4. Relação com o cliente ou método operativo**

A relação com o cliente é uma das partes mais importantes do ciclo produtivo. A empresa precisa de estar preparada para o atendimento de novas encomendas provenientes dos clientes que pretendem certos requisitos de um produto. A antecipação à procura define que a empresa deve responder às necessidades do cliente de forma eficaz e eficiente mesmo que as procuras sejam previsíveis ou variáveis (Ávila & Bastos, 2022).

Esta antecipação à procura depende do tipo de relação com o cliente. Existem quatro tipos de relação com o cliente:

- **ETO**

A ETO (*Engineer-to-Order*) ou engenharia por encomenda, permite ao cliente de idealizar um produto, e encomendá-lo a uma empresa especializada seguindo os requisitos definidos (Willner et al., 2014). Neste sistema, o principal inconveniente são os *lead times*, uma vez que é dedicado um tempo considerável no processo de conceção do projeto que só é iniciado uma vez que todo o processo de engenharia tenha terminado (Grabenstetter & Usher, 2015). Os produtos que decorrem deste sistema são geralmente unitários, razão pela qual este é o processo de produção mais longo em termos de relação com o cliente, pois eles são altamente personalizáveis e complexos.

- **MTO**

Na MTO (*Make-to-Order*) ou fabrico por encomenda, a empresa já dispõe de todo o processo de fabrico do produto, porém só é iniciada a produção quando um cliente faz uma encomenda pois, geralmente, a produção é muito personalizável e elaborada (Willner et al., 2014). Cada encomenda é realizada individualmente visto que esta pode variar de um cliente para outro (Americo & Costa, 2019). Porém, pode existir 2 tipos de datas de entrega. De um lado onde o cliente define uma data de entrega e por outro lado a data de entrega é definida pela empresa. O primeiro caso é feito com base no tempo total do processo de produção do produto. No segundo caso, para poder cumprir a tempo com a data de entrega definida pelo cliente, o planeamento é feito a partir desta última para trás. Visto que o *lead time* já está definido para a produção, sabe-se que o início da mesma deve corresponder à data de entrega menos o *lead time*. (Thurer & Godinho Filho, 2012).

- **ATO**

A montagem por encomenda ou ATO (*Assemble-to-Order*) tem disponível os componentes necessários à montagem dos produtos após a receção de encomenda por parte do cliente. Tendo já à sua disposição os componentes necessários para a montagem do produto final, esta estratégia permite às empresas de diminuir o tempo de entrega aos seus clientes. Outra

característica deste sistema, é a possibilidade de partilha dos componentes com outros produtos e assim poder reduzir custos (Atan et al., 2017).

- **MTS**

Finalmente, MTS (*Make-to-Stock*) ou fabrico para *stock* é a relação com o cliente mais comum pois o produto é, na maioria das vezes, relativamente fácil de produção o que conduz a um *lead time* reduzido. Em algumas das vezes, o produto já se encontra disponível, pois o produtor analisa a procura do mercado e assim pode prever as suas vendas para obter um tempo de entrega mais curto o que pode fazer com que as suas vendas aumentem (Willner et al., 2014). Este sistema é caracterizado por sua rapidez de entrega, uma vez que o produto já se encontra disponível no armazém e pronto para venda ao cliente (Chang & Lu, 2010).

### **2.3. PPCP**

O PPCP (Planeamento, Programação e Controlo da Produção), é um método que consiste em otimizar a eficiência e a eficácia dos processos de fabrico, definindo o tempo em que os produtos serão produzidos nas quantidades pretendidas de forma a garantir a melhor qualidade possível. Com isto também se deve aplicar os meios necessários para agendar as tarefas no âmbito de cumprir os requisitos do planeamento (Thurer & Godinho Filho, 2012). Por outro lado, é necessário fazer correções ao sistema produtivo no caso em que haja desvios significativos entre a produção e o planeado (Lustosa & Mesquita, 2008).

O PPCP é um método que permite criar estratégias com objetivo de melhorar o processo de negócio de uma empresa assim como a sua competitividade (Americo & Costa, 2019). Estas metas são definidas pela organização e podem se traduzir por fatores internos como a localização, produtos e serviços, clientes, etc., mas também podem ser de ordem externa como condições políticas, satisfação dos clientes, poder do mercado, etc (Lustosa & Mesquita, 2008).

O PPCP não atua unicamente a nível estratégico, ele atua também nos dois outros níveis hierárquicos a saber o nível tático e o nível operacional. O nível estratégico define as políticas a longo prazo, sendo elas a capacidade de fabrico assim como as estratégias de produção. Em seguida, a nível tático, determina-se os planos a médio prazo graças ao PDP (Plano Diretor de Produção). E finalmente com o nível operacional, a Programação de Necessidades de Materiais ou MRP (*Material Requirement Planning*) trata de planificar a produção a curto prazo, mas também gerir *stocks*, lançamentos de produção e necessidades a adquirir (Lustosa & Mesquita, 2008).

### **2.4. Escalonamento**

O escalonamento é o ato de disponibilizar ou distribuir algo no tempo. Uma tarefa tem uma data de início, tempo de duração e data de fim. Esta última pode ser estimada em função da data de início ou então do tempo de duração da tarefa (Lui et al., 2004). O escalonamento participa na melhoria da qualidade e da eficiência, pois é responsável por determinar a

quantidade a produzir dum produto, a capacidade produtiva e a data de início e fim necessária para a produção do artigo (Müller Guerini et al., 2014).

Existem dois métodos de escalonamento: método progressivo ou método regressivo. No primeiro método a produção é iniciada uma vez que o cliente faz a encomenda. A data de entrega depende da duração de fabrico do produto. Já no segundo método, é o cliente que decide quando o produto deve de ser entregue. É então realizado um cálculo regressivo a partir da data de entrega para saber quando é que deve ser iniciada a produção do artigo em questão para que este possa ser entregue na data de entrega pretendida pelo cliente (Müller Guerini et al., 2014).

Outro fator a ter em conta é a quantidade de matéria-prima disponível. Fazer a programação da produção implica que se deve ter em conta a quantidade de matéria-prima necessária para poder terminar a tempo a encomenda feita ou, no caso em que a matéria-prima disponível seja suficiente para atender o pedido. Caso o *stock* restante seja relativamente pequeno, é necessário proceder ao aprovisionamento de novo *stock*. O escalonamento ajuda na gestão de provisões da matéria-prima (Ferreira et al., 2012), mas também no sequenciamento da ordem de produção onde é necessário calendarizar as operações de fabrico (Zijm, 2000).

## 2.5. Previsão

Uma das maiores dificuldades encontradas no chão de fábrica de uma empresa é saber quanto e quando deve produzir. Isso cria problemas de planeamento e gestão de produção, aumenta o tempo de produção com o aparecimento de pequenos lotes. Em consequência, estas dificuldades fazem aumentar o preço por unidade, aumentam a quantidade de *setups* realizados nas máquinas. Realizar uma produção sincronizada com a procura permite resolver os problemas acima citados. Isto vai permitir produzir apenas o que é necessário em função das encomendas dos clientes, o que diminui drasticamente o recurso ao *stock*, assim como o tempo de espera por parte do cliente (Hibino et al., 2014).

Para conseguir uma produção sincronizada com a procura deve-se criar previsões precisas que são essenciais para reduzir riscos e ajudam na tomada de decisão. Criar um sistema de previsão sólido permite criar um planeamento sólido o que aumenta o rendimento da empresa (Thury & Witt, 1998). É necessário conhecer o mercado no qual evolui a empresa analisando os dados históricos das vendas dos produtos para poder identificar fatores que podem afetar as vendas e assim prever o comportamento do mercado no futuro (Ackermann & Sellitto, 2022). Lustosa & Mesquita (2008) defendem que uma má previsão pode causar um aumento de *stock* morto ou, pelo contrário, falta de *stock* o que resulta na insatisfação dos clientes. Estes dois pontos levam à baixa da eficiência geral da empresa. O erro de previsão aumenta em função do tempo. As vendas de um produto previstas daqui a um ano terão inevitavelmente um erro maior que as vendas previstas daqui a um mês. Razão pela qual deve-se usar os dados mais recentes para a previsão para que esta seja mais a precisa possível diminuindo assim o erro (Lustosa & Mesquita, 2008).

Para obter uma boa previsão de vendas, deve-se ter em conta o nível, tendência e sazonalidade. Quanto mais fatores e dados históricos forem utilizados, mais complexo será o método assim como a sua aplicação, maior será a precisão do resultado (Müller Guerini et al., 2014).

## 2.6. Gestão de *Stock*

O recurso a *stock* sempre foi necessário na indústria. Seja para armazenamento de matéria-prima ou produto acabado. Numa fabrica tem sempre que ser projetado um espaço para armazenamento que dependerá do tipo de produção que será realizada na mesma. O espaço de armazenamento numa construtora de automóveis não é o mesmo que o de uma produtora de latas de alumínio. O armazenamento agrega custos. Quanto mais espaço de *stock* existir, mais custos tem a empresa. Estes custos estão associados aos custos de compra, custos de encomenda, custos de manutenção de *stock*, custos de escassez (Samak-Kulkarni & Rajhans, 2013).

A gestão de *stock* permite encontrar um meio-termo, onde exista *stock* de matéria-prima suficiente para a produção ou de produto acabado, mas não demasia, para que os custos associados possam ser diminuídos. É preciso rever os planos de produção e analisar o mercado pois podem existir épocas onde há mais encomendas e assim encontrar uma sazonalidade (Zijm, 2000). A produção em grandes lotes faz com que haja aumentos de *stock*. Os lotes devem de ser determinados e as quantidades em armazenagem reguladas em conformidade. Grande volume de produção traz o aumento de *stock* que sempre foi visto como um mal necessário, porém esta visão é errada e a produção deve de ser planificada em função da procura (Shingo, 1983).

### 2.6.1. Objetivos da Gestão de *Stock*

A gestão de *stock* abrange diversos aspetos tais como conhecer a quantidade de matéria-prima e/ou produtos acabados que existem na empresa (Singh & Verma, 2018). Esta mesma gestão desempenha a função de fornecimento de matéria-prima para cada departamento melhorando assim o planeamento de tarefas (Zijm, 2000). Uma boa gestão do armazém resulta em níveis de *stock* ótimos e numa diminuição de custos (Singh & Verma, 2018).

Um dos meios que podem ser utilizados na redução de *stock* é o *design* do produto. Conceber um produto em que a geometria de fácil armazenamento, permitindo que este mesmo armazenamento melhore pois irá ocupar um espaço menor de que um outro produto com uma geometria mais difícil de *stock* (Zijm, 2000).

Shingo (1983) defende que uma produção diversificada e de baixo volume permite diminuir o *stock*. A produção de grande volume com pouca diversidade gera muito *stock*, e isso deve ser evitado fazendo a separação entre a oferta e a procura, produzindo unicamente o que é pedido e assim diminuir o excesso de *stock*.

Os produtores procuram a produzir quantidades de artigos que possam ser vendidos imediatamente e assim diminuir drasticamente o recurso à armazenagem. Existem

metodologias que permitem gerir e diminuir a quantidade de *stock* como o modelo JIT (*Just In Time*) que não só permite a diminuição de *stock* como a diminuição do tempo de entrega, garante uma boa qualidade de produção, permite a colaboração com poucos fornecedores, boa colaboração com transportadores (Vasilienė-Vasiliauskienė et al., 2018). O modelo JIT permite também a divisão da produção em pequenos lotes que facilita a entrega fazendo surgir contratos de longa duração em que as entregas são feitas em pequenos lotes e assim atraindo os clientes na implementação da metodologia JIT (Pérez et al., 2022).

### 2.6.2. Análise ABC

A organização de produtos numa empresa pode ser um desafio se esta classificação não for bem elaborada. Numa empresa onde são produzidos diversos produtos, é preciso identificar os produtos com maior valor no critério escolhido (valor económico, fluxo de vendas, etc.). Nesse âmbito, a análise ABC responde a essa problemática baseando-se na análise de Pareto onde um pequeno número de artigos pode levar a um grande volume de espaço ocupado, um número moderado de itens podem ter um volume médio e, finalmente, um grande número de produtos pode ocupar pouco espaço (Ly & Raweewan, 2018). A analogia entre a análise ABC e a regra do 80/20 vem do facto em que a maioria das vendas de uma empresa, vem de uma pequena percentagem dos produtos em *stock* (Millstein et al., 2014).

Na análise ABC, o *stock* é dividido em 3 categorias onde a categoria A corresponde aos 80% dos produtos com maior valor e que representam 20% da capacidade de *stock*. A categoria B representa entre 10% e 15% do valor e 30% da capacidade de *stock*. E finalmente, a categoria C que é determinada pelos restantes 50% da capacidade de *stock* e 5% a 10% de valor (Gomes dos Santos et al., 2019). Esta divisão é feita em relação ao grau de importância do produto para a empresa onde o grupo A tem a maior importância, o grupo B tem uma importância média e o grupo C tem a menor importância como se pode ver na figura 1 (Silva et al., 2020).

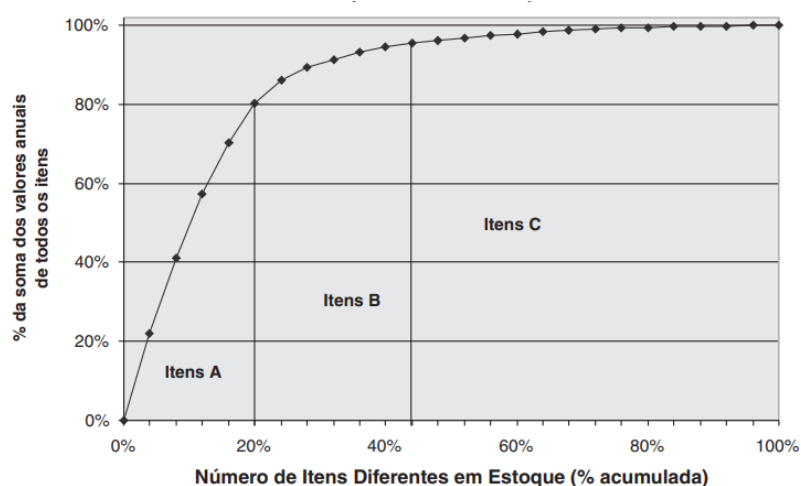


Figura 1 - Curva ABC (Lustosa & Mesquita, 2008)

O objetivo da análise ABC é a identificação e o controlo sobre os produtos mais críticos seguindo o nível de importância de cada um. Quanto maior a importância, maior o controlo, maior o *stock* mínimo admissível pois são estes produtos que agregam maior rentabilidade à empresa (Müller Guerini et al., 2014).

### 2.6.3. Quantidade Económica de Encomenda

Não é economicamente viável fazer encomendas de forma descontrolada e sem nenhum pressuposto. Fazer encomendas desnecessárias, encomendar quantidades de produtos abaixo ou acima do necessário cria problemas de custos (Asadabadi, 2016). Aplicar um modelo QEE (Quantidade Económica de Encomenda) permite controlar as encomendas e assim limitar os custos adicionais desnecessários determinando a quantidade, o momento de encomenda e/ou o momento de produção (Borade & Ardak, 2017). O QEE permite dimensionar o tamanho de lote ideal para o tipo de produção em curso tendo em conta o mercado (Taleizadeh et al., 2010). A dimensão do lote é feita sobre base de uma fórmula matemática, também conhecida pela fórmula de Wilson pela seguinte expressão (1):

$$QEP = \sqrt{\frac{2 \times D \times a}{h}} \quad (1)$$

Onde:

a: custo de uma encomenda

D: quantidade de produto consumido numa unidade de tempo

h: custo de posse de cada artigo numa unidade de tempo

### 2.6.4. Silver-Meal

A heurística *Silver-Meal* faz parte dos métodos para o dimensionamento de *stock*. Ela é utilizada quando há uma variação na procura e permite escolher a encomenda que minimiza o custo (Segerstedt et al., 2023).

O *Silver-Meal* compara as opções de compra para responder à procura nos próximos períodos e seleciona a opção com o menor custo por período. Se o período escolhido não for completamente abrangido, então o método é aplicado sucessivamente para conseguir atender as demandas dos períodos restantes (Müller Guerini et al., 2014).

A heurística de *Silver-Meal* é calculada com a seguinte fórmula (2):

$$CT(T) = \frac{\text{Custo de Encomenda} + \text{Custo de posse final no periodo } T}{T} \quad (2)$$

Onde T representa o número de períodos de tempo para a qual a encomenda durará.

Na figura 2 é apresentado um gráfico que mostra que a heurística escolhe o melhor valor de T para obter o menor custo.

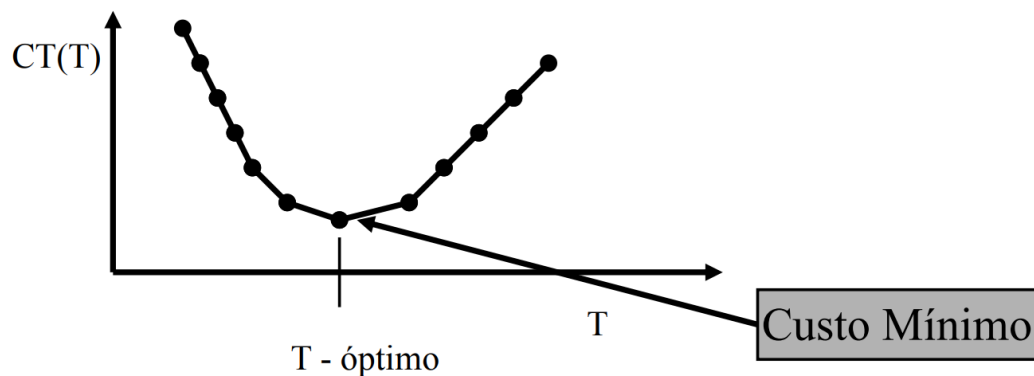


Figura 2 - Valor ótimo de T (Müller Guerini et al., 2014)

## 2.7. SMED e seus objetivos

SMED (*Single Minute Exchange of Die*) é uma metodologia que se insere na filosofia *Lean*. Esta metodologia tem como objetivo diminuir o tempo de *setup* das máquinas fazendo com que estas fiquem menos tempo paradas e assim aumentem a sua produtividade. Para o SMED é preciso identificar os dois tipos de *setup* (Shingo, 1983):

- *Setup* interno: operações que só podem ser realizadas com a máquina parada
- *Setup* externo: operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento

Uma vez estas operações identificadas, o próximo passo é converter o maior número possível de *setups* internos em *setups* externos. Esta fase permite reduzir o tempo de paragem da máquina com operações em que esta pode estar em funcionamento. Por fim é preciso reorganizar as tarefas para poder reagrupar os *setups* internos e externos e identificar novas melhorias possíveis no *setup* (Shingo, 1983).

Um exemplo claro da implementação de um SMED pode ser mostrado por Stadnicka (2015) onde aplicou a metodologia num processo de *setup* de um torno CNC. Stadnicka analisou o processo e fazendo entrevistas com os operadores da máquina para conhecer as tarefas e registou o tempo de *setup* 1h 12min 4sec. Após a aplicação de SMED, não só o tempo de *setup* foi melhorado em 37,67%, mas também o tempo de trajeto drasticamente melhorado. Na

figura 3 é possível ver que antes do SMED existe muitos movimentos efetuados pelo colaborador entre a bancada de trabalho (*work bench*) e os armários (*cabinets*).

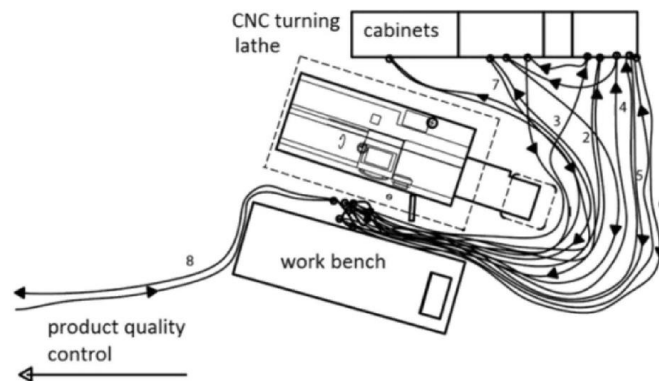


Figura 3 - Posto do trabalho antes do SMED (Stadnicka, 2015)

Na figura 4 onde o mesmo posto de trabalho é apresentado, mas desta vez depois da implementação do SMED, verifica-se que os movimentos entre a bancada de trabalho e os armários foram eliminados.

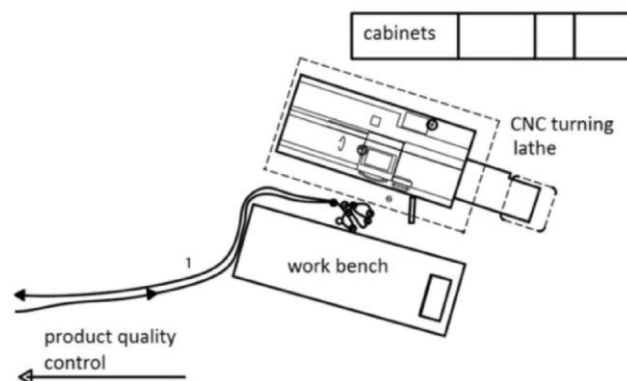


Figura 4 - Posto do trabalho depois do SMED (Stadnicka, 2015)

## 2.8. Pesquisa Bibliométrica

A pesquisa bibliométrica é uma ferramenta que permite quantificar e qualificar a produção de artigos científicos sobre um determinado tema. Esta abordagem desempenha um papel crucial na compreensão da evolução do conhecimento em diferentes campos com a identificação de temas de pesquisa, relações entre os mesmos e a avaliação da cooperação entre autores e países (Porte & Sampaio, 2015). Nesta pesquisa bibliométrica serão analisados os temas de Gestão de *Stock* e SMED com a ajuda dos dados disponibilizados pelo site *Web Of Science* assim como pelo *software* de construção e visualização de redes bibliométricas *VosViewer*.

### 2.8.1. Pesquisa Bibliométrica da Gestão de Stock

A revisão bibliométrica da gestão de *stock* revela que é a partir dos anos 2000 que o número de publicações assim como citações sobre este tema começou a aumentar significativamente como é possível ver na figura 5.

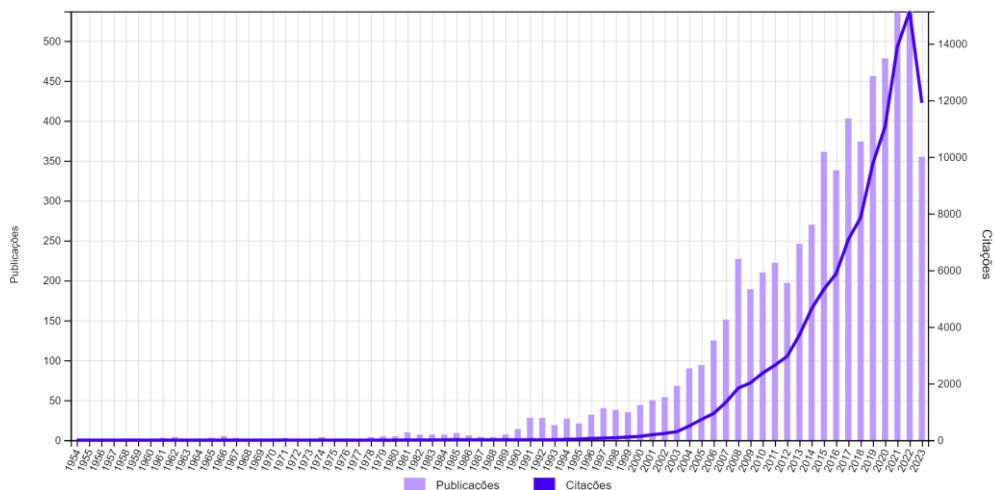


Figura 5 - Número de citações e publicações sobre a Gestão de Stock ao longo do tempo (Web Of Science)

É de destacar que o maior número de publicações sobre este tema é na área da Investigação Operacional. Todos os outros valores do *ranking* estão relacionados, entre outros, por Engenharias como é possível ver na figura 6.

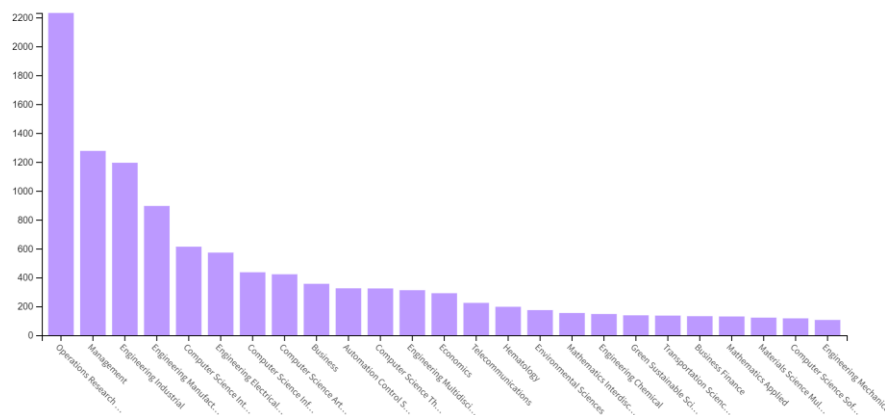


Figura 6 - Número de publicações por área de especialização (Web Of Science)

As palavras-chave mais utilizadas sobre o tópico são “*inventory management*” assim como “*optimization*”. Nota-se também a presença de “*algorithm*” e “*impact*” que mostram a importância desses tópicos na gestão de *stock*. A classificação das palavras-chave esta retratada na figura 7.



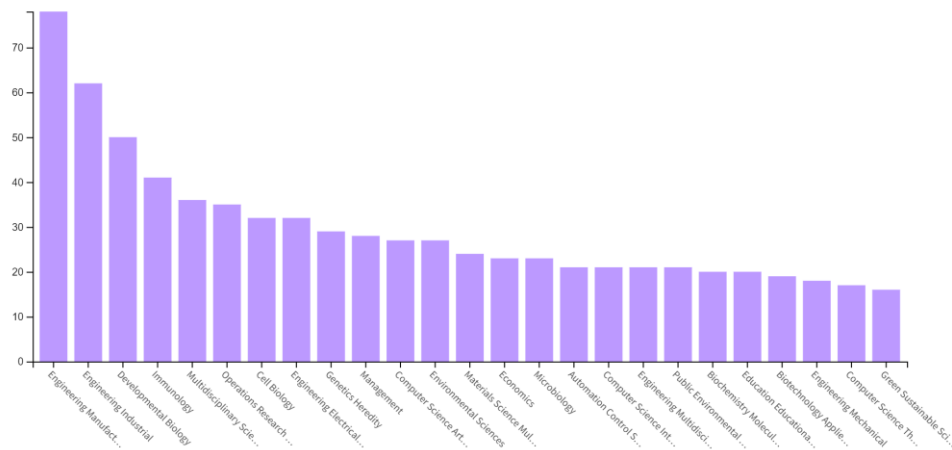


Figura 9 - Número de publicações por área de especialização (Web Of Science)

As palavras-chave mais utilizadas sobre o tópico são “SMED” assim como “regeneration”. Nota-se também a presença de “expression” e “model” que mostram a importância desses tópicos na gestão de stock. A classificação das palavras-chave está retratada na figura 10.

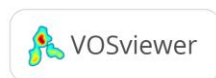
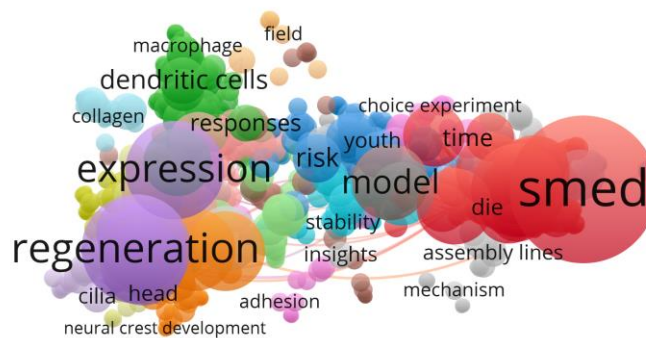


Figura 10 - Classificação das palavras-chave sobre o SMED (VOSviewer)

## 2.9. Apresentação dos casos de estudo

Neste capítulo serão apresentados casos reais de implementação das metodologias de Gestão de Stock assim como SMED.

### 2.9.1. “Optimization of the cold profiling process through SMED” (Vieira et al., 2019)

Neste caso de estudo é mostrado o uso da ferramenta SMED num processo de uma fábrica. É pretendido diminuir o tempo de troca da ferramenta de cinco máquinas de perfilagem a frio.

Para poder chegar a este feito, é aplicado a metodologia SMED para identificar e eliminar todo o tipo de processamento desnecessário à operação.

Os primeiros passos a aplicar são a recolha de todos os dados a analisar. Existem operações que só podem ser executadas com a máquina parada, outras em que a máquina pode estar em funcionamento. Os tempos destas operações são registados. A gama operatória também é relevada para poder ser feita uma análise a fim de tentar identificar, melhorar e, possivelmente, eliminar processamentos inúteis. Após a recolha destas informações, é então aplicado o SMED com os novos procedimentos a seguir e é dado formações aos colaboradores com o novo procedimento a seguir para a troca de ferramentas.

Foi constado que não havia distinção entre *setups* internos que só podem ser realizados com a máquina parada, e *setups* externos que podem ser realizados com a máquina em funcionamento. Observou-se também que eram realizadas tarefas aleatoriamente com o aparelho parado sendo que poderiam ser feitas com a máquina em movimento. Não existia nenhum critério para proceder à realização de certas tarefas com a máquina em funcionamento ou não.

O primeiro passo residiu em separar as tarefas a fazer com a máquina parada e as que podem ser executadas com a mesma em andamento. Os trabalhadores foram questionados sobre o assunto, onde se obteve o resultado de 55% em atividades internas e 45% de atividades externas.

Com estes resultados, o objetivo foi de transformar o máximo possível de *setups* internos em *setups* externos. As operações foram analisadas e de forma que não exista nenhuma atividade interna convertida em externa a fim de eliminar todo o tipo de falta de segurança. Pretende-se que o operador possa trabalhar na máquina enquanto as operações externas são executadas.

A gama operatória foi reorganizada eliminando as operações supérfluas e fazendo com que a combinação dos *setups* internos e externos seja mais eficiente. Novas melhorias foram apresentadas no âmbito de reduzir os defeitos de produção e aumentar a segurança no trabalho. Estas melhorias trouxeram com elas aumento de tempo de produção.

Este trabalho foi dividido em quatro etapas. Onde a primeira etapa consistiu na separação dos *setups*. Em seguida, na etapa dois, a gama de processo foi reorganizada. Durante a etapa três, as atividades internas e externas foram revistas para limitar ao máximo o número de operações. Finalmente, na etapa quatro, foram introduzidas melhorias tanto para a produção como na segurança. O tempo de *setup* antes da aplicação do SMED para as atividades internas era de 6min 41 sec, enquanto nas atividades externas era de 5min 28sec. Depois do desenvolvimento e da introdução do SMED o tempo das atividades internas diminuíram para 4min 22sec e as atividades externas foram eliminadas, fazendo com que o tempo de *setup* das máquinas fosse melhorado de 8 minutos e 44 segundos. No cálculo do OEE, observou-se uma melhoria de 21% em uma das máquinas. O OEE global das cinco máquinas que foram acompanhadas neste caso de estudo, passou de 60% para 80% depois da aplicação da metodologia SMED.

Em conclusão, observa-se uma melhoria considerável na implementação de SMED nos processos. Neste caso de estudo obteve-se um aumento médio do OEE de 10,8% em cinco

máquinas de perfilagem a frio. Isto mostra-nos que a reorganização da gama operatória e a eliminação de atividades sem valor acrescentado, contribui de forma notável à melhoria do processo de fabrico.

### 2.9.2. “The Human-Centric SMED” (Fonda & Meneghetti, 2022)

A União Europeia introduziu recentemente o conceito de Indústria 5.0 marcando assim o progresso da Indústria 4.0 para uma abordagem centrada no Homem. Esta, coloca as necessidades e interesses humanos no centro do processo de produção, com novas tecnologias para permitir a prosperidade além do emprego e crescimento, respeitando os limites de produção do planeta Terra. A diferença entre a Indústria 5.0 e a Indústria 4.0 é que esta última é impulsionada pela tecnologia enquanto a primeira é orientada para os trabalhadores.

Tendo pondo o contexto, neste caso de estudo é pretendido que o SMED integre os benefícios de fabrico digitalizado, com uma nova atenção às necessidades dos trabalhadores para obter melhores resultados. Visto que é uma orientação virada para o trabalhador, é adotado uma atenção ao suporte dos trabalhadores nas suas atividades, onde o trabalho está em simbiose com as novas tecnologias. É proposto então o H-SMED (*Human-Centric SMED*) onde são combinados conceitos e ferramentas da Indústria 4.0, Administração *Lean* e Ergonomia. O foco é apoiar os trabalhadores num ciclo contínuo de melhoria de *setup*. Esta metodologia foi implementada e testada numa empresa de moda e produtora de óculos mundialmente reconhecida com desafios relacionados ao aumento da customização em massa para se manter competitiva e alcançar maior eficiência.

O H-SMED foi testado no departamento das dobradiças num líder global de fabricação de óculos. As dobradiças metálicas são inseridas na parte frontal dos óculos para conectar as hastes à armação dos mesmos.

Este tipo de indústria é especialmente adequado para poder avaliar a eficácia da metodologia H-SMED visto que depende essencialmente do trabalho humano. O processo de otimização do *setup* para poder produzir eficientemente uma larga gama de modelos para dar resposta às expectativas dos clientes, mantendo um alto nível de qualidade, é um ponto importante para se poder manter na competitividade.

O primeiro passo foi a interação com os trabalhadores onde foram observados no posto de trabalho e foram entrevistados sobre o trabalho efetuado. Os operadores revelaram três diferentes tipos de *setup*:

- “Básico”: troca de moldes que são únicos em cada modelo e verificação do ponto “zero” do sonotrodo e da ponta da fresadora.
- “Troca de Dobradiça”: mesmo procedimento que o *setup* “Básico”, mas com o ajuste do sensor e centralização da fresadora.
- “Completo”: em adição aos dois outros *setups*, é efetuado a troca da ponta do sonotrodo e da fresadora. Este *setup* é mais longo com uma duração até 1h.

Tendo em conta a grande variedade de dobradiças processadas assim como ao volume de peças manipuladas diariamente, foi aplicado o método de análise de dados MES (Manufacturing Execution System) para poder identificar qual o *setup* que mais impactava a capacidade disponível do departamento e assim implementar o H-SMED nesse setor. A análise de dados com a ajuda das entrevistas aos operadores, confirmou que o *setup* mais afetado é o “Completo”.

Foram também analisadas as performances dos recursos humanos do departamento das dobradiças para poder otimizar as tarefas assim como sua organização.

Ao analisar a figura 11 verifica-se que existe um subconjunto de trabalhadores responsáveis pela maioria das trocas (trabalhador 1, 7, 8, 9, 10) enquanto outro subconjunto estava unicamente dedicado à produção (trabalhador 2, 4, 13). Os restantes trabalhadores estavam envolvidos em diversas outras operações tais que *setup* simples ou produção.

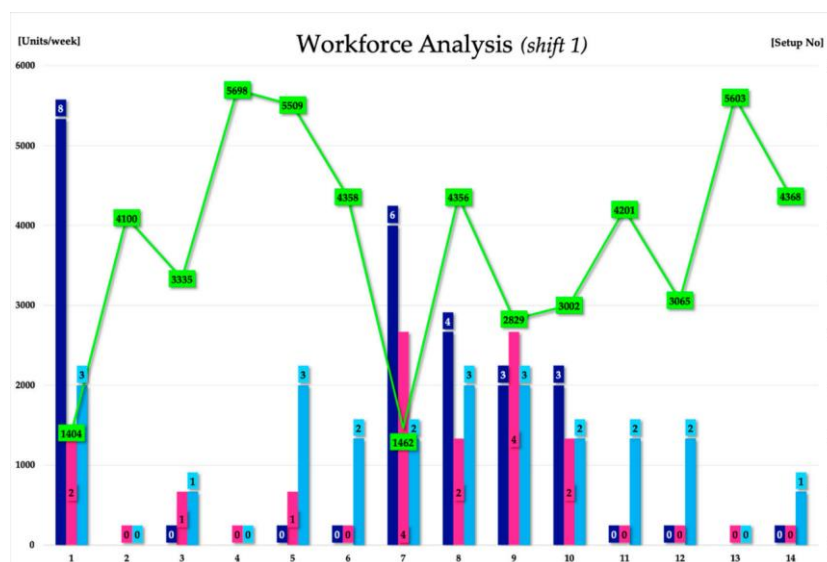


Figura 11 - Análise das tarefas do trabalhador (Fonda & Meneghetti, 2022)

Com estes resultados, algumas suposições surgiram: aumentar a especialização da mão de obra, fazendo com que existisse um só grupo de pessoas responsáveis para o processo de *setup*? Até que ponto essa especialização traria melhoria para o processo de *setup* e de produção?

Foi feita a classificação das atividades internas ou externas do processo conforme a metodologia SMED. Com um tempo total de 54min19", só 7min38" foram usados em tarefas externas. O objetivo é aumentar este último valor.

Nas melhorias, foi proposto a substituição de parafusos de cabeça redonda por parafusos com cabeça escareada para auxiliar os trabalhadores durante a troca e ajustes dos moldes, reduzindo a probabilidade de aderência fazendo com que diminua o desperdício de tempo. A

chave utilizada para estes parafusos é a mesma que para outros equipamentos reduzindo o número de ferramentas utilizadas. A ordem de execução das tarefas foi alterada para poder diminuir o tempo total da configuração assim como diminuir o excesso de movimentos.

Depois de todas as melhorias realizou-se uma formação a alguns operários para que estes se pudessem adaptar às mudanças. Os tempos de *setup* foram monitorados e registou-se uma melhoria de 44%, onde os tempos iniciais era de 54min 19 sec passaram para 30min 32 sec.

A mesma metodologia foi aplicada ao restante da empresa e a direção organizou auditorias para poder rastrear o desenvolvimento do trabalhador e ajustar em consequência e assim promover a melhoria continua.

Em suma, com a aparição cada vez mais frequente da Indústria 5.0, apresentam-se também novos desafios. Neste caso de estudo onde a maioria das tarefas eram atividades internas, foi possível melhorar o *setup* em 44%. Tendo em conta que a Indústria 5.0 coloca em perspetiva o trabalhador no sistema de produção, as melhorias propostas foram maioritariamente direcionadas nesse sentido com melhorias ergonómicas e de bem-estar dos trabalhadores.

### **2.9.3. “Smart Inventory Management System of Food-Processing-and-Distribution Industry” (Lianga, 2013)**

Com o rápido crescimento da população mundial, existe uma preocupação com a escassez de alimentos. Estes podem deteriorar-se no transporte, preparação e armazenamento. Deter uma distribuição adequada é vital para os alimentos processados pois a falta de gestão de *stock* pode resultar em maiores probabilidades de deterioração, porém tornou-se um grande desafio que afeta a eficiência da indústria de processamento e distribuição de alimentos. A complexidade e grandes quantidades de alimentos provenientes de diversas fontes dificultam a gestão de armazenamento. Estudos mostraram que uma análise da sazonalidade, modelos matemáticos e mineração de dados, são metodologias que podem ser adotadas para prever *stock*. Três fatores relacionados aos alimentos, ao processo e ao operador são apontados como influentes na gestão de *stock*. A importância de cada um destes fatores pode ser explicada através de decisões de especialistas.

Na indústria de processamento e distribuição de alimentos são utilizadas técnicas para transformar ingredientes em alimentos ou para converter alimentos em outros produtos consumidos pelos clientes. Os alimentos processados são então distribuídos para os destinos desejados. A gestão do armazém é crucial devido à data de validade dos alimentos, fatores relacionados com os alimentos, ao processo e operadores devem ser considerados. Nos fatores relacionados com os alimentos é tido em conta uma classificação e custo dos alimentos, método de embalagem, resíduos, produtos de limpeza e a quantidade de alimentos armazenados. Sendo este último um fator importante na gestão do *stock* pois exige uma alocação cuidadosa dos alimentos de baixo custo que ocupam um grande espaço no armazém. Os fatores em relação com o processo indicam a frequência da entrada e saída dum mesmo alimento, a qualidade da distribuição e as datas de entradas e saídas dos alimentos que podem afetar a

situação financeira mais recente. Os fatores relacionados com os operadores incluem as verificações de inventário, confirmação de entrada e saída de mercadorias e as encomendas. Estes fatores são críticos pois impactam diretamente na gestão de *stock*.

Neste caso de estudo foi desenvolvido uma metodologia de previsão de armazenamento para uma empresa fornecedora de alimentos para grandes redes de restauração e lojas de conveniência. A empresa enfrentou problemas na gestão de *stock* devido a previsões incorretas sobre a quantidade de armazenamento para o ano seguinte. Para abordar o problema, uma pesquisa dirigida por especialistas na análise de Processo Hierárquico Analítico ou AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para identificar e ponderar fatores que poderiam afetar a gestão de *stock*. Os dados analíticos foram aplicados para poder avaliar as melhorias na previsão de armazenamento posterior. O objetivo era desenvolver um sistema capaz de prever o *stock* futuro da empresa.

O estudo mostrou que a quantidade de alimentos armazenados, a frequência de entrada e saída do mesmo alimento e a recentidade de entrada e saída de alimentos têm valores ponderados mais altos o que leva a dizer que estes três fatores são as principais preocupações para a gestão de *stock*. Daí a necessidade de os implementar na previsão de armazenamento.

Depois da implementação destes três fatores na previsão de armazenamento, a precisão da previsão dos alimentos passou de 33,4% para 66,3% como é possível ver na figura 12 onde “QFR” (*Quantity, Frequency and Recency*) equivale à previsão com as melhorias implementadas e “Original” ao método utilizado pela empresa antes da implementação que consiste em simplesmente considerar que as entradas/saídas passadas serão iguais às futuras.

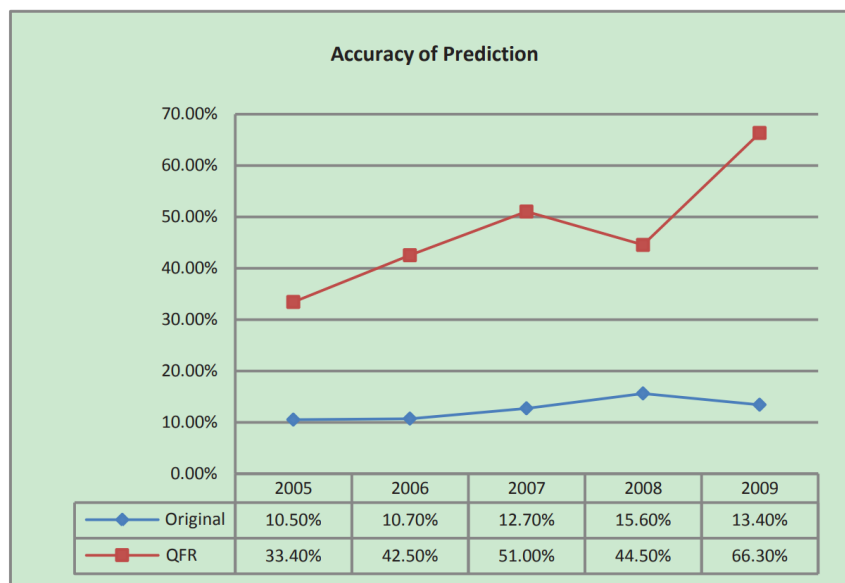


Figura 12 - Comparação da previsão de armazenamento (Lianga, 2013)

Em conclusão é de ressaltar a importância na gestão de *stock* na indústria de processamento e distribuição de alimentos. Graças ao método AHP foi possível identificar os fatores que poderiam afetar a gestão de armazenamento. A ponderação desses fatores levou à

identificação de três fatores principais, sendo eles a quantidade, frequência e recentidade. Depois da implementação destes fatores na previsão de armazenamento, a precisão aumentou de 33,4% para 66,3%.

#### 2.9.4. “Gestão de Estoque: Um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte de Jaguaré” (Pereira et al., 2015)

Neste caso de estudo é apresentada a situação de uma pequena empresa inserida no setor dos móveis e eletrodomésticos que tem problemas na gestão de *stock*. A empresa detém 352 tipos de produtos para um total de 1 411 artigos, que foram classificados perante o preço e a família da qual fazem parte. Isto traduz-se em 102 classes. A empresa utiliza um *software* de gestão de *stock*, mas que só é utilizado para dar entrada e saída dos produtos e emitir notas fiscais. Este programa não é explorado na sua integridade fazendo com que nenhum colaborador tenha conhecimento suficiente para o poder utilizar. Isto obriga à empresa pedir assistência técnica a entidades externas semanalmente. A empresa não aplica nenhum tipo de avaliação de armazenamento e utiliza o método último a entrar, primeiro a sair ou LIFO (*Last In, First Out*) para poder controlar as entradas e saídas dos produtos.

Foi sugerido a Análise ABC para os produtos que tiveram alguma movimentação durante o estudo. Os produtos foram classificados de acordo com o seu preço médio, com base em faixas de preço para poder facilitar o estudo. Implementando a Análise ABC, obtém-se os seguintes resultados:

- 20 grupos que representam 20% dos produtos armazenados e 68% do valor na classe A
- 31 grupos que representam 30% dos produtos armazenados e quase 25% do valor na classe B
- 51 grupos que representam 50% dos produtos armazenados e cerca de 7,25% do valor na classe C

Esta classificação é representada na Curva ABC na figura 13:

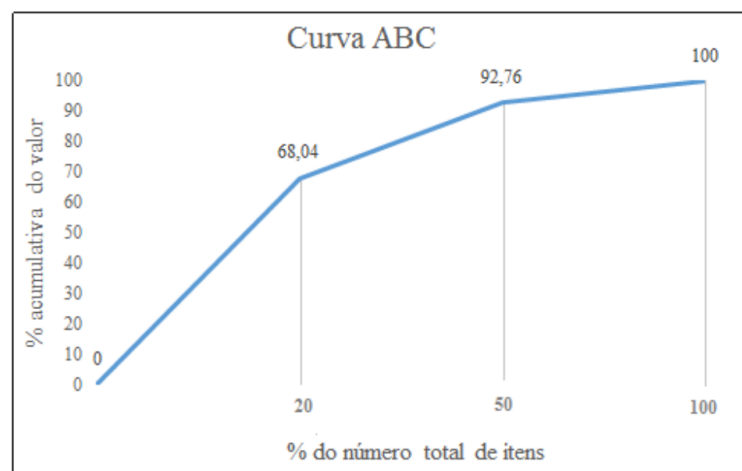


Figura 13 - Curva ABC (Pereira et al., 2015)

Se nos referirmos à literatura, esta classificação está errada, pois a percentagem de *stock* na classe A deve atingir 80%, 10% a 15% na classe B e 5% a 10% na classe C. A disparidade entre os valores pode ser atribuída ao agrupamento dos produtos por faixa de preço. Sem essa classificação, a análise seria desafiadora. Mesmo assim, o estudo feito mostra a concentração do valor de armazenamento num pequeno número de produtos, permitindo à empresa identificar quais são os produtos mais caros e adotar uma política de gestão de *stock* diferenciada, tendo como prioridade os produtos da classe A.

Relativamente ao método utilizado pela organização no controlo das entradas e saídas dos produtos, foi proposto à empresa adotar o método do primeiro a entrar, primeiro a sair ou FIFO (*First In, First Out*). Este novo método permitiria à empresa melhorar a disposição dos produtos e evitar desperdícios contrariamente ao método LIFO utilizado pela empresa, onde os produtos quando chegam ao armazém, são arrumados onde tem espaço, não obedecendo a nenhuma ordem de chegada e prejudicando o controlo dos produtos e aumentando a quantidade de artigos danificados e obsoletos fazendo com que exista uma depreciação dos mesmos. Com o método FIFO, o *stock* circula, fazendo com que os artigos mais antigos sejam expostos e tenham mais saída, de modo que o armazém seja renovado continuamente e a quantidade de produtos obsoletos diminua.

Foi constatado que existem perdas devido ao transporte de produtos, pois a empresa não dispõe de equipamentos adequados, o que aumenta o risco de queda de produto durante o transporte podendo ocasionar acidentes de trabalho. Os locais de trabalho também não apresentam boas condições de armazenamento de produtos, o que se traduz na dificuldade de trabalho e no aumento de produtos defeituosos. Melhorando as infraestruturas da empresa, permite então diminuir o risco de queda de artigos durante o transporte ou manuseio e assim diminuir o número de não conformes.

Em conclusão, o estudo mostra que os fatores que influenciam o armazenamento, influenciam também no lucro e valor da empresa. A utilização de técnicas de controlo de entradas e saídas, ajuda a diminuir a perda de produtos assim como na melhoria de infraestruturas. Já a Análise ABC permite identificar os produtos aos quais a empresa deve mostrar mais atenção pois são estes que agregam mais valor à mesma. Melhorar a gestão de *stock* permite diminuir a perda de produtos, de clientes, reduzir os custos ligados à manutenção de *stock* e evita a má publicidade.

## **2.10. Análise crítica da revisão bibliográfica**

Neste ponto abordam-se as conclusões sobre o capítulo 2. São apresentados os caminhos futuros, assim como as conclusões relativas à pesquisa bibliográfica realizada.

### **2.10.1. Caminhos futuros**

Mesmo que os métodos apresentados neste trabalho datem, na maioria dos casos, do século passado, continuam a ser implementados nas empresas como melhoria continua. Como foi possível analisar na revisão bibliométrica, as publicações com as palavras-chave “SMED” e

“*Inventory Management*” aumentaram nos últimos anos mostrando a importância do uso destas metodologias na indústria. Uma possível inovação é mistura de SMEDs com a gestão de *stocks* ou outras metodologias, para poder melhorar o processo fabril da empresa. Utilizar diferentes metodologias permite corrigir os pontos fracos de uma metodologia com outra, permitindo a melhoria contínua. Certos estudos mostraram as aplicações dos vários métodos, permitiram complementar processos de melhoria e fazendo com que a produção aumentasse, e o desperdício diminuísse. Tal como é possível ver nos casos apresentados por Fonda & Meneghetti (2022); Stadnicka (2015); Thurer & Godinho Filho (2012).

Posto isto, com o avanço da tecnologia, melhoria dos processos e a implementação de outras metodologias, conclui-se que certamente estes tópicos serão alvos de novos casos de estudo, novas melhorias e implementações com outras metodologias no âmbito da melhoria contínua. Com o desenvolvimento cada vez mais rápido da inteligência artificial e o acesso à mesma mais fácil e interessante seria desenvolver uma ferramenta em conjunto com o SMED que permita identificar o processo que demora mais tempo durante o *setup* e/ou propor uma melhoria na organização das tarefas. O uso de sensores IoT (*Internet of Things*) permitiriam a colheita e a partilha dos dados em tempo real durante o *setup* para que estes possam ser analisados por uma inteligência artificial. Após a análise, a inteligência artificial estaria em medida de responder se o *setup* foi realizado de forma eficaz ou não e quais os pontos a melhorar.

Sendo a gestão de *stocks* um tema onde é analisado uma grande quantidade de dados, o uso de *Big Data Analytics* seria uma solução para o tratamento dos mesmos. O uso desta tecnologia permitiria prever as vendas futuras com mais precisão, identificar os produtos mais vendidos e identificar padrões nas vendas. Desta forma, seria mais fácil ajustar a produção de uma empresa de forma a evitar a sobreprodução ou a subprodução. Os níveis de *stock* estariam regulados em função da procura prevista para poder evitar o excesso ou a falta de *stock* e assim evitar custos adicionais. A tecnologia *Blockchain* poderia ajudar na rastreabilidade dos artigos na empresa e assim garantir a qualidade ao cliente uma vez que todos os processos são registados numa *Blockchain* e não podem ser modificados.

### **2.10.2. Conclusão da revisão bibliográfica**

Em suma, este trabalho inclui a pesquisa sobre os principais temas que serão abordados no resto desta dissertação, permitindo a compreensão dos mesmos. Os assuntos tratados foram acompanhados de casos de estudo que por sua vez trouxeram informações sobre a implementação em casos reais, onde foi possível determinar de forma realística as melhorias levadas às empresas onde foram praticadas. Métodos esses oferecem melhorias no processo de gestão de *stocks* o que tem influência na eficiência e na eficácia do processo fabril.

A revisão bibliométrica permite perceber que o número de artigos científicos com as palavras-chave sobre estes temas não param de crescer desde os anos 2000s. Isso mostra que estas metodologias continuam alvo de muito interesse por parte da comunidade científica.

## 3. Métodos e Aplicação

Neste capítulo é realizada uma breve apresentação da empresa e é exposto o problema ao qual a mesma é confrontada. Posteriormente são explicadas as metodologias utilizadas para resolver o problema enunciado.

### 3.1. Apresentação da empresa

A empresa Feritex é produtora de embalagens plásticas assim como produtos de limpeza e água desmineralizada. O produto acabado trata-se da embalagem com o seu devido conteúdo (água desmineralizada, detergentes, hipoclorito...) ou embalagens vazias vendidas ao cliente. O processo fabril é simples, onde a maioria das embalagens são produzidas através do processo de extrusão por sopro com exceção das embalagens de plástico PET, que usam preformas como base de embalagem e a forma é dada através de método de estiramento por sopro.

Das máquinas produtoras de embalagens existentes na empresa, algumas produzem sempre com o mesmo molde, mudando, quando necessário, o gargalo para poder acolher outro tipo de rolha. Quanto às outras, o molde é trocado para poder produzir outra forma de embalagem. A mudança de molde é feita quando não existe *stock* disponível de um artigo que um cliente tenha encomendado. Um artigo do inventário é caracterizado pela sua capacidade, modelo (podem existir vários modelos de embalagem para a mesma capacidade), cor e gargalo. Ao mudar alguma destas características, o artigo é diferente. Por vezes, a rotulagem das embalagens é feita no fim da produção das mesmas. Isto resulta apenas para a mesma embalagem, onde podem ser usados diferentes rótulos o que dá origem a novos artigos do inventário. Uma vez produzidos, os produtos são colocados em sacos e postos em paletes para posteriormente serem cheios ou, em alguns casos, vendidos vazios ao cliente.

Na Feritex também são fabricadas tampas de pressão e rolhas de rosca usadas para o produto acabado assim como para venda ao cliente.

No enchimento, cada máquina só pode encher um tipo de líquido e um formato de embalagem. Existem então máquinas de enchimento de água destilada para capacidades de cinco litros e outras para o enchimento de capacidades de um litro. Máquinas de enchimento de lixívia que seguem a mesma filosofia que as de água destilada. Máquinas para o enchimento de vários tipos de detergente onde são trocados moldes para poder acolher outros formatos de embalagem. Máquinas de enchimento manual onde uma para os pequenos formatos (ex.: 500 e 750 mililitros) e para o enchimento de ácidos. Todas as embalagens que não tenham sido rotuladas durante a sua fase de produção, serão rotuladas durante a fase de enchimento. Assim

que esta última tiver acabada, os artigos são empacotados em formato de *pack*, e colocados em paletes prontos para transporte. A figura 14 mostra o layout do chão de fábrica da empresa.

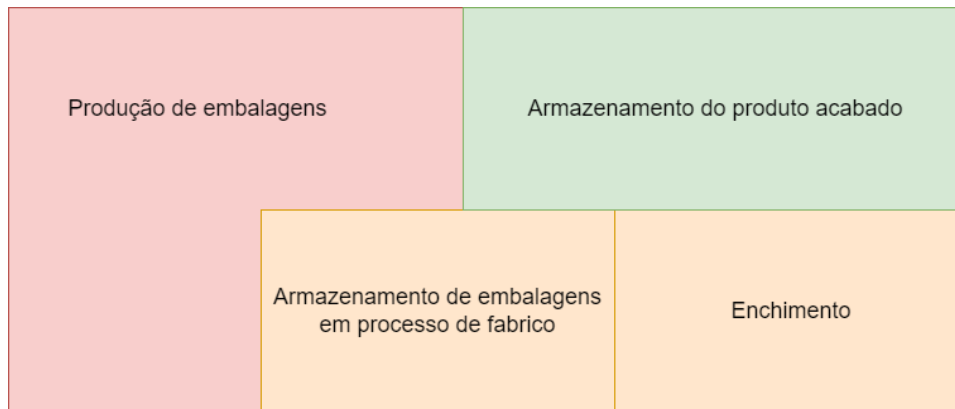


Figura 14 - Layout do chão de fábrica

### 3.1.1. O Problema

O foco deste trabalho reside na gestão de *stock* de embalagens vazias pois é o produto que mais ocupa espaço no armazém da empresa visto que, uma vez cheio, o produto final é conduzido para o cliente deixando na fábrica apenas o *stock* de segurança. Atualmente, na Feritex, as ordens de fabrico são dadas à produção com uma antecedência de 48h. Estas são determinadas em função das encomendas do cliente. Ao fim das 48h, o produto deve de estar pronto para entrega ao cliente. Quando existem encomendas específicas, é pedido ao cliente para que a encomenda seja feita com maior antecedência para que seja possível responder ao pedido. Estas encomendas específicas tratam-se de encomendas cujo as quantidades do produto acabado são maiores que o habitual ou então, quando se trata de um produto pouco fabricado em que o tempo de produção é maior que se fosse para outros produtos. As ordens de fabrico são dadas como necessidades brutas e não como necessidades líquidas uma vez que não é levantado nenhuma quantidade de *stock* presente no armazém, o que leva à contagem constante de *stock* para saber se é necessário lançar em produção um artigo, ou não. Este método de trabalho aumenta a probabilidade de sobreprodução dos artigos na medida em que os produtos podem não ser bem contabilizados. Isto é devido ao fato de alguns artigos acabarem por se “perder” por terem sido mudados de localização no que resulta em algumas paletes dum mesmo artigo estarem separadas o que dificulta a contagem.

O facto de não fazer levantamento de *stock* dificulta também o contacto com o cliente e consequentemente não se sabe com exatidão se existe em *stock* do produto pedido pelo cliente e em quantidades suficientes. Os orçamentistas devem entrar em contacto com os colaboradores da produção para que estes forneçam as informações necessárias para poder dar uma resposta ao cliente.

### 3.2. Análise ABC

A análise ABC permite criar uma boa base na questão da gestão de *stock* pois permite diferenciar os artigos que mais agregam valor à empresa dos menos importantes. A análise ABC das embalagens foi construída a partir da análise ABC fornecida pelo sistema de faturação *Microdigital* onde estavam presentes todos os produtos de faturação da Feritex. A partir da lista de produtos gerada, foi realizado uma triagem para eliminar alguns elementos que não agregam valor às estatísticas estudadas tais como paletes devolvidas, custos de transporte, etc. assim como a junção de artigos repetidos na lista que foram alvos de promoções. Estas causaram a aparição de artigos já existentes na análise ABC gerada pelo programa fazendo com que existisse o artigo com o valor de base, mas também o mesmo artigo com o valor em promoção. A junção destes produtos foi feita pela adição de todas as quantidades e valores. Na figura 15 é possível ver o gráfico da análise ABC final.

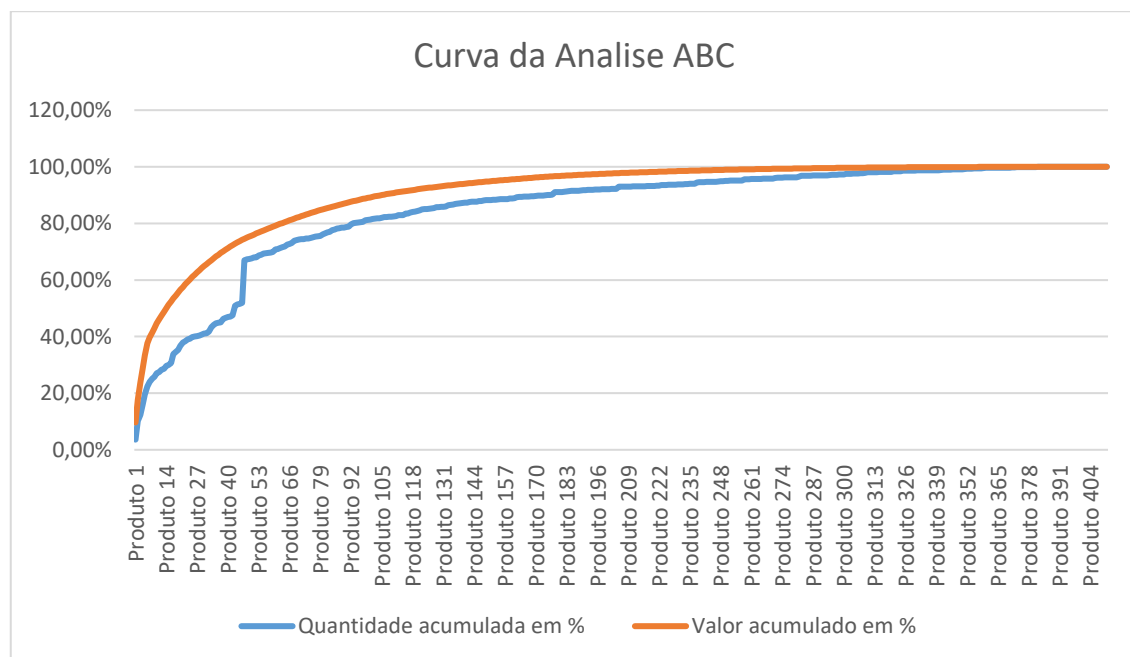


Figura 15 - Gráfico da Análise ABC dos produtos vendidos com embalagem

Como é possível ver no gráfico, as curvas de quantidade acumulada em percentagem e do valor acumulado estão próximas. Isto explica-se pelo equilíbrio entre as quantidades vendidas e o valor agregado correspondente. Outro fator a ter em conta é o facto do preço unitário de cada produto seja relativamente próximo o que faz com que o valor e as quantidades vendidas sejam proporcionais. Neste caso, a regra dos 80/20 não é aplicável pois, em termos percentuais, a quantidade vendida e o valor são semelhantes o que mostra que a empresa realiza um bom exercício em termos de produção. A figura 16 mostra a comparação entre os valores teóricos e os valores reais obtidos na Feritex.

## Métodos e Aplicação

Teoria			Real		
GRUPO	% DO STOCK	% DO VALOR	GRUPO	% DO STOCK	% DO VALOR
A	20%	80%	A	22,36%	37,71%
B	30%	10% - 15%	B	29,59%	34,47%
C	50%	5% - 10%	C	48,04%	25,83%

Figura 16 - Comparação entre a teoria e a realidade nos resultados da análise ABC

Nota-se uma certa proximidade entre o *stock* e o valor em termos percentuais nos grupos A e B, porém existe uma diferença mais acentuada no grupo C. Na figura 17 é possível ver essa proximidade em alguns produtos comparando as colunas “Quantidade Acumulada em %” e “Valor em %” do grupo A e B.

Análise ABC - Artigos-Vendas-Quantidade									
Ordem	Descrição	Quantidade	Quantidade Acumulada	Quantidade em %	Valor	Valor em %	Quantidade acumulada em %	Valor acumulado em %	Preço unitário
1	Produto 1	261248	261248	3,59%	446.641,54 €	9,65%	3,59%	9,65%	1,71 €
2	Produto 2	478530	739778	6,57%	371.923,36 €	8,04%	10,15%	17,69%	0,78 €
3	Produto 3	154153	893931	2,12%	279.844,71 €	6,05%	12,27%	23,73%	1,82 €
4	Produto 4	261910	1155841	3,60%	223.178,59 €	4,82%	15,87%	28,56%	0,85 €
5	Produto 5	266850	1422691	3,66%	222.267,57 €	4,80%	19,53%	33,36%	0,83 €
6	Produto 6	206547	1629238	2,84%	201.455,23 €	4,35%	22,36%	37,71%	0,98 €
7	Produto 7	114051	1743289	1,57%	91.954,87 €	1,99%	23,93%	39,70%	0,81 €
8	Produto 8	85002	1828291	1,17%	77.483,92 €	1,67%	25,10%	41,37%	0,91 €
9	Produto 9	51607	1879898	0,71%	76.630,69 €	1,66%	25,80%	43,03%	1,48 €
10	Produto 10	86502	1966400	1,19%	76.576,66 €	1,65%	26,99%	44,68%	0,89 €
11	Produto 11	34196	2000596	0,47%	68.184,08 €	1,47%	27,46%	46,16%	1,99 €
12	Produto 12	60585	2061181	0,83%	59.021,10 €	1,28%	28,29%	47,43%	0,97 €

Figura 17 - Comparação entre a Quantidade em % e o Valor em %

Fazendo essa comparação, observa-se essa proximidade de valores em alguns produtos como por exemplo, o produto no quinto lugar, mas também o produto décimo. Na primeira coluna do lado direito, encontra-se o preço médio por unidade de cada artigo que mostra a proximidade de preço entre os produtos e que é uma das razões pelas quais a regra dos 80/20 não é aplicada neste caso de estudo. A análise ABC para os produtos dos grupos A e B pode ser consultada no APÊNDICE A.

Nos resultados obtidos verificamos que no grupo C, ao contrário do grupo A e B, a percentagem de *stock* e a do valor estão mais distantes onde 48% do *stock* representa 26% do valor. Esta diferença é justificada pela grande quantidade produzida de tampas e rolhas como é mostrado na figura 18.

Análise ABC - Artigos-Vendas-Quantidade									
Ordem	Descrição	Quantidade	Quantidade Acumulada	Quantidade em %	Valor	Valor em %	Quantidade acumulada em %	Valor acumulado em %	Preço unitário
47	Produto 47	1096000	4881019,68	15,04%	18.602,40 €	0,40%	67,00%	74,57%	0,02 €
48	Produto 48	23196	4904215,68	0,32%	17.632,82 €	0,38%	67,32%	74,95%	0,76 €
49	Produto 49	5511	4909726,68	0,08%	17.150,48 €	0,37%	67,39%	75,33%	3,11 €
50	Produto 50	19872	4929598,68	0,27%	16.986,30 €	0,37%	67,67%	75,69%	0,85 €
51	Produto 51	20967	4950565,68	0,29%	16.743,84 €	0,36%	67,95%	76,05%	0,80 €

Figura 18 - Quantidades de rolhas

O artigo número 47 representado pelas vendas de um modelo de tampas, é um exemplo que explica essa diferença de valores. Este produto é o mais fabricado da empresa em termos de quantidades pois é usado em diversas embalagens, mas também vendido ao cliente. Porém o seu preço unitário é dos mais baixos o que explica o facto de existir uma alta quantidade para um baixo valor.

### 3.2.1. Sobreprodução

Para poder saber se existe sobreprodução de embalagens, uma vez que não existem registos de *stock*, foi comparado as quantidades produzidas com as quantidades vendidas. Esta comparação foi possível graças às folhas de registo completadas pelos colaboradores durante o trabalho onde introduzem várias informações como a máquina onde trabalham, a embalagem produzida com as suas características, lote, etc. Estes registos são posteriormente guardados num ficheiro *Microsoft Excel* pelo departamento da Qualidade. A grande dificuldade neste processo é o facto de os colaboradores não completarem devidamente os registos o que causa confusão no processo de transcrição para o *Microsoft Excel* onde, por vezes, faltam informações como a cor, tipo de gargalo ou a descrição do produto não está correta. O desafio no processo de comparação foi de fazer a distinção, entre muitas descrições, dos produtos e juntar os mesmos para poder guardar um único nome uniforme para cada produto e poder calcular o número total de artigos produzidos durante o ano. Para alguns artigos foi necessário ir aos arquivos e procurar nas folhas de registo as informações em falta.

Na figura 16 é possível ver um exemplo da nomenclatura dada a um único artigo. Neste exemplo, o artigo foi descrito de sete formas diferentes onde uma delas de forma errada com a descrição “DELICADA 3L DOSEADORA VERDE” uma vez que este produto não existe.

2L P/LIXIVIA DELICADA  
 DELICADA 2L DOSEADORA VERDE  
 DELICADA 3L DOSEADORA VERDE  
 GARRAFÃO 2L DELICADA VERDE  
 GARRAFÃO PE VERDE 2L R38 DOSEADORA TIPO DELICADA  
 GARRAFÃO PE VERDE 2L R38 DOSEADORA TIPO DELICADA S/ ROTULO  
 LIX. DELICADA 2L

Figura 19 - Exemplo de nomenclatura dada para um único artigo

No exemplo supracitado é fácil de identificar o artigo produzido pois só existe uma única embalagem de capacidade de dois litros para o produto “Lixivia Delicada”.

## Métodos e Aplicação

Na figura 17 é apresentado um exemplo onde foi necessário procurar um artigo nos arquivos dos registos de produção pois a descrição fornecida não continha nenhuma informação que pudesse indicar de que artigo se tratava.

JERRICAN 2 5L  
JERRICAN 5L  
JERRICAN 5L FRT M1 P029  
JERRICAN 5L M1 P029  
JERRICAN 5L MOD.1 P029  
JERRICAN 5L MOD.1 P029 PRESSÃO  
JERRICAN 5L MOD.1 R029  
JERRICAN BRANCO 5L MOD.1- SEGURANÇA  
JERRICAN BRANCO REC. 5L MOD.1 R29  
JERRICAN BRANCO RECUPERADO 5L R29 SEGURANÇA  
JERRICAN BRANCO 5L R29 SEGURANÇA  
JERRICAN FRT BRANCO 5L R29 SEG.  
JERRICAN MOD.1 R029  
JERRICAN MOD.1 SEGURANÇA  
JERRICAN MOD.1 SEGURANÇA BRANCO  
JERRICAN MOD.1 SEGURANÇA PRETO 5L  
JERRICAN NATURAL 2,5L  
JERRICAN PE 5L R29 SEG.  
JERRICAN PE 5L BRANCO R029 MOD.1 SEGURANÇA  
JERRICAN PE 5L PRETO R29 SEG.  
JERRICAN PE 5L R029 SEGURANÇA MOD.1  
JERRICAN PE BRANCO 5L MOD.1 R29 SEG.  
JERRICAN PE BRANCO 5L R299 SEGURANÇA S/ ROTULO  
JERRICAN PE BRANCO 5L R29 MOD.1 SEGURANÇA  
JERRICAN PE NATURAL 4L R289 C/ SILBOLO ALIMENTAR S/ ROTULO  
JERRICAN PE NATURAL 2,5L R028 S/ROTULO

*Figura 20 - Identificação de um artigo de tipo Jerrican*

Mais uma vez, neste exemplo existem várias descrições para o mesmo produto. Se alguns artigos possuem descrições similares capazes de serem facilmente identificados, outros, pelo contrário, é impossível saber pela sua descrição de que produto se trata como “JERRICAN 5L” (assinalado a vermelho). Sendo esta descrição muito generalista, faltando como informação a cor, gargalo e modelo, foi necessário procurar nos arquivos pelo lote associado à mesma e assim descobrir o artigo em questão com todas as informações necessárias para poder identificar o artigo e assim poder contabilizá-lo como um artigo por si só ou então adicionar o mesmo numa lista de artigos com descrições semelhantes.

Após todo o processo de triagem e procura, foi possível obter as quantidades anuais produzidas por artigo em cada máquina. Em seguida procedeu-se ao desenvolvimento da comparação entre o produzido e o vendido. Para cada embalagem produzida foi associado o(s) produto(s) acabado(s) final e assim foi realizada a comparação entre o produzido e o vendido. O resultado mostra que dos 133 diferentes artigos produzidos, 62 produtos tiveram uma quantidade de produção menor que a quantidade vendida, 37 tiveram uma quantidade de produção maior que a quantidade vendida e 3 obtiveram exatamente a mesma quantidade produzida que a vendida. Os restantes 31 produtos foram produzidos, mas não foram vendidos. Isto explica-se pelo facto de que uma embalagem pode ser utilizada para diferentes rótulos, mas não é vendida sem rótulo. Uma vez que algumas embalagens são rotuladas ao fim de sua produção, uma quantidade de embalagens é produzida sem rótulo para que este seja colado posteriormente

conforme as necessidades. Desta forma a embalagem já se encontra produzida, basta colar o rótulo requerido. Este procedimento explica também o facto de existirem 62 artigos com produções inferiores às vendas. Uma vez que existe a embalagem não é necessário produzir novamente, basta rotular para ter o produto desejado. Outra razão é o simples facto de lançamento de produção para deter um certo *stock* mínimo em caso de necessidade, porém o produto não foi vendido. Estes 31 artigos representam 5% da produção total.

Fazendo o somatório das quantidades totais produzidas obtém-se um total de 5 261 356 unidades e a quantidade vendida é de 5 237 991 unidades. Deste último valor é necessário retirar as embalagens que não foram produzidas durante o ano de produção em questão o que dá um valor de 5 149 266 unidades. Segundo estes dados, em 2023 existe uma sobreprodução de 2%.

Inicialmente, esta sobreprodução estimava-se a 8,5%, porém após discussão com a direção da empresa, existem diversos produtos idênticos, mas com denominações diferentes, assim como produtos adquiridos a outras empresas. Após correção, a estimativa da sobreprodução passou de 8,5% para 2%.

### 3.3. Previsão

Prever as vendas dos produtos permite antecipar as necessidades de produção. É feita uma estimativa das vendas que serão realizadas no futuro de acordo com os dados históricos das vendas fornecidas pela empresa. É de salientar que os resultados obtidos são estimativas e não refletem totalmente a realidade pois as vendas estão sujeitas à variabilidade económica, e as necessidades do cliente pode fazer subir ou descer as mesmas. Contudo, estes resultados ajudam na tomada da decisão quanto ao planeamento da produção, pois saber se, por exemplo, para um determinado produto, os dados históricos mostram que as vendas estão a crescer ou a decrescer, a produção deverá subir ou descer em função das vendas. Desta forma, o risco de subprodução ou uma sobreprodução diminui, uma vez que foi possível prever uma tendência de vendas.

Após uma reunião com os diretores da empresa, foi acordado em fazer previsões mensalmente pois é mais viável em termos de erro. Realizar previsões para um curto espaço de tempo (previsão semanal, por exemplo) traria um erro enorme pois é difícil prever a semana exata da encomenda de um cliente. Prever que uma encomenda será realizada num mês é mais fácil que prever que a mesma será realizada numa determinada semana.

Os dados de vendas mensais foram obtidos através do *software* de faturação que gerou uma lista de todos os produtos vendidos no ano 2023, diariamente. Os dados foram tratados para obter uma lista com os produtos e as quantidades vendidas em cada mês do mesmo ano. Dispondo dos dados mensais foi então feita a previsão mensal para cada artigo utilizando várias ferramentas de previsão para, finalmente, poderem ser comparados os resultados entre as mesmas e assim decidir qual a mais fiável. A utilização de várias ferramentas explica-se pela diversidade dos artigos vendidos pela empresa, que faz com que alguns não tenham tendência

ou sazonalidade, outros terão um destes atributos e outros produtos terão tendência e sazonalidade.

Nos próximos subcapítulos estão descritas as quatro ferramentas utilizadas neste trabalho.

### 3.3.1. Ferramenta de previsão do *Microsoft Excel*

Esta ferramenta disponibilizada pelo *software Microsoft Excel* permite a identificação da sazonalidade assim como a tendência de cada artigo de forma automática para poder adaptar o método de previsão adequado.

O *Microsoft Excel* usa o método de alisamento exponencial triplo para realizar as suas previsões graças à sua fórmula “FORECAST.ETS” (“ETS” como “Exponential Triple Smoothing” ou Alisamento Exponencial Triplo). É considerado os fatores temporais de nível, tendência e sazonalidade para uma previsão mais precisa tendo em conta dos dados históricos disponíveis sendo eles:

- Nível: Representa o valor médio das vendas ao longo do tempo.
- Tendência: Representa a direção geral para o qual o valor das vendas vão evoluindo, ao longo do tempo, podendo ser crescente, decrescente ou ser constante. Um produto sem tendência não mostra nenhum aumento ou diminuição ao longo do tempo fazendo com que as vendas sejam constantes.
- Sazonalidade: Representa os padrões repetitivos ou variações que ocorrem em intervalos regulares de tempo, como meses ou trimestres. Estas repetições podem acontecer devido a fatores meteorológicos, eventos, entre outros. Um produto sem sazonalidade não apresenta nenhum padrão repetitivo que possa ser previsível ao longo do tempo.

Contudo, para que estes fatores sejam viáveis e que um padrão possa ser descoberto e usado na previsão de vendas, deve ser realizado um alisamento dos fatores supracitados. Este alisamento é uma forma de remover variações aleatórias das vendas para que a curva seja mais suave. Desta forma, o *Microsoft Excel* calcula as três constantes para as integrar na previsão de vendas e assim, criar uma previsão mais próxima da realidade. As três constantes são:

- Coeficiente  $\alpha$ : Alisamento Exponencial. Usa o nível e ajusta continuamente esse nível com base em novas observações, dando mais peso aos dados mais recentes.
- Coeficiente  $\beta$ : Alisamento da tendência. Permite suavizar os dados e identificar a tendência de maneira mais clara, minimizando os altos e baixos aleatórios.
- Coeficiente  $\gamma$ : Alisamento da sazonalidade. Permite suavizar os dados e identificar a tendência de maneira mais clara, minimizando os altos e baixos aleatórios.

A mais destes coeficientes, também é tido em conta do intervalo de confiança que permite determinar uma janela onde é esperado que se encontrem os valores de vendas dos produtos.

Na figura 21 é mostrado como são introduzidos os dados no *Microsoft Excel* que permitem obter os resultados desejados.



Figura 21 - Introdução de dados para a previsão do produto "Produto 4"

De forma detalhada, os parâmetros que devem ser introduzidos são:

- Datas de início e fim de previsão
- É possível escolher se é necessário ou não a existência de um intervalo de confiança. Se sim, qual o valor do mesmo.
- A sazonalidade pode ser detetada automaticamente ou introduzida manualmente. Se introduzida manualmente, o número de ciclos identificado nos dados históricos deve ser introduzido.
- As estatísticas de previsão podem ser incluídas na folha de cálculo da previsão. Estas estatísticas são: alisamento exponencial; alisamento da tendência; alisamento da sazonalidade; erro percentual médio; erro percentual absoluto médio; erro absoluto médio; erro quadrático médio.
- Os dados históricos, sendo eles a linha cronológica e os valores que devem ser estudados.

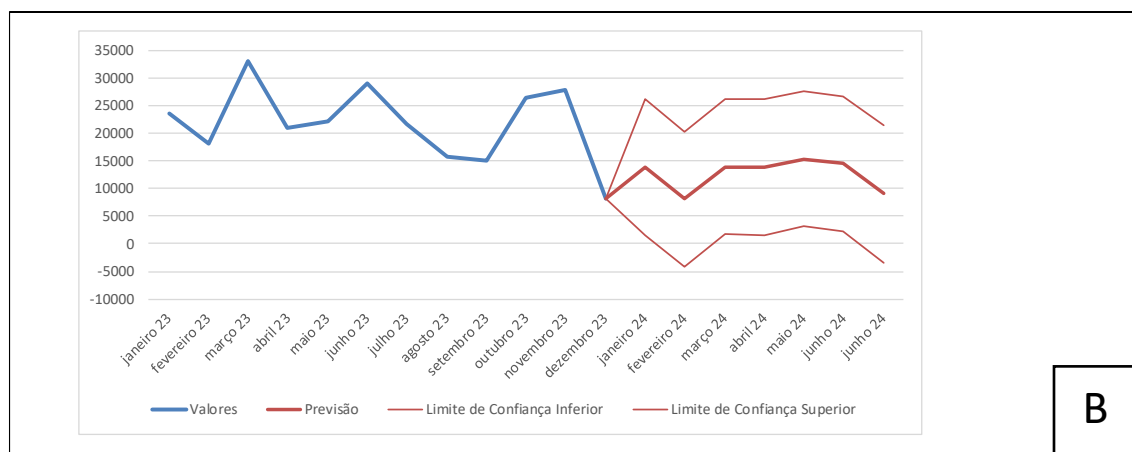
## Métodos e Aplicação

- F. Caso exista células vazias nos dados históricos, estas podem ser substituídas pelo valor “zero” ou então pode ser criada uma interpolação para que o valor em falta possa ser preenchido.
- G. Caso existam vários valores agregados a uma única data, estes podem ser tratados de diversas formas como somar todos os dados, fazer uma média dos dados, utilizar valor máximo, etc.

Após realizar este processo, é obtido uma nova folha de cálculo onde são apresentados os resultados da previsão. Como é mostrado na figura 22 A e B.

Linha Cronológica	Valores	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Estatística	Valor
janeiro 23	23544				Alpha	0,00
fevereiro 23	18129				Beta	0,00
março 23	33096				Gamma	0,13
abril 23	21039				MASE	1,12
maio 23	22233				SMAPE	0,47
junho 23	28977				MAE	8.595,87
julho 23	21681				RMSE	9.095,74
agosto 23	15777					
setembro 23	14976					
outubro 23	26301					
novembro 23	27819					
dezembro 23	8217	8217	8217,00	8217,00		
janeiro 24		13862,14369	1620,89	26103,40		
fevereiro 24		8056,189282	-4185,12	20297,50		
março 24		13903,00811	1661,60	26144,42		
abril 24		13875,10549	1633,54	26116,67		
maio 24		15371,99153	3130,21	27613,77		
junho 24		14459,69845	2217,62	26701,78		
junho 24		9015,639233	-3330,65	21361,93		

A



B

Figura 22 - Dados obtidos na previsão para o produto “Produto 4”

Na tabela da figura 22A, são mostrados os dados numéricos gerados pela ferramenta de previsão. Nesta tabela encontram-se os dados históricos do produto, a previsão até à data prevista (neste caso, março de 2024), os limites superior e inferior assim como os diversos coeficientes estatísticos. Já no gráfico da figura 22B, é apresentado graficamente os dados obtidos na imagem precedente.

Graças à função “TENDÊNCIA” do *Microsoft Excel*, é possível obter os dados relativos à tendência do produto em questão assim como apresentá-la no gráfico para poder determinar visualmente se o produto dispõe de tendência e se esta está crescente ou decrescente.

Guardando o mesmo produto que no exemplo anterior, é mostrado na figura 23 o gráfico com a linha da tendência do produto em questão.

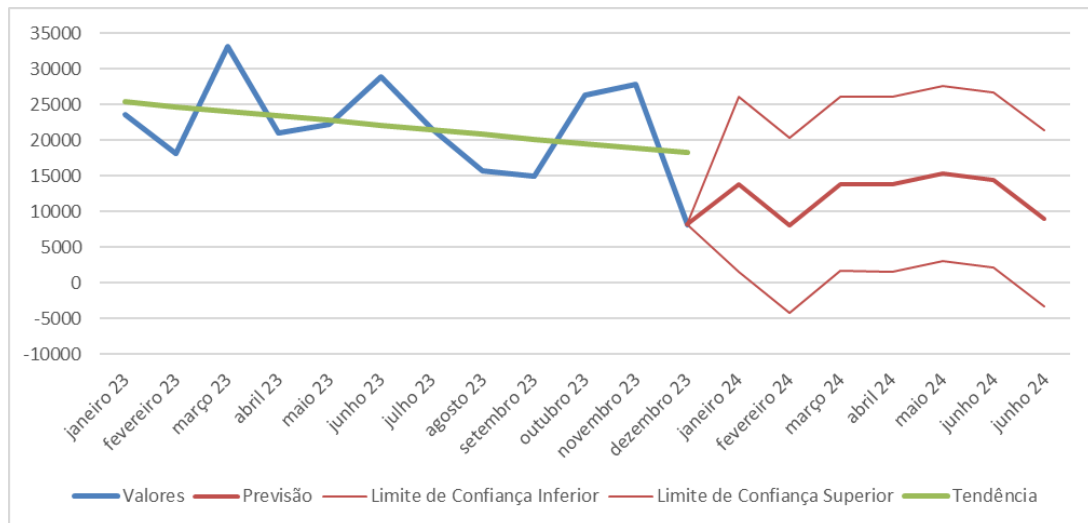


Figura 23 - Gráfico dos dados obtidos com linha da tendência do produto “Produto 4”

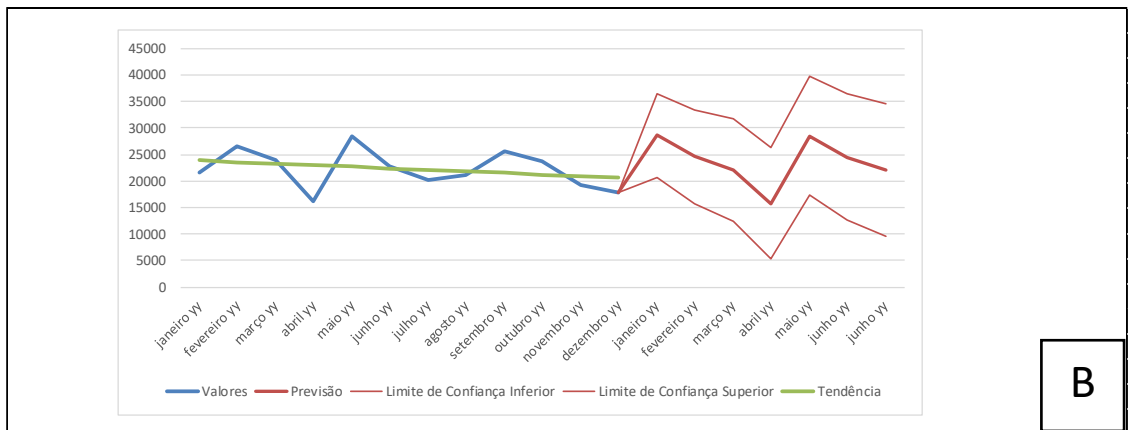
Neste gráfico pode-se deduzir que este produto está com tendência decrescente, ou seja, as vendas estão a diminuir. Observa-se também que, pelo menos nestes dados, não existe sazonalidade para este produto uma vez que as quantidades vendidas são aleatórias. Mesmo que a tendência esteja decrescente, a previsão para os próximos meses é incerta em razão da aleatoriedade das vendas.

Na figura 24 é apresentado o exemplo de um produto com características diferentes utilizando o mesmo processo que para o produto anterior.

## Métodos e Aplicação

Linha Cronológica	Valores	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	21528				23890,96154	Alpha	0,50
fevereiro 23	26637				23590,1958	Beta	0,00
março 23	23829				23289,43007	Gamma	0,00
abril 23	16146				22988,66434	MASE	0,53
maio 23	28353				22687,8986	SMAPE	0,13
junho 23	22698				22387,13287	MAE	2.766,63
julho 23	20241				22086,36713	RMSE	3.279,00
agosto 23	21138				21785,6014		
setembro 23	25548				21484,83566		
outubro 23	23751				21184,06993		
novembro 23	19266				20883,3042		
dezembro 23	17706	17706	17706,00	17706,00	20582,53846		
janeiro 24		28571,306	20654,60	36488,01			
fevereiro 24		24560,6837	15702,44	33418,92			
março 24		22115,708	12403,57	31827,84			
abril 24		15733,7051	5233,90	26233,51			
maio 24		28469,0222	17231,02	39707,03			
junho 24		24458,3999	12527,78	36389,02			
junho 24		22094,9234	9528,58	34661,26			

A



B

Figura 24 - Exemplo do produto "Produto 5" com sazonalidade

Neste produto observa-se uma sazonalidade onde quase todos os quatro meses, existe uma encomenda do produto entre 25.000 e 30.000 unidades. Observa-se, pela mesma ocasião, que a previsão segue a mesma sazonalidade onde aproximadamente todos os quatro meses existe um pico de vendas. Com os dados históricos analisados, a tendência apresenta uma ligeira diminuição na venda deste produto.

De forma a querer simplificar o processo de introdução de dados na ferramenta do *Microsoft Excel*, foi realizado uma tabela com base naquela que é criada quando é realizada a previsão. Já que os parâmetros que permitem realizar a previsão são idênticos para todos os produtos em questão, as funções que calculam a previsão também serão idênticas. Estas usam como informação a linha cronológica dos dados históricos, as quantidades vendidas, a data de início da previsão e o tamanho da sazonalidade. Na figura 25 é apresentado a tabela em questão.

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	23544				25391	Alpha	0,00
fevereiro 23	18129				24741	Beta	0,00
março 23	33096				24091	Gamma	0,13
abril 23	21039				23441	MASE	1,12
maio 23	22233				22791	SMAPE	0,47
junho 23	28977				22141	MAE	8.595,87
julho 23	21681				21491	RMSE	9.095,74
agosto 23	15777				20841	EQM	82.732.554
setembro 23	14976				20190		
outubro 23	26301				19540		
novembro 23	27819				18890		
dezembro 23	8217	8217	8217	8217	18240		
janeiro 24		<b>13862</b>	1621	26103			
fevereiro 24		<b>8056</b>	-4185	20297			
março 24		<b>13903</b>	1662	26144			
abril 24		<b>13875</b>	1634	26117			
maio 24		<b>15372</b>	3130	27614			
junho 24		<b>14460</b>	2218	26702			

Figura 25 - Tabela de previsão com a ferramenta Excel para o produto " Produto 4"

Tendo como variável a coluna "Quantidade em unidades", que deverá ser completada com os valores correspondentes a cada produto em função dos dados obtidos pelo *software* de faturação da empresa, a fórmula do *Microsoft Excel* destinada a realizar a previsão de vendas irá calcular a mesma obtendo assim os resultados desejados.

Com estes dois exemplos apresentados, procura-se a justificar esta ferramenta como proposta de previsão de vendas. O *Microsoft Excel* permite de forma fácil e simples fazer uma previsão dos produtos utilizando o método exponencial triplo, ou método Holt-Winters que leva em consideração os fatores de nível, tendência e sazonalidade. Também é gerado um gráfico onde é possível ver de forma clara o estado das vendas e adicionar de forma fácil os dados relativos à tendência.

### 3.3.2. Ferramentas de previsão Holt-Winters

Embora que a função do *Microsoft Excel* utilize o método Holt-Winters, foi decidido comparar os resultados obtidos pelo *software* com o método tradicional de cálculo da ferramenta. Foram então criadas duas tabelas de cálculo.

#### **Holt-Winters duplo:**

Na primeira tabela é calculado a previsão com o método Holt-Winters duplo. Nesta ferramenta é tido em conta os fatores de nível assim como a tendência que são calculados com as fórmulas (2), (3) e (4):

Nível:

$$S_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2)$$

Tendência:

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3)$$

Previsão:

$$F_{t+m} = S_t + mT_t \quad (4)$$

Onde  $S_t$  é o nível;  $T_t$  é a tendência;  $A_t$  é o valor real observado no período  $t$ ;  $\alpha$  é a constante de alisamento exponencial;  $\beta$  é a constante de alisamento da tendência;  $F_{t+m}$  é a previsão para o período  $t + m$ .

Na tabela 1 é apresentado a tabela com a ferramenta Holt-Winters duplo:

Tabela 1 - Método Holt-Winters Duplo para o produto "Produto 6"

Alpha	Beta			EQM
0	0,306242658			25.730.260
Holt-Winters Duplo				
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ
	16350	0		
	16350	0	16350	2013561
	16350	0	16350	1774224
	16350	0	16350	7884864
	16350	0	16350	168921
	16350	0	16350	89586225
	16350	0	16350	4704561
	16350	0	16350	13593969
	16350	0	16350	44076321
	16350	0	16350	60093504
	16350	0	16350	38452401
	16350	0	<b>16350</b>	20684304
1	16350	0	<b>16350</b>	
2	16350	0	<b>16350</b>	
3	16350	0	<b>16350</b>	
4	16350	0	<b>16350</b>	
5	16350	0	<b>16350</b>	
6	16350	0	<b>16350</b>	

Na tabela são apresentados os dados históricos das vendas do produto estudado. Estes serão utilizados na tabela da direita para o cálculo do nível  $S_t$ . Na mesma também são calculados a tendência  $T_t$ , a previsão  $F_{t+m}$  designada como Ft Duplo, o erro quadrático EQ e o erro quadrático médio EQM. Os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  são obtidos através da ferramenta "solver" disponível no *Microsoft Excel* que permite minimizar os mesmos de forma a diminuir o EQM obtendo, desta forma, uma melhor previsão. A linha horizontal marca a passagem para a previsão das vendas, onde os dados apresentados a partir desta marca são as vendas previstas pelo método.

**Holt-Winters triplo:**

Na segunda tabela é calculado a previsão com o método Holt-Winters triplo utilizando o modelo multiplicativo uma vez que se trata de vendas de produtos onde existem variações de sazonalidade ao longo do tempo contrariamente ao modelo aditivo onde as flutuações sazonais são constantes ao longo do tempo. As fórmulas para o cálculo desta ferramenta são as fórmulas (3), (5), (6) e (7):

Nível:

$$S_t = \alpha \frac{A_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

Tendência:

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (3)$$

Sazonalidade:

$$I_t = \gamma \frac{A_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L} \quad (6)$$

Previsão:

$$F_{t+m} = (S_t + mT_t)I_{t-L+m} \quad (7)$$

Onde  $S_t$  é o nível no período  $t$ ;  $T_t$  é a tendência no período  $t$ ;  $A_t$  é o valor real observado no período  $t$ ;  $\alpha$  é a constante de alisamento exponencial;  $\beta$  é a constante de alisamento da tendência;  $I_t$  é o valor da sazonalidade no período  $t$ ;  $\gamma$  é a constante de alisamento da sazonalidade;  $F_{t+m}$  é a previsão para o período  $t + m$ ;  $L$  é o espaçamento da sazonalidade

É de notar que a fórmula (3) para calcular a tendência são idênticas para o método duplo e triplo desta ferramenta. Para inicializar o método deve-se começar por calcular o nível e a sazonalidade dum período inicial com as fórmulas (8) e (9):

Nível inicial:

$$S_L = \frac{1}{L} + (A_1 + A_2 + A_3 + A_L) \quad (8)$$

Sazonalidade inicial:

$$I_1 = \frac{A_1}{S_L}; I_2 = \frac{A_2}{S_L}; I_L = \frac{A_L}{S_L} \quad (9)$$

Aplicando as fórmulas, obtém-se a tabela 2 com a ferramenta Holt-Winters triplo tomando como período inicial de seis meses:

Tabela 2 - Método Holt-Winters Triplo para o produto "Produto 6"

Alpha	Beta	Gama				EQM
1	0	0,5				51.679.073
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,89142			
			0,96879			
			0,81880			
			1,04452			
			0,86901			
	<b>18342</b>	<b>0</b>	1,40746			
	15908	0	0,89142	<b>16350</b>	4704561	
	13071	0	0,96879	<b>15412</b>	7555652	
	28076	0	0,81880	<b>10703</b>	150957790	
	23075	0	1,04452	<b>29326</b>	27293929	
	11679	0	0,86901	<b>20052</b>	98075159	
	8385	0	1,40746	<b>16437</b>	21487350	
1	8385	0	1,40746	<b>7475</b>		
2	8385	0	1,40746	<b>8124</b>		
3	8385	0	1,40746	<b>6866</b>		
4	8385	0	1,40746	<b>8759</b>		
5	8385	0	1,40746	<b>7287</b>		
6	8385	0	1,40746	<b>11802</b>		

Nesta tabela são calculados os fatores de nível  $S_t$ , tendência  $T_t$ , sazonalidade  $I_t$  e previsão  $F_{t+m}$  designada como Ft Triplo. O erro quadrático EQ e o erro quadrático médio EQM também são calculados. Os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são obtidos através da ferramenta "solver" disponível no *Microsoft Excel* que permite minimizar os mesmos de forma a diminuir o EQM obtendo, desta forma, uma melhor previsão. A linha horizontal marca a passagem para a previsão das vendas, onde os dados apresentados a partir desta marca são as vendas previstas pelo método.

### 3.3.3. Ferramenta de previsão Regressão Linear

A regressão linear permite criar uma reta que melhor representa a evolução das vendas ao longo do tempo para assim poder criar uma precisão de vendas no seguimento dessa mesma reta. A regressão linear é calculada com a fórmula (10):

$$Y = a + bX \quad (10)$$

Onde  $Y$  é a previsão ou variável dependente;  $a$  é a interceção da reta com o eixo dos Y;  $b$  é a inclinação da reta;  $X$  é a variável independente

As variáveis **a** e **b** são calculadas com as fórmulas (11) e (12):

$$a = \frac{\sum_i Y}{n} \quad (11)$$

$$b = \frac{\sum_i (XY)}{\sum_i X^2} \quad (12)$$

A tabela 3 mostra como foi realizado esta ferramenta:

*Tabela 3 - Método Regressão Linear para o produto "Produto 6"*

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>EQM</b>
<b>18464,14</b>	<b>-200,44</b>	<b>22.449.159</b>
<b>Regressão Linear</b>		
<b>i</b>	<b>Ft RL</b>	<b>EQ</b>
1	18264	3662218
2	18063	86582
3	17863	8092911
4	17662	2236939
5	17462	2319273
6	17261	73162841
7	17061	8294561
8	16861	17619711
9	16660	40054471
10	16460	58404813
11	16259	37335176
12	16059	18120412
13	<b>15858</b>	
14	<b>15658</b>	
15	<b>15457</b>	
16	<b>15257</b>	
17	<b>15057</b>	
18	<b>14856</b>	

A previsão designada como Ft RL foi calculada com os fatores **a** e **b** em conjunto com o número de cada amostra *i*. Foram também calculados os Erro Quadrático (EQ) e Erro Quadrático Médio. A linha horizontal marca a passagem para a previsão das vendas, onde os dados apresentados a partir desta marca são as vendas previstas pelo método.

### 3.3.4. Tabela de dados

Todos estes métodos utilizam uma tabela geral de dados, onde vão buscar as datas e as quantidades do produto estudado. Nesta tabela também são apresentados os dados relativos às vendas reais do período para o qual foi realizado a previsão a fim de poder realizar uma comparação posteriormente. Esta tabela geral de dados é apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de Dados para o produto "Produto 6"

Dados	
Mês	Procura Mensal em unidades
janeiro 23	16350
fevereiro 23	17769
março 23	15018
abril 23	19158
maio 23	15939
junho 23	25815
julho 23	14181
agosto 23	12663
setembro 23	22989
outubro 23	24102
novembro 23	10149
dezembro 23	11802
janeiro 24	15822
fevereiro 24	13806
março 24	21234
abril 24	20007
maio 24	15678
junho 24	16173
julho 24	
agosto 24	
setembro 24	
outubro 24	
novembro 24	
dezembro 24	

### 3.4. MRP

O MRP é uma ferramenta que permite planear a produção a curto prazo, mas também gerir *stocks*, lançamentos de produção e necessidades de matérias-primas a adquirir. Para poder usufruir de todas as características oferecidas por uma ferramenta MRP, a forma mais adequada é o uso de um *software* destinado ao efeito. Com o recurso a *software* especializado obtêm-se todas as informações sobre *stock* e produção em tempo real o que faz com que a gestão das ordens de fabrico, assim como a encomenda de matérias-primas seja mais eficaz. Todavia, a ferramenta MRP também pode ser elaborada manualmente, porém este trabalho pode ser fastidioso caso exista dezenas, centenas ou até mesmo milhares de produtos diferentes onde é necessário introduzir manualmente o *stock* produzido para cada produto, descontar a quantidade de matéria-prima utilizada durante o processo de fabrico, descontar a saída de *stock* do armazém, etc. Realizar todo este trabalho, produto a produto, é uma tarefa longa e difícil de fazer uma vez que é necessário estar em contacto quase permanente com os colaboradores da linha de produção e do armazenamento, para dispor de todos os dados atualizados. Obter o sincronismo de todas as partes envolvidas é um desafio e erros podem

acontecer quer seja na contagem de artigos ou no cálculo do MRP. O uso de um programa informático de MRP é uma mais-valia pois traz as seguintes vantagens:

- Redução dos erros humanos uma vez que os dados serão tratados pelo sistema.
- Atualização em tempo real. Elimina a necessidade de espera dos funcionários para realizar as tarefas.
- O tratamento de dados deixa de ser longo e repetitivo.
- Economia de tempo e de custos. A automatização do processo de gestão de *stock* diminui o tempo de processo e, pela mesma ocasião, diminui os custos associados.
- Ajuda na tomada de decisão. O acesso aos dados de produção e de vendas é mais simples dado que os dados estão centralizados num único *software* e podem ser tratados no mesmo para, como por exemplo, fazer previsões.

Em comparação com um MRP manual, usar um MRP automático resulta em ganhos de eficiência, precisão e tempo de resposta melhorando assim a gestão de *stocks* da empresa.

Não dispondo de nenhum *software* de MRP na Feritex, foi desenvolvido um demonstrador de MRP para poder apresentar os benefícios que traria a ferramenta. Implementar um *software* com estas capacidades agrega elevados custos de aquisição, assim como uma alteração do modo de trabalho da empresa. O departamento do planeamento seria o primeiro afetado pois seria o que teria o maior contacto com o programa uma vez que é a partir de lá que são lançadas as ordens de fabrico, mas também a encomenda de matérias-primas. Os orçamentistas também seriam afetados pois teriam a possibilidade de verificar diretamente no programa se o artigo se encontra disponível no armazém, ou não, e pedir o lançamento produção, em consequência disso. No chão de fábrica os colaboradores deveriam introduzir todo novo produto produzido para *stock* de forma que fosse registado e adicionado no *stock* existente e, da mesma forma no armazém, subtrair todo o *stock* que é vendido. De forma geral, toda a empresa seria impactada pela introdução desta ferramenta o que traria meses de adaptação assim como um custo associado. Razões pelas quais foi decidido apresentar um demonstrador de MRP simples, com base nos dados históricos obtidos.

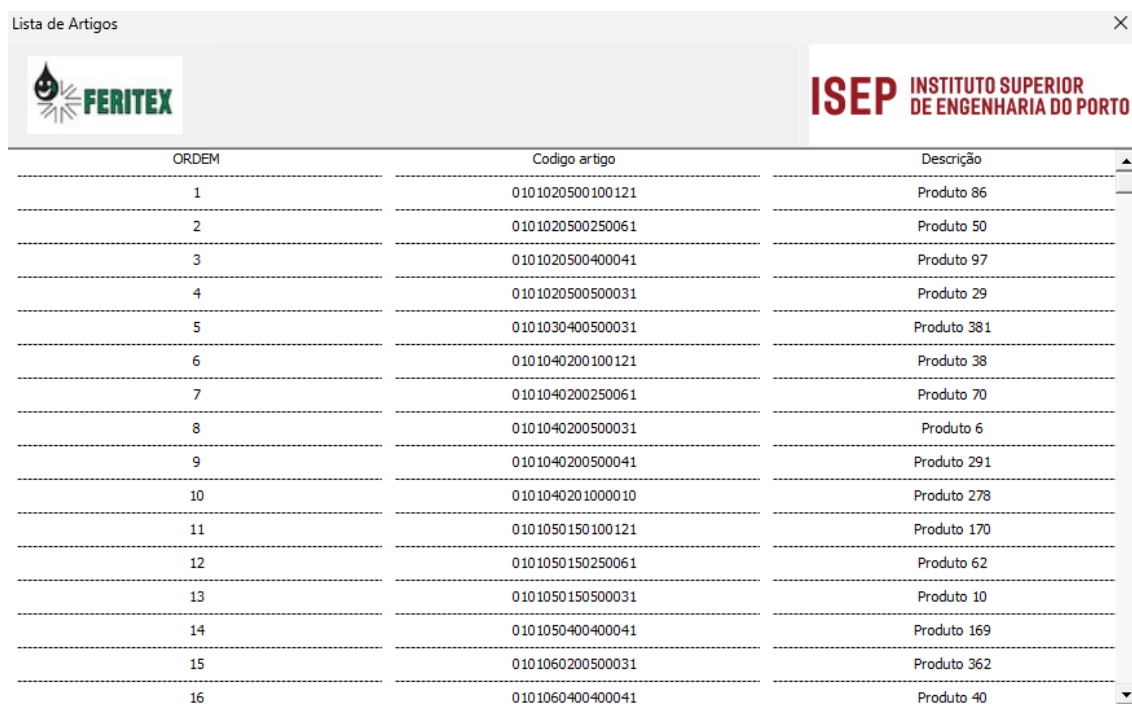
Após uma reunião com os diretores da empresa, foi definido que não existe *stock* mínimo para os produtos utilizados nesta dissertação pois, são produtos que são produzidos regularmente, uma vez que são os mais vendidos. No mesmo sentido, a produção destes artigos é mais fácil uma vez que não é necessário recorrer a nenhuma troca de molde pois algumas máquinas só produzem as embalagens em questão. Os únicos *setups* que devem ser realizados são a troca de cor e/ou matéria-prima e a troca do molde para o gargalo, se necessário. O lote mínimo foi definido pela direção em 10.000 unidades para a maior parte dos produtos. Já para o *lead time* será mantido é de uma semana, uma vez que este é o tempo dado para a produção dos artigos encomendados pelo cliente.

### 3.5. Ferramenta VBA

Implementações em *Microsoft Excel* necessitam, habitualmente, de navegação em diversas folhas, assim como interpretação de dados presentes em diversas tabelas. No âmbito que quer facilitar essa interação, assim como apresentar apenas os dados importantes, foi preparado um protótipo em VBA (*Visual Basic for Applications* ou Visual Básico para Aplicações) que permite interagir com as diversas folhas e tabelas presentes no ficheiro *Microsoft Excel* de forma mais simples onde só é necessário introduzir as informações necessárias, e a previsão é calculada e apresentada em um clique. O mesmo é utilizado para o cálculo do MRP. Desta forma, apenas as informações essenciais ao cálculo da previsão e para o MRP devem ser introduzidas para obter os resultados pretendidos.

#### 3.5.1. Protótipo da previsão de vendas

Tendo longas descrições de artigo assim como o código de artigo com diversos dígitos, procurou-se desenvolver uma forma simples e rápida para identificar os produtos. Para tal, foi realizado uma ordenação de forma arbitrária à lista de artigos utilizada na empresa, e uma numeração de 1 a 370 foi atribuída a cada produto para o poder identificar de forma mais simples. Desta forma, só é necessário introduzir o número de ordem do produto que se quer calcular a previsão. A figura 26 é apresentado a lista de artigos com a sua ordenação.





ORDEM	Codigo artigo	Descrição
1	0101020500100121	Produto 86
2	0101020500250061	Produto 50
3	0101020500400041	Produto 97
4	0101020500500031	Produto 29
5	0101030400500031	Produto 381
6	0101040200100121	Produto 38
7	0101040200250061	Produto 70
8	0101040200500031	Produto 6
9	0101040200500041	Produto 291
10	0101040201000010	Produto 278
11	0101050150100121	Produto 170
12	0101050150250061	Produto 62
13	0101050150500031	Produto 10
14	0101050400400041	Produto 169
15	0101060200500031	Produto 362
16	0101060400400041	Produto 40

Figura 26 - Interface "Lista de Artigos"

Como é possível observar nesta lista, o código de artigo, assim como a descrição do mesmo, são extensos. Procurar um produto com estas informações seria difícil, razão pela qual foi atribuído um número a cada produto para facilitar a identificação de artigo que será necessária para o cálculo da sua previsão. A figura 27 mostra como é realizado o mesmo.

Previsão ✕

Lista de Artigos
Calcular Previsão
Calcular MRP

Número de Ordem do Artigo:  Mês Fim de Previsão:

Nome do Artigo:

Código do Artigo:

Data	Ferramenta Excel	Regressão Linear	Holt-Winters Duplo	Holt-Winters Triplo
01-2024	11055	15858	12048	8154
02-2024	9815	15657	13788	8653
03-2024	14711	15457	12294	9150
04-2024	17276	15257	10800	9924
05-2024	8473	15056	9306	6727
06-2024	18671	14856	7812	11028

EQM
46234921,9225281
22449159,0043706
47227714,6083825
76574809,5420056

Figura 27 - Interface "Previsão"

O botão "Lista de Artigos" permite exibir a lista de artigos apresentada acima. Uma vez o artigo escolhido, é inserido o seu número de ordem na caixa de texto "Número do Artigo". Em seguida, basta clicar no botão "Calcular Previsão" e o cálculo será feito. Nas diferentes colunas são exibidos os resultados dos diferentes métodos apresentados neste trabalho assim como uma coluna "Data" que permite identificar de forma direta a data à qual correspondem os resultados apresentados. As caixas de texto relativas ao EQM permitem apresentar o Erro Quadrático Médio relativo a cada um dos métodos de previsão apresentados. A caixa de texto com o menor EQM será apresentada em verde. Se os dados de vendas forem devidamente completados na folha do *Microsoft Excel*, é possível escolher o fim do mês de previsão na lista "Mês Fim de Previsão". Exemplo: se o mês de janeiro de 2024 for completado com as quantidades vendidas, pode-se escolher como fim de mês de previsão o mês de julho 2024, mantendo desta forma uma previsão atualizada relativamente aos últimos dados.

### 3.5.2. Demonstrador MRP

O demonstrador MRP permite apresentar as quantidades de produtos que devem ser produzidas assim como as datas de lançamento para produção. Ao contrário da previsão, o MRP é calculado semanalmente. Para tal, são usadas como informações as quantidades previstas assim como as quantidades encomendadas pelos clientes que deverão ser inseridas

## Métodos e Aplicação

atempadamente. A figura 28 mostra o demonstrador de MRP que foi desenvolvido para melhor compreensão.

The screenshot shows the MRP demonstrator interface. It includes the following elements:

- Inputs:**
  - Número de Ordem do Artigo: 8
  - Descrição do Artigo: Produto 6
  - Código do Artigo: 010.10.40200500031
  - Método de Previsão: Ferramenta Excel
  - Mês de Cálculo: 01-2024
  - Stock Inicial: 0
  - Lote Mínimo: 10000
  - Lead Time: 1
  - Stock Mínimo: 0
- Buttons:** Guardar, Calcular, Voltar Previsão, Lista de Artigos
- Table:**

	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Encomendas		4914	4239	1404	3978	1755
Previsões		2212	2212	2212	2212	2212
Plano Diretor de Produção		10000	0	10000	0	0
Stock		5086	847	4657	4657	2445
Lançamento	10000	0	10000	0	0	0

Figura 28 - Demonstrador MRP

De mesmo que no protótipo da previsão, são mostradas as informações relativas ao produto atual (número de ordem de artigo, descrição do artigo e código de artigo). Visto que é utilizado a previsão para o cálculo, é possível escolher o método de previsão pretendido na lista pendente “Método de Previsão”. Da mesma forma, a lista pendente “Mês de Cálculo” permite escolher o mês que se pretende calcular o MRP. A previsão mensal feita para os produtos é dividida equitativamente para cada semana. Tendo em conta que alguns meses têm cinco semanas, foi programado um método que permite dividir a quantidade prevista em função do número de semanas do mês. Este método ativa ou desativa as caixas de texto para a “Semana 5” para tornar as mesmas inutilizáveis. A linha “Encomendas” é onde devem ser inseridas progressivamente as quantidades do produto encomendadas pelos clientes. As informações sobre o *stock* inicial, lote mínimo, *Lead Time* e *stock* mínimo também devem ser inseridas manualmente em função do produto. Uma vez que todas estas informações estão completadas, basta clicar no botão “Calcular” para obter os resultados. O botão “Guardar” irá guardar os dados das encomendas registados para que os mesmos estejam disponíveis posteriormente.

## 3.6. Identificação de problemas

Neste capítulo são apresentados alguns dos problemas identificados na empresa, propondo pela mesma ocasião algumas ideias de soluções para os mesmos.

### 3.6.1. Indústria 3.0

A Indústria 3.0 começou a ser desenvolvida a partir dos anos 70 e trouxe com ela vários avanços tecnológicos como a automatização avançada assim como o desenvolvimento da eletrônica a grande escala o que permitiu o aumento da eficiência industrial assim como a sua eficácia. Foram grandes inovações que marcaram a indústria pois trouxeram consigo melhorias tecnológicas que permitiram melhorar o processo de fabrico fazendo-o mais eficaz, uma vez que este é realizado com máquinas controladas por autómatos aumentando a produtividade e a fiabilidade.

Porém a tecnologia avança e no início dos anos 2000, aparece a Indústria 4.0 com a mundialização da internet. Esta última, permite a partilha de dados entre dispositivos de forma muito rápida e por todo o mundo. A Indústria 4.0 permite, entre outros, a coleta, partilha e análise de dados em tempo real da empresa. Estes dados permitem a melhoria e a otimização dos processos de fabrico, melhoria da qualidade do produto, redução de custos assim como a adaptação às mudanças de mercado. A Indústria 4.0 é uma mais-valia para as empresas.

A Feritex, atualmente, encontra-se na Indústria 3.0 e a mudança para a Quarta revolução Industrial seria benéfica para a empresa porque atualmente a gestão de *stocks* da empresa não é eficaz e é feita manualmente. A implementação de um sistema de gestão de *stocks* permitiria:

- A redução de custos com a diminuição de perdas de produto assim como a sobreprodução e a subprodução.
- Traria melhorias quanto à relação com o cliente garantindo que os produtos estejam disponíveis ou informando com melhor precisão da produção dos mesmos.
- Graças aos dados históricos guardados, seria possível prever a demanda futura e assim adequar o planeamento em função do mercado. Ajudando na tomada de decisão.
- Otimizar o espaço de armazenamento reduzindo os custos associados.

Existe pouca coleta de dados relativo à produção o que complica a melhoria do processo de fabrico da fábrica assim como a tomada de decisão. A adoção da tecnologia da Indústria 4.0 permitiria à empresa melhorar a eficácia, assim como a eficiência do processo de fabrico, pois traria como benefícios à empresa:

- Melhoria na qualidade graças à identificação da fonte de produtos não conformes facilitando as ações corretivas e a melhoria contínua.
- Melhoria da eficiência graças à análise de dados do processo de fabrico que pode revelar ineficiências e permitir a melhoria do fluxo aumentando a eficiência.

- Aumento da produtividade com a identificação de problemas e a implementação de recursos otimizados para a resolução dos mesmos permitindo maior produtividade.
- Maior flexibilidade quanto à produção de diferentes produtos melhorando a capacidade de adaptação ao mercado atual.

Estas são apenas algumas das melhorias resultantes da adoção da tecnologia da Indústria 4.0 onde as principais informações relativas à produção, armazenamento e vendas circulam de forma homogénea facilitando o acesso à informação por parte dos colaboradores ajudando na tomada de decisão, melhoria da eficiência assim como da eficácia e aumento da produção.

### **3.6.2. Máquinas antigas**

Algumas das máquinas utilizadas pela Feritex encontram-se ultrapassadas e podem beneficiar de uma modernização. Mesmo que estas sejam automatizadas, elas não fornecem informações quanto ao seu funcionamento como a cadência de produção, por exemplo. Assim, é difícil prever a produção por hora da máquina uma vez que esta muda em função do produto que é produzido. As afinações e as avarias repetidas aumentam o tempo de produção de um lote o que faz diminuir o indicador de OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Global de um Equipamento) da máquina.

Com máquinas mais recentes, é possível programá-las para que estas produzam apenas um número limitado de produtos. Dispondo da cadência de produção de cada produto fornecido pela máquina, é possível determinar quanto tempo é necessário para produzir uma certa quantidade de artigos. Graças a estas informações, é possível prever o tempo necessário para a produção de lotes e assim criar um escalonamento para as tarefas de produção melhorando o processo fabril. Pela mesma ocasião, o tempo de afinações diminui pelo facto das máquinas mais recentes possibilitarem o armazenamento de dados relativos aos artigos produzidos na mesma. O facto do sistema operativo da máquina indicar de forma mais precisa o local de avaria, este diminui o tempo de paragem indesejado da máquina. Desta forma, o indicador de OEE da máquina aumenta.

### **3.6.3. Perda de informação por causa de papéis**

Toda a informação que circula na empresa é dada por meio oral ou por papel. Assim sendo, algumas informações podem ser interpretadas de forma imprecisa ou incorreta. Um exemplo claro deste problema é o registo da produção no chão de fábrica, onde no momento de completar as folhas, os colaboradores não escrevem as informações completas do produto ou usam uma linguagem confusa. O uso de sistemas informáticos traria soluções a este problema pois:

- elimina a má leitura do registo por conta da ortografia.
- facilita o registo do documento pois este fica automaticamente guardado no sistema.
- diminui o uso de papel.

- o uso de um código de barras para cada artigo elimina a falta de informações ou informações distorcidas uma vez que o código de barras é único para cada artigo.
- a informação fica guardada no sistema informático e pode ser consultada a qualquer momento diminuindo assim a distorção de informação e aumentando a partilha de informações uma vez que estas podem ser consultadas por vários trabalhadores.

Graças a estas vantagens, os dados da produção podem ser tratados com mais facilidade para a gestão de *stock*. Todo o trabalho encontrado para o cálculo da sobreprodução descrito no ponto 3.2.1 poderia ter sido diminuído ou mesmo eliminado graças a um sistema informático onde é registada a produção de cada produto diretamente na linha de produção. A perda de informação dada por meio oral ou por papel diminuiria, pois, guardar informações num *software* permite que estas fiquem intactas, consultáveis a qualquer momento e por vários colaboradores se necessário.

#### 3.6.4. Armazém

A falta de levantamento de *stock* no armazém não só diminui a eficiência do processo fabril, como aumenta o desperdício de área de armazenamento disponível. Como referido anteriormente, não saber o que existe com precisão no inventário faz com que o *stock* seja recontado várias vezes. O risco de haver sobreprodução ou subprodução aumenta junto com a diminuição da eficiência. Outro risco é a diminuição de área disponível para o *stock* atual. Na Feritex existem paletes de artigos que não são vendidos atualmente e que estão parados ocupando espaço que poderia ser utilizado para os artigos em uso. Estes artigos chamados de “monos” poderiam ser destruídos e reutilizados para a produção de outros artigos.

Este não levantamento de inventário aumenta também a probabilidade de falta de matéria-prima, como é o caso dos rótulos, onde a encomenda dos mesmos é feita em atraso o que atrasa, na mesma medida, a produção. Dispondo de informações atualizadas sobre as quantidades de matéria-prima na fábrica assim como das necessidades, a encomenda poderia ser prevista com antecedência diminuindo o risco de atraso da produção.

Não dispondo de dados exatos afeta a relação com o cliente uma vez que não se sabe ao certo se existe a mercadoria pretendida e em quantidades suficientes. Garantir que os produtos estão disponíveis quando o cliente necessita, aumenta a satisfação do mesmo dando melhor reputação à empresa.

### 3.7. Inteligência de Negócios

A *Business Intelligence* ou Inteligência de Negócios é um conjunto de ferramentas e aplicações que permitem o uso da base de dados para ajudar na tomada de decisão na empresa (Lucas et al., 2016).

Neste trabalho são usadas as quantidades de vendas dos produtos para realizar uma previsão mensal. Graças a esta previsão é pretendido que se ajuste a produção em função do mercado atual. Se as vendas estiverem a baixar, a produção deve baixar para evitar sobreprodução e os

## Métodos e Aplicação

custos associados. Se as vendas estiverem a subir, a produção deve subir para evitar rotura de *stock*. Se as vendas estiverem constantes, a produção deve permanecer constante para providenciar as quantidades de produto necessárias ao cliente.

Neste sentido, foi recorrido ao uso do *software Microsoft Power BI* como plataforma de apresentação da Inteligência de Negócios deste trabalho. Esta escolha justifica-se pelo facto do uso do *software Microsoft Excel* para o tratamento de dados tanto deste trabalho como na empresa. Fazendo estes dois programas de computação do ecossistema da *Microsoft Office*, a partilha de dados entre os dois é muito mais fácil de uso. Ao atualizar os dados na folha de calculo do *Microsoft Excel*, os mesmos são automaticamente atualizados no ficheiro correspondente do *Microsoft Power BI* resultando que a cada uso deste último, os dados visualizados são os mais recentes registados.

O ficheiro *Microsoft Power BI* apresenta graficamente as vendas bem como as previsões mensais de cada produto. Pretende-se que com este ficheiro seja mais fácil a tomada de decisão quanto à produção de embalagens da Feritex. Sendo gráficos mais fáceis de interpretação que números numa tabela, o uso desta ferramenta permite a visualização gráfica das vendas assim como a sua previsão para o próximo mês ajudando desta forma na tomada de decisão quanto à produção de embalagens nos próximos dias com base nos dados do mercado atual.

## 4. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na aplicação de uma previsão de vendas dos produtos mais vendidos da Feritex, é mostrado a aplicação do demonstrador de MRP para os mesmos produtos e no último subcapítulo são analisados os resultados obtidos.

### 4.1. Resultados da Previsão

A previsão de vendas dos produtos vendidos na Feritex, foi criada através da análise das vendas mensais no ano de 2023. Os resultados obtidos correspondem à previsão de vendas entre janeiro 2024 e junho 2024. Os mesmos foram comparados com as vendas reais no mesmo espaço temporal para mostrar a exatidão das previsões.

Os produtos estudados limitaram-se ao grupo A da análise ABC previamente realizada. Para poder fazer uma comparação entre os diferentes produtos assim como os diferentes métodos de previsão utilizados, foi utilizado o *software Microsoft Power BI*. Graças a associação dos resultados obtidos no *Microsoft Excel* ao *Microsoft Power BI*, foi possível apresentar os resultados mais importantes numa forma gráfica para que estes possam ser analisados de uma forma mais fácil com o intuito de ajudar na tomada de decisão quanto ao melhor método de previsão.

#### 4.1.1. “Produto 1”

O primeiro produto analisado é o “Produto 1”. Este é o produto mais vendido da empresa. É apresentado na figura 29 os quatro gráficos relativos às diferentes ferramentas de previsão apresentadas. No APÊNDICE B encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

## Resultados e Discussão

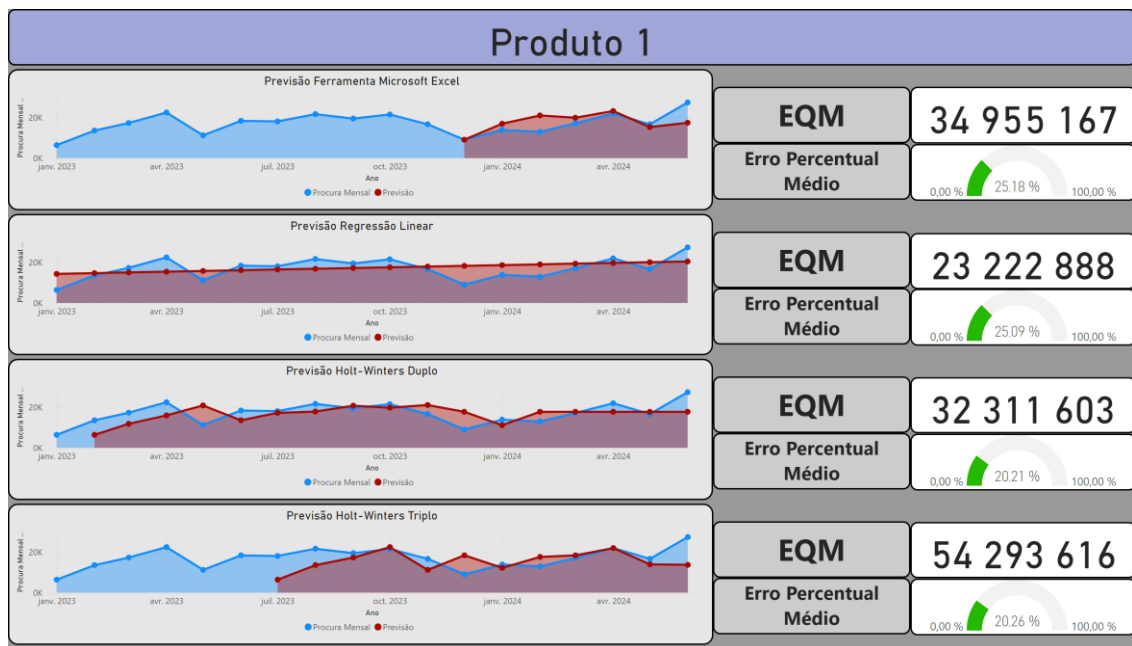


Figura 29 - “Produto 1”

Dos métodos propostos, os que apresentam melhores resultados são os métodos Holt-Winters Duplo e Holt-Winters Triplo que, quando comparados com as vendas reais do produto, obtêm um erro percentual médio de 20%. É de destacar que estes dois métodos são dos que têm um Erro Quadrado Médio (EQM) mais alto. As previsões propostas pela *Microsoft Excel* assim que pela *Regressão Linear*, têm um erro percentual médio de 25% que está próximo dos métodos referidos anteriormente. Neste caso, uma vez que as quatro propostas oferecem resultados relativamente próximos, qualquer uma poderia ser usada.

### 4.1.2. “Produto 2”

O segundo artigo do grupo A da análise ABC é o “Produto 2”. Na figura 30 são apresentados os gráficos com a previsão para este produto. No APÊNDICE C encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

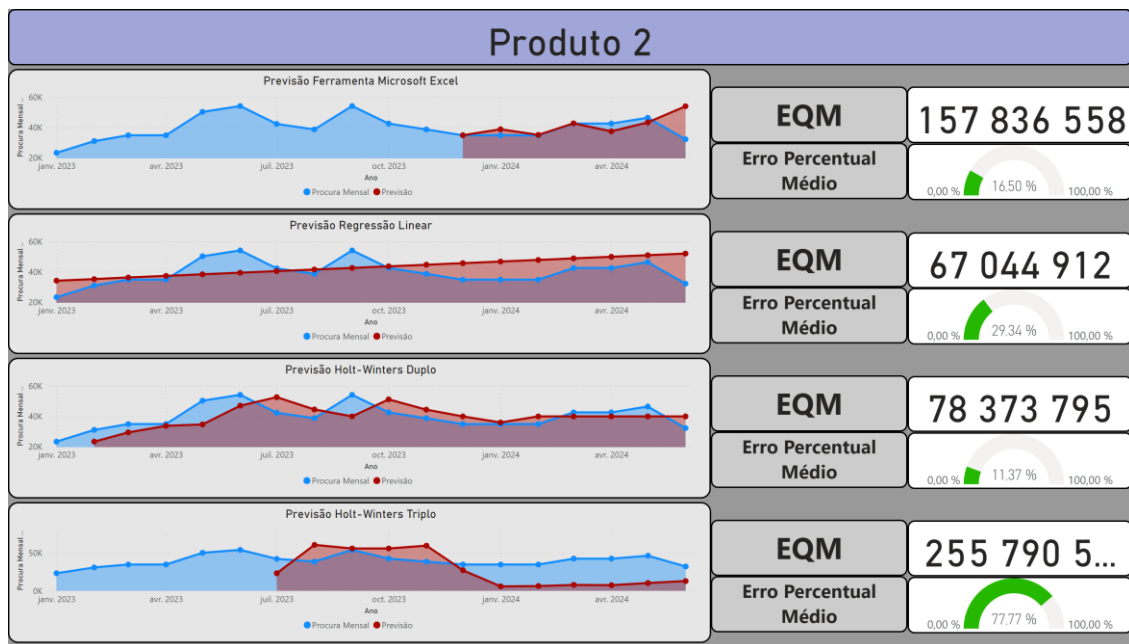


Figura 30 - “Produto 2”

Neste artigo, o método com o menor erro percentual médio é o Holt-Winters Duplo com 11% de erro. Os métodos do *Microsoft Excel* e Holt-Winters Triplo estão próximos com 16% e 19% respectivamente. Já o método da Regressão Linear apresenta um erro percentual médio de 29%. Neste caso observa-se que a proposta com o EQM mais baixo é a que apresenta piores resultados, porém é o segundo EQM mais baixo quem apresenta melhores resultados.

#### 4.1.3. “Produto 3”

O terceiro produto a ser analisado é “Produto 3”. A figura 31 mostra os resultados obtidos. No APÊNDICE D encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

## Resultados e Discussão

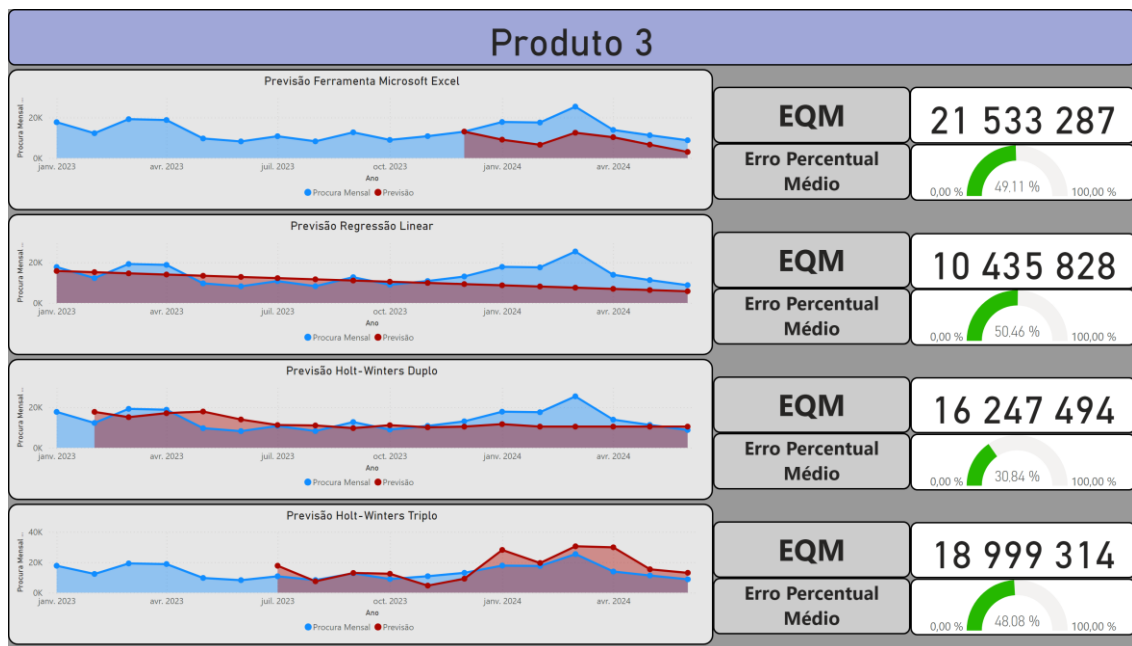


Figura 31 - "Produto 3"

Mais uma vez, a ferramenta que apresenta melhores resultados é a Holt-Winters Duplo com um erro entre a previsão e as vendas reais de 31%. Os restantes métodos apresentam todos erros próximos de 50%. Neste produto é o segundo método com o EQM mais baixo que apresenta melhores resultados. Consta-se que todas as quatro ferramentas preveem uma descida das vendas o que aparenta ser real após o segundo trimestre de 2024.

### 4.1.4. "Produto 4"

O quarto produto mais vendido da Feritex é "Produto 4" e os resultados obtidos da previsão de vendas estão representados na figura 32. No APÊNDICE E encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

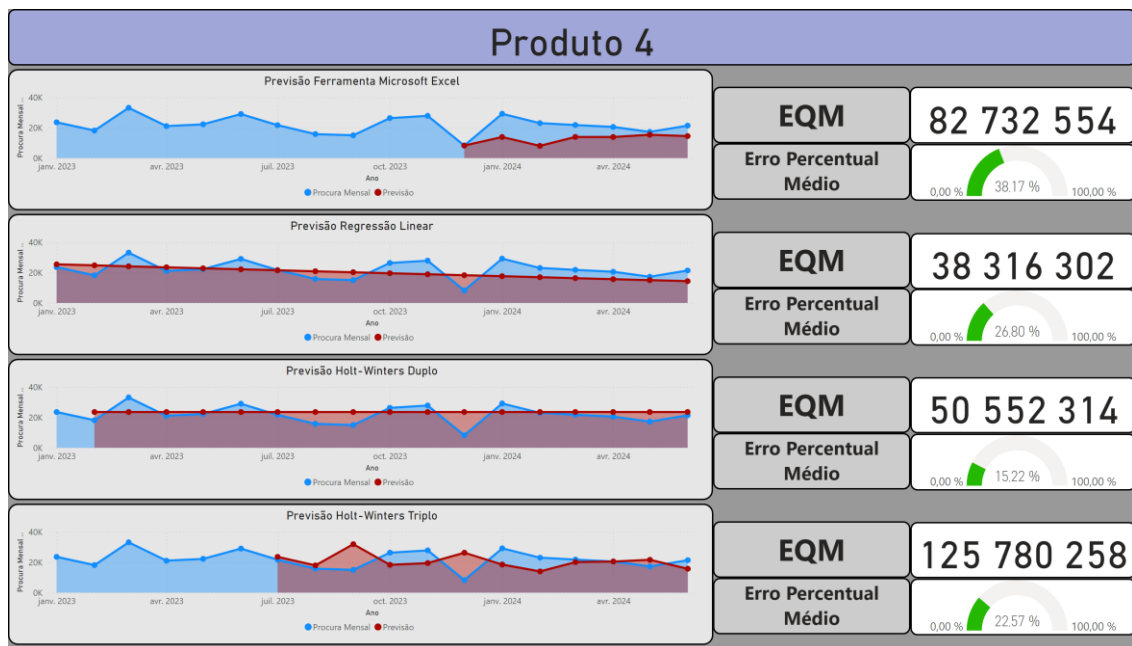


Figura 32 – “Produto 4”

Aqui, as vendas apresentam alguma aleatoriedade como é possível ver para o mês de dezembro 2023 onde as vendas descem drasticamente. Contudo, o método Holt-Winters Duplo apresenta novamente o melhor resultado com um erro percentual médio de 15%. Os métodos Holt-Winters Triplo, a Regressão Linear e a ferramenta *Microsoft Excel* seguem com 23%, 27% e 38% respectivamente. Novamente, é o segundo EQM mais baixo que apresenta os melhores resultados. Tendo em conta da aleatoriedade das vendas para este produto, a tendência está dividida entre os diferentes métodos, onde a Regressão Linear e o Holt-Winters Triplo preveem uma ligeira descida das vendas e os métodos *Microsoft Excel* e Holt-Winters Duplo preveem as vendas constantes.

#### 4.1.5. “Produto 5”

O quinto produto estudado é “Produto 5” que tem as previsões apresentadas na figura 33. No APÊNDICE F encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

## Resultados e Discussão

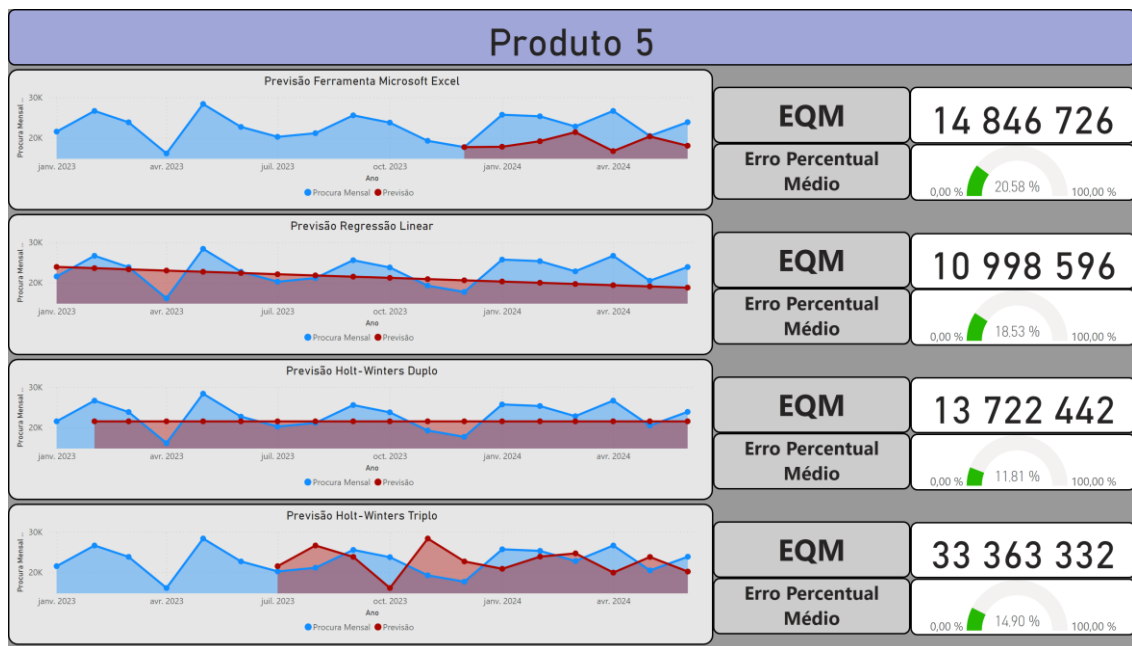


Figura 33 - “Produto 5”

Assim como no primeiro produto, as quatro ferramentas apresentam resultados próximos, com diferença de 9% entre o erro percentual médio mais baixo e o mais alto. Observa-se que existe uma certa aleatoriedade nas vendas deste produto, mais acentuada que no produto anterior o que dificulta a previsão de vendas. Novamente, o melhor erro percentual é do método Holt-Winters Duplo, que detém pela mesma ocasião o segundo melhor EQM.

### 4.1.6. “Produto 6”

Em sexto e último lugar do grupo A da análise ABC encontra-se o produto “Produto 6” cujo as previsões de vendas para o primeiro semestre de 2024 encontram-se na figura 34. No APÊNDICE G encontram-se os resultados numéricos obtidos com as diferentes ferramentas.

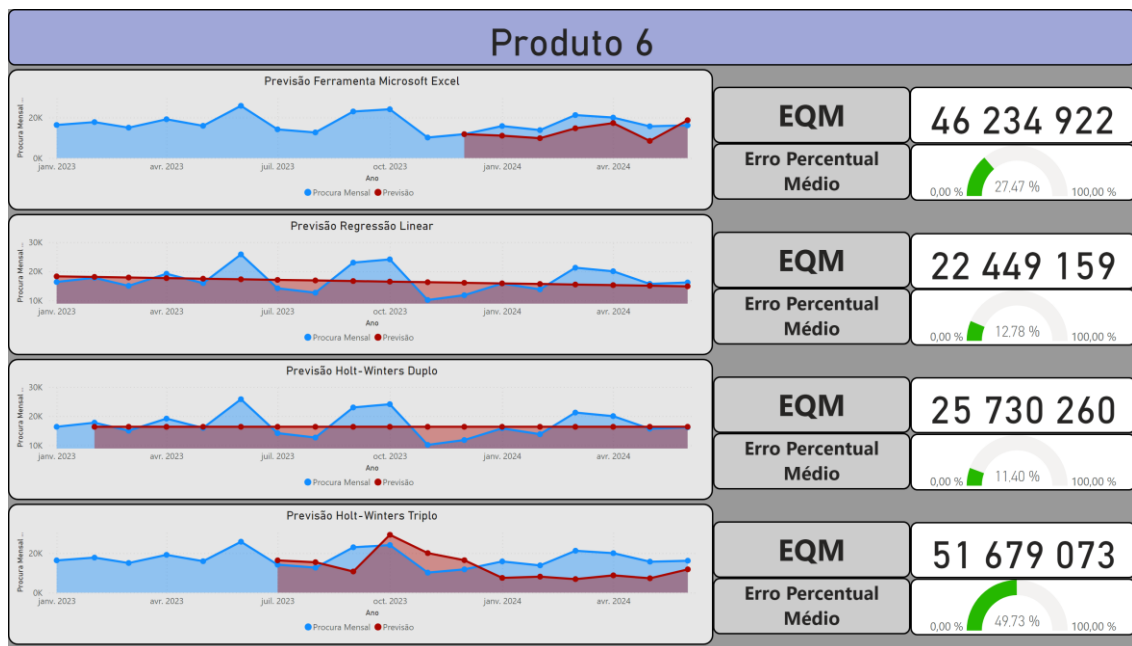


Figura 34 - “Produto 6”

Assim como todos os casos apresentados anteriormente, o método Holt-Winters Triplo é quem apresenta o melhor erro percentual médio (11%) e o segundo melhor EQM. O melhor EQM é obtido pelo método da Regressão Linear que detém o segundo melhor erro percentual com 13%. Nota-se que existe uma certa disparidade nos erros percentuais médios para a ferramenta *Microsoft Excel* (27%) e o método Holt-Winters Triplo (50%). Estes resultados podem ser justificados pelas vendas incertas do produto.

## 4.2. Resultados com o demonstrador MRP

O cálculo de MRP aqui apresentado foi realizado apenas para o produto “Produto 5”, pois é o artigo que aparenta maior aleatoriedade nas vendas em comparação aos cinco outros artigos estudados na previsão de vendas.

Procura-se mostrar a eficácia da metodologia MRP face à venda incerta dos produtos.



O *stock* inicial do primeiro mês será considerado como nulo uma vez que não se sabe qual a quantidade de unidades existentes do produto no armazém. Os restantes parâmetros utilizados para o cálculo do MRP são os mesmos que descritos anteriormente no trabalho, que são:

- Nenhum *stock* mínimo, pois, é um dos produtos mais vendidos pela empresa
- *Lead Time* de 1 semana
- Lote mínimo de 10.000 unidades

Os cálculos apresentados serão para o primeiro trimestre de 2024 tendo em conta que o procedimento para os restantes meses é repetitivo e não agrega nenhuma informação relevante a este trabalho. Na figura 35 é apresentado os resultados obtidos para o mês de janeiro 2024.

## Resultados e Discussão

MRP

Número de Ordem do Artigo:  Stock Inicial:

Descrição do Artigo:  Lote Mínimo:

Código do Artigo:  Lead Time:

Método de Previsão:  Stock Mínimo:

Mês de Cálculo:

	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Encomendas		<input type="text" value="7371"/>	<input type="text" value="5493"/>	<input type="text" value="4758"/>	<input type="text" value="5265"/>	<input type="text" value="5382"/>
Previsões		<input type="text" value="4306"/>	<input type="text" value="4306"/>	<input type="text" value="4306"/>	<input type="text" value="4306"/>	<input type="text" value="4306"/>
Plano Diretor de Produção		<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="0"/>
Stock		<input type="text" value="2629"/>	<input type="text" value="7136"/>	<input type="text" value="2378"/>	<input type="text" value="7113"/>	<input type="text" value="1731"/>
Lançamento	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="10000"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Figura 35 - Cálculo MRP para o mês de janeiro 2024

Para este artigo foram escolhidos os dados do método de previsão Holt-Winters Duplo, pois foi o que apresentou melhores resultados em todos os produtos. A previsão obtida para o mês de janeiro 2024 foi dividida em 5 partes iguais uma vez que o mês de janeiro conta com 5 semanas. Foram adicionados os dados relativos às encomendas de cada semana do mesmo mês. Uma vez que não existe *stock* inicial, é necessário começar pela produção antecipada de 10.000 unidades que corresponde ao lote mínimo do produto, para poder responder à procura da primeira semana. Será necessário produzir o produto nas semanas um e três em que a quantidade corresponde ao lote mínimo visto que as vendas não ultrapassam 10.000 unidades. O mês acaba com um *stock* de 1731 unidades que serão transpostas ao *stock* inicial do mês de fevereiro cujos dados estão apresentados na figura 36.

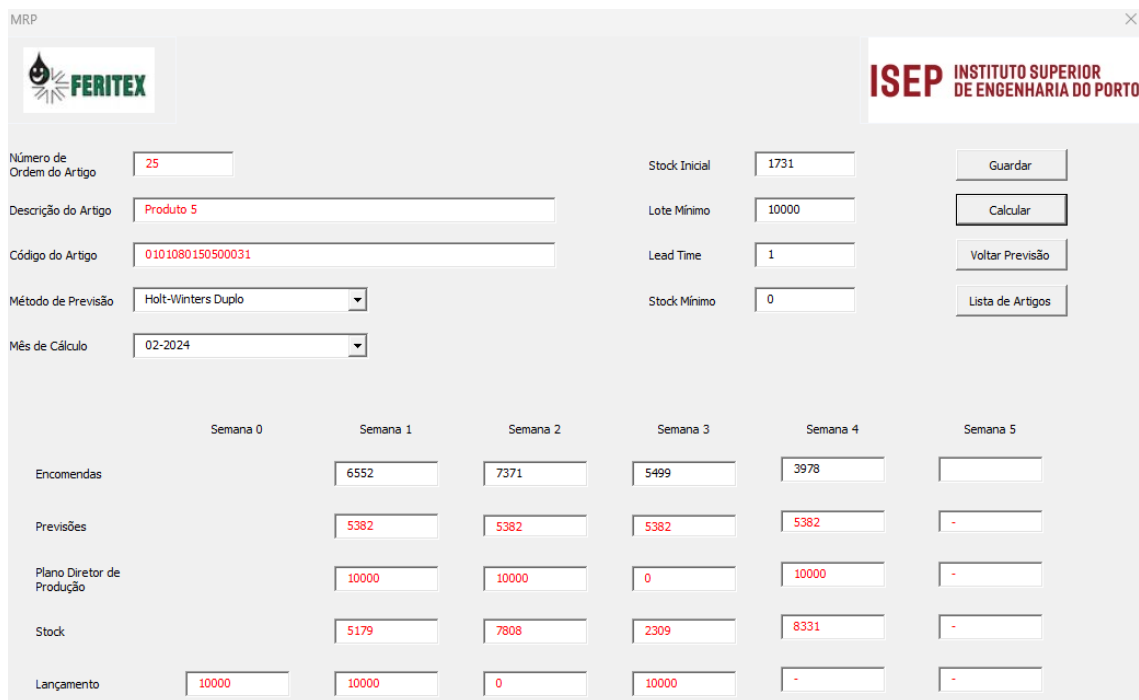


Figura 36 - Cálculo MRP para o mês de fevereiro 2024

As encomendas da primeira semana de fevereiro 2024 impõem que seja lançado a produção do artigo na última semana de janeiro uma vez que o *stock* inicial do mês é insuficiente. Será necessário produzir o artigo nas semanas um e três do mês. Contrariamente a janeiro, o mês de fevereiro 2024 possui quatro semanas. As previsões do modelo Holt-Winters Duplo serão então divididas equitativamente nas quatro semanas.

Na figura 37 é apresentado os resultados obtidos para o mês de março 2024.

## Resultados e Discussão

	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Encomendas		3978	12753	4779	1287	
Previsões		5382	5382	5382	5382	-
Plano Diretor de Produção		0	10000	10000	0	-
Stock		4353	1600	6821	5534	-
Lançamento		0	10000	10000	0	-

Figura 37 - Cálculo MRP para o mês de março 2024

O *stock* inicial de 8331 unidades é suficiente para as vendas da primeira semana de março 2024, logo não é necessário lançar a produção do artigo para o início do mês. Contudo, as encomendas da segunda e terceira semana obrigam o lançamento da produção de 10.000 unidades para a semana um e dois. Estas são as únicas produções do mês e permitem que na semana quatro exista um *stock* de 5534 unidades que será o *stock* inicial do mês de abril 2024.

### 4.3. Discussão de resultados

Os resultados obtidos na previsão de vendas para os seis produtos mais vendidos da Feritex, mostram a fiabilidade nos métodos aplicados. Tendo como melhor método o Holt-Winters Duplo que atingiu os melhores resultados em todos os artigos estudados, este teve como pior resultado, em comparação às vendas reais do produto em questão, um erro percentual médio de 31%. O método Holt-Winters Duplo é então um bom método para a previsão de vendas dos produtos da Feritex em razão dos bons resultados que alcançou.

Os métodos que obtiveram piores resultados, são os métodos Holt-Winters Triplo e a Regressão Linear, ambos com 50% de erro percentual médio. Este erro elevado pode ser explicado pelo aparecimento, mesmo que pontual, de uma encomenda fora dos padrões, mas também pela falta de dados históricos que poderiam ajudar na deteção de alguma sazonalidade. De facto, a realização de uma previsão com apenas os dados históricos de um ano, impede a deteção de alguma sazonalidade anual. Graças a uma maior base de dados históricos seria possível diminuir o erro e assim aumentar a probabilidade de atingir uma previsão de vendas mais próxima da realidade.

O demonstrador MRP mostra como a gestão de *stocks* contribui ao bom funcionamento da empresa visto que graças a esta ferramenta é fácil de determinar quando e quanto produzir, mas também qual a quantidade de artigos que existe no armazém. Esta ferramenta permite assim controlar a produção de embalagens de forma que não exista nem sobreprodução, nem subprodução, facilitando o planeamento da produção em função da demanda e do *stock* existente.

Graças à mistura da previsão de vendas assim que do MRP, é possível prever a produção das embalagens e assim programar a mesma com antecedência. Isto permite diminuir atrasos de produção e melhora a organização da mesma, uma vez que é previsto a venda de uma certa quantidade de unidades do artigo em questão. Devido a estas metodologias, poderá ser realizado com maior eficiência o planeamento da troca de molde das máquinas, a troca do molde de gargalo ou a receita da matéria-prima. Isto diminuiria o tempo de paragem das máquinas, aumentando o rendimento das mesmas.

Tendo em conta que é necessário produzir uma certa quantidade de unidades de um artigo para que a produção do mesmo seja rentável, o lançamento de produções desnecessárias faz com que sejam produzidos produtos a mais ou que a produção não seja lucrativa. A aplicação destes métodos possibilita a diminuição do número lançamentos de produção que aumenta os lucros e reduz o *stock* desnecessário, melhorando o processo fabril da empresa.

## Resultados e Discussão

## 5. Conclusão

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas durante o trabalho realizado na empresa Feritex respondendo ao problema proposto. Em seguida serão apresentadas as limitações encontradas no decorrer do estágio assim como trabalhos futuros.

### 5.1. Conclusões finais

Tendo como foco a melhoria de gestão de *stock* na empresa Feritex, o desenvolvimento de um protótipo de uma ferramenta de previsão de vendas mostra que é possível obter dados próximos da realidade e que os mesmos podem ser utilizados a fim de melhor controlar a produção de embalagens plásticas. No caso da Feritex e nos seis produtos mais vendidos da organização, o método de previsão que melhor se destacou foi o Holt-Winters Duplo que obteve os melhores resultados em todos os produtos. O seu pior resultado em comparação às vendas reais foi um erro de 31% que é relativamente baixo tendo em conta que a previsão foi calculada com dados históricos de apenas um ano. Estes resultados mostram que a previsão de vendas dos produtos é próxima da realidade e que pode ser utilizada para controlar a produção de embalagens plásticas.

Em adição ao protótipo de ferramenta de previsão, foi desenvolvido um demonstrador MRP para poder realizar o plano de produção. A melhor opção para o recurso a um MRP, é a adoção de um *software* destinado ao efeito uma vez que diversas informações fluem em toda a empresa ao mesmo tempo. Estas informações estão relacionadas com a entrada de produtos acabados de produzir no armazém, saída de artigos do armazém para o cliente, entrada de novas encomendas por parte dos compradores. Estas informações estão sempre a evoluir ao longo do dia de trabalho e, realizar a coleta de todas estas informações no âmbito é algo difícil de concretizar. Por outro lado, uma vez que a empresa não dispõe de nenhum sistema de MRP, a implementação do mesmo seria algo dispendioso e longo ao longo do tempo. Existiria uma mudança numa grande parte dos setores da empresa, porém seria algo benéfico para a mesma uma vez que seria possível controlar toda a produção diminuindo os custos.

Graças ao controlo de produção, é possível obter uma redução de custos de produção de mesmo que uma redução de *stock* desnecessário. Saber quando e quanto produzir, viabiliza a previsão de *setup* das máquinas, diminuindo o tempo de paragem das mesmas e aumentando o seu rendimento. A produção escusada de artigos, resulta num aumento de *stock*, mas, também na ocupação desnecessária da máquina que poderia ser usada para outros efeitos mais

## Conclusão

importantes. O aumento do número de *setups* faz com que os técnicos do setor da manutenção estejam ocupados com o processo o que diminui o seu tempo para outras tarefas.

Uma boa gestão de stocks melhora o processo no setor do armazém, mas também numa grande parte dos setores de toda a empresa facilitando o trabalho dos trabalhadores, diminuindo os custos e aumentando o benefício da organização.

## 5.2. Limitações e trabalhos futuros

Relativamente ao sistema de gestão de *stock* atual utilizado pela empresa, a comparação entre a quantidade de produtos produzidos e a quantidade de produtos vendidos foi um verdadeiro desafio. Foi necessário procurar nas folhas de produção escritas manualmente pelos colaboradores, informações relativas às quantidades e ao artigo produzido. Este foi um processo longo e laborioso uma vez que o acesso à informação era limitado.

O recurso a um *software* MRP facilitaria a empresa em diversos processos. Este permitiria a diminuição de erros no registo das embalagens produzidas assim como no registo de lotes. Tendo em conta que atualmente a empresa faz estes registos manualmente, é comum acontecerem erros durante estes registos. Na medida que um sistema informático faz esta tarefa de forma clara e eficaz, esse erro diminuiria. Saber a quantidade de *stock* de um determinado artigo seria uma tarefa fácil de executar e acessível em qualquer computador da empresa que tenha acesso ao programa.

# Referências

- Ackermann, A. E. F., & Sellitto, M. A. (2022). Demand forecasting methods: a review of the literature. *Innovar*, 32(85). <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n85.100979>
- Americo, G. A., & Costa, C. A. (2019). Planejamento e controle da produção em um ambiente de produção sob encomenda. *Scientia Cum Industria*, 7(2), 68–75. <https://doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p68>
- Asadabadi, M. R. (2016). A Revision on Cost Elements of the EOQ Model. *Studies in Business and Economics*, 11(1), 5–14. <https://doi.org/10.1515/sbe-2016-0001>
- Atan, Z., Ahmadi, T., Stegehuis, C., Kok, T. de, & Adan, I. (2017). Assemble-to-order systems: A review. *European Journal of Operational Research*, 261(3), 866–879. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.02.029>
- Ávila, P., & Bastos, J. (2022). *PLANEAMENTO E CONTROLO DA PRODUÇÃO UMA VISÃO INTEGRADA*. [www.quanticaeditora.pt](http://www.quanticaeditora.pt)
- Borade, A. B., & Ardak, P. S. (2017). A State of art on economic production quantity models. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(2), 183–186. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n2.a5>
- Carvalho Machado, A. G., & Araújo de Moraes, W. F. (2009). Da produção em massa à customização em massa: sustentando a liderança na fabricação de motores elétricos. *Cadernos EBAPE.BR*, 7.
- Chang, K. H., & Lu, Y. S. (2010). Queueing analysis on a single-station make-to-stock/make-to-order inventory-production system. *Applied Mathematical Modelling*, 34(4), 978–991. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2009.07.009>
- De Toledo, J. C., Ferro, J. R., & Serra Truzzi, O. M. (1986). *Indústrias de processo contínuo: novos rumos para a organização do trabalho*.
- Ferreira, A. L., Dalto, J. L., Ferreira, M. A., & Oliveira, R. (2012). *Práticas de Gestão de Produção e Operações*.
- Fonda, E., & Meneghetti, A. (2022). The Human-Centric SMED. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010514>
- Gomes dos Santos, A. C., Ferreira, L., & Da Cunha Reis, A. (2019). *Gestão de estoque em uma empresa varejista: aplicação conjunta da análise abc e previsão de demanda*. <https://www.researchgate.net/publication/333907313>
- Grabenstetter, D. H., & Usher, J. M. (2015). Sequencing jobs in an engineer-to-order engineering environment. *Production and Manufacturing Research*, 3(1), 201–217. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1035461>
- Hibino, H., Tanaka, K., Umezawa, Y., & Fukuda, Y. (2014). Method for production forecast in demand-synchronized production. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing*, 8(6). <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2014jamdsm0076>
- Hu, S. J. (2013). Evolving paradigms of manufacturing: From mass production to mass customization and personalization. *Procedia CIRP*, 7, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.002>
- Kukułka, A., & Wirkus, M. (2017). Issues of Measuring the Course of Batch Production Processes. *Procedia Engineering*, 182, 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.119>
- Liang, C. C. (2013). Smart inventory management system of food-processing-and-distribution industry. *Procedia Computer Science*, 17, 373–378. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.048>

## Referências

- Lucas, A., Café, L. M. A., & Viera, A. F. G. (2016). Inteligência de negócios e inteligência competitiva na ciência da informação brasileira: Contribuições para uma análise terminológica. *Perspectivas Em Ciencia Da Informacao*, 21(2), 168–187. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/2568>
- Lui, S., Abdelzaher, T., Rze, K.-E. A. Ê., Cervin, A., Baker, T., Burns, A., Buttazzo, G., Lehoczky, J., & Mok, A. K. (2004). *Real Time Scheduling Theory: A Historical Perspective* (Vol. 28). Kluwer Academic Publishers.
- Luiz, A., De, M., Leão, S., Carvalho, S., De Mello, B., & Gomes Vieira Resumo, S. (2009). O papel da teoria no método de pesquisa em Administração The role of theory on Administration research method. In *Organizações em contexto, Ano* (Vol. 5).
- Lustosa, L. Junqueira., & Mesquita, M. A. de. (2008). *Planejamento e controle da produção*.
- Ly, R., & Raweewan, M. (2018). Flexible ABC Inventory Classification. *KnE Life Sciences*, 4(2), 228. <https://doi.org/10.18502/kls.v4i2.1676>
- Millstein, M. A., Yang, L., & Li, H. (2014). Optimizing ABC inventory grouping decisions. *International Journal of Production Economics*, 148, 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.007>
- Müller Guerini, F., Vairo Belhot, R., & Azzolini Junior, W. (2014). *Planejamento e controle da produção: Projeto e operação de sistemas*.
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2019). *Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Radio Final Assembly Lines*. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Perales, W. (2001). *CLASSIFICAÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO*.
- Pereira, B. M., Chaves, G., Bellumat, M. S., Vieira Barboza, M., & Dutra, R. de V. (2015). *GESTÃO DE ESTOQUE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE DE JAGUARÉ*.
- Pérez, F. A., Torres, F., & Amaya, C. (2022). Analysis of a JIT Stochastic Inventory System for deteriorating items. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2677–2682. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.114>
- Porte, M. D. S., & Sampaio, E. S. (2015). Pesquisa bibliométrica e cientiométrica em auditoria (2002-2013). *Revista de Educação e Pesquisa Em Contabilidade (REPeC)*, 9(2). <https://doi.org/10.17524/repec.v9i2.1183>
- Samak-Kulkarni, S. M., & Rajhans, N. R. (2013). Determination of optimum inventory model for minimizing total inventory cost. *Procedia Engineering*, 51, 803–809. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.115>
- Segerstedt, A., Abdul-Jalbar, B., & Samuelsson, B. (2023). Reformulated Silver-Meal and Similar Lot Sizing Techniques. *Axioms*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/axioms12070661>
- Shingo, S. (1983). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*.
- Silva, B. L., Nunes de Santana, L., & R. de Arruda Falcão, A. C. (2020). *Análise ABC para tomada de decisão de produtos a pronta entrega ou por encomenda*.
- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 5). [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)[www.materialstoday.com/proceedings](http://www.materialstoday.com/proceedings)
- Stadnicka, D. (2015). Setup analysis: Combining SMED with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6(1), 36–50. <https://doi.org/10.1515/mper-2015-0006>
- Taleizadeh, A. A., Wee, H. M., & Sadjadi, S. J. (2010). Multi-product production quantity model with repair failure and partial backordering. *Computers and Industrial Engineering*, 59(1), 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.02.015>
- Thays, M., Boiko, J. P., Rodrigues, F. W., Ic-Fecilcam, V., Araucária, F., & Geppgo, G. P. (2009). *CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UMA ABORDAGEM DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*.

## Referências

- Thurer, M., & Godinho Filho, M. (2012). *Redução do lead time e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: a abordagem Worload Control (WLC) para o Planejamento e Controle da Produção (PCP)*. 19, 43–58.
- Thury, G., & Witt, S. F. (1998). *Forecasting Industrial Production Using Structural Time Series Models*.
- Vasilienė-Vasiliauskienė, V., Vasiliauskas, A. V., Čižiūnienė, K., & Kaknevičiūtė, G. (2018, September 6). *PECULIARITIES OF INVENTORY MANAGEMENT STRATEGIES OF LITHUANIAN MANUFACTURING COMPANIES*. <https://doi.org/10.3846/bm.2018.17>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38, 892–899. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>
- Willner, O., Powell, D., Duchi, A., & Schönsleben, P. (2014). Globally distributed engineering processes: Making the distinction between engineer-To-order and make-To-order. *Procedia CIRP*, 17, 663–668. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.054>
- Zijm, W. H. M. (2000). Towards intelligent manufacturing planning and control systems. *Perspektiven intelligenter Produktionsplanungs- und Produktionssteuerungssysteme*. In *OR Spektrum* (Vol. 22). Springer-Verlag.

## Referências

# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: FÁBIO MIGUEL MENDES ALVES

ISEP, Porto, 10 de setembro de 2024

## Declaração de Integridade

# Apêndice A

Análise ABC - Artigos-Vendas-Quantidade										
Ordem	Código	Descrição	Quantidade	Quantidade Acumulada	Quantidade em %	Valor	Valor em %	Quantidade acumulada em %	Valor acumulado em %	Preço unitário
1	308150000400031	Produto 1	261248	261248	3,59%	446.641,54 €	9,65%	3,59%	9,65%	1,71 €
2	701520000500031	Produto 2	478530	739778	6,57%	371.923,36 €	8,04%	10,15%	17,69%	0,78 €
3	201200800500010	Produto 3	154153	893931	2,12%	279.844,71 €	6,05%	12,27%	23,73%	1,82 €
4	101200150500010	Produto 4	261910	1155841	3,60%	223.178,59 €	4,82%	15,87%	28,56%	0,85 €
5	101080150500031	Produto 5	266850	1422691	3,66%	222.267,57 €	4,80%	19,53%	33,36%	0,83 €
6	101040200500031	Produto 6	206547	1629238	2,84%	201.455,23 €	4,35%	22,36%	37,71%	0,98 €
7	101070200500031	Produto 7	114051	1743289	1,57%	91.954,87 €	1,99%	23,93%	39,70%	0,81 €
8	101400150500031	Produto 8	85002	1828291	1,17%	77.483,92 €	1,67%	25,10%	41,37%	0,91 €
9	201060600500010	Produto 9	51607	1879898	0,71%	76.630,69 €	1,66%	25,80%	43,03%	1,48 €
10	101050150500031	Produto 10	86502	1966400	1,19%	76.576,66 €	1,65%	26,99%	44,68%	0,89 €
11	201730800500041	Produto 11	34196	2000596	0,47%	68.184,08 €	1,47%	27,46%	46,16%	1,99 €
12	102080150500031	Produto 12	60585	2061181	0,83%	59.021,10 €	1,28%	28,29%	47,43%	0,97 €
13	601730000500041	Produto 13	25452	2086633	0,35%	58.626,53 €	1,27%	28,64%	48,70%	2,30 €
14	701080000500031	Produto 14	72345	2158978	0,99%	58.242,45 €	1,26%	29,64%	49,96%	0,81 €
15	201071200500010	Produto 15	24687	2183665	0,34%	58.143,23 €	1,26%	29,97%	51,21%	2,36 €
16	101080400400041	Produto 16	50560	2234225	0,69%	52.941,91 €	1,14%	30,67%	52,36%	1,05 €
17	501383214220110000	Produto 17	226440	2460665	3,11%	51.175,44 €	1,11%	33,78%	53,46%	0,23 €
18	701490000500010	Produto 18	58443	2519108	0,80%	48.643,99 €	1,05%	34,58%	54,51%	0,83 €
19	101750150500031	Produto 19	55305	2574413	0,76%	46.732,78 €	1,01%	35,34%	55,52%	0,85 €
20	501013819001520000	Produto 20	100480	2674893	1,38%	45.718,40 €	0,99%	36,72%	56,51%	0,46 €
21	201011300100010	Produto 21	85553	2760446	1,17%	45.650,59 €	0,99%	37,89%	57,50%	0,53 €
22	106080000200061	Produto 22	36876	2797322	0,51%	43.176,84 €	0,93%	38,40%	58,43%	1,17 €
23	531383721220202000	Produto 23	46388	2843710	0,64%	43.140,84 €	0,93%	39,03%	59,36%	0,93 €
24	308070000400031	Produto 24	16770	2860480	0,23%	39.857,57 €	0,86%	39,26%	60,22%	2,38 €
25	101200200500010	Produto 25	43815	2904295	0,60%	38.626,97 €	0,83%	39,87%	61,06%	0,88 €
26	308010000500031	Produto 26	11292	2915587	0,16%	37.765,12 €	0,82%	40,02%	61,87%	3,34 €
27	308015000500010	Produto 27	13059	2928646	0,18%	37.509,13 €	0,81%	40,20%	62,68%	2,87 €
28	201011200500031	Produto 28	14400	2943046	0,20%	35.682,40 €	0,77%	40,40%	63,46%	2,48 €
29	101020500500010	Produto 29	21229	2964275	0,29%	34.401,57 €	0,74%	40,69%	64,20%	1,62 €
30	201980600500031	Produto 30	24288	2988563	0,33%	34.003,20 €	0,73%	41,02%	64,93%	1,40 €
31	201301200500010	Produto 31	14079	3002642	0,19%	32.850,02 €	0,71%	41,22%	65,64%	2,33 €
32	701040000500010	Produto 32	37042	3039684	0,51%	31.215,33 €	0,67%	41,72%	66,32%	0,84 €
33	101080150100121	Produto 33	116784	3156468	1,60%	31.180,75 €	0,67%	43,33%	66,99%	0,27 €
34	531383721220251000	Produto 34	54144	3210612	0,74%	30.807,93 €	0,67%	44,07%	67,66%	0,57 €
35	101980150500031	Produto 35	42822	3253434	0,59%	29.975,40 €	0,65%	44,66%	68,30%	0,70 €
36	405150000400041	Produto 36	13968	3267402	0,19%	28.316,37 €	0,61%	44,85%	68,92%	2,03 €
37	2177015300050010	Produto 37	10784,68	3278186,68	0,15%	27.929,62 €	0,60%	45,00%	69,52%	2,59 €
38	101040200100121	Produto 38	89280	3367466,68	1,23%	27.140,42 €	0,59%	46,22%	70,11%	0,30 €
39	101690150500031	Produto 39	30420	3397886,68	0,42%	26.168,46 €	0,57%	46,64%	70,67%	0,86 €
40	101060400400041	Produto 40	24172	3422058,68	0,33%	25.747,82 €	0,56%	46,97%	71,23%	1,07 €
41	1554015000500040	Produto 41	5167	3427225,68	0,07%	25.200,53 €	0,54%	47,04%	71,77%	4,88 €
42	308070000075161	Produto 42	36976	3464201,68	0,51%	23.984,41 €	0,52%	47,55%	72,29%	0,65 €
43	701010000100010	Produto 43	241000	3705201,68	3,31%	23.539,28 €	0,51%	50,86%	72,80%	0,10 €
44	518080000050121	Produto 44	35700	3740901,68	0,49%	23.079,97 €	0,50%	51,35%	73,30%	0,65 €
45	101300400500010	Produto 45	20016	3760917,68	0,27%	20.935,89 €	0,45%	51,62%	73,75%	1,05 €
46	101820150500031	Produto 46	24102	3785019,68	0,33%	19.522,62 €	0,42%	51,96%	74,17%	0,81 €

# Apêndice B

Resultados de previsão obtidos para o produto "Produto 1"

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	6396				14348	Alpha	0,25
fevereiro 23	13572				14708	Beta	0,00
março 23	17316				15068	Gamma	0,25
abril 23	22464				15428	MASE	0,77
maio 23	11232				15788	SMAPE	0,27
junho 23	18408				16148	MAE	4.211,68
julho 23	18096				16508	RMSE	5.912,29
agosto 23	21684				16868	EQM	34.955.167
setembro 23	19500				17228		
outubro 23	21528				17588		
novembro 23	16692				17948		
dezembro 23	9048	9048	9048	9048	18308		
janeiro 24		<b>16955</b>	7099	26811			
fevereiro 24		<b>21040</b>	10876	31204			
março 24		<b>19909</b>	9444	30375			
abril 24		<b>23248</b>	12487	34008			
maio 24		<b>15313</b>	4263	26363			
junho 24		<b>17442</b>	6107	28776			

a	b	EQM
<b>13988,00</b>	<b>360,00</b>	<b>23.222.888</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	14348	63234304
2	14708	1290496
3	15068	5053504
4	15428	49505296
5	15788	20757136
6	16148	5107600
7	16508	2521744
8	16868	23193856
9	17228	5161984
10	17588	15523600
11	17948	1577536
12	18308	85747600
13	<b>18668</b>	
14	<b>19028</b>	
15	<b>19388</b>	
16	<b>19748</b>	
17	<b>20108</b>	
18	<b>20468</b>	

Apêndice A

Alpha	Beta				EQM
0,75788837	0				32.311.603
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	6396	0			
	11835	0	6396	51494976	
	15989	0	11835	30045670	
	20896	0	15989	41927037	
	13572	0	20896	93398710	
	17237	0	13572	23388447	
	17888	0	17237	737693	
	20765	0	17888	14409217	
	19806	0	20765	1600116	
	21111	0	19806	2964386	
	17762	0	21111	19528859	
	11158	0	<b>17762</b>	75932521	
1	17762	0	<b>11158</b>		
2	17762	0	<b>17762</b>		
3	17762	0	<b>17762</b>		
4	17762	0	<b>17762</b>		
5	17762	0	<b>17762</b>		
6	17762	0	<b>17762</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
0	0	0,5				54.293.616
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,42932			
			0,91099			
			1,16230			
			1,50785			
			0,75393			
	<b>14898</b>	<b>0</b>	1,23560			
	14898	0	0,82199	<b>6396</b>	136890000	
	14898	0	1,18325	<b>13572</b>	65804544	
	14898	0	1,23560	<b>17316</b>	4769856	
	14898	0	1,47644	<b>22464</b>	876096	
	14898	0	0,93717	<b>11232</b>	29811600	
	14898	0	0,92147	<b>18408</b>	87609600	
1	14898	0	0,92147	<b>12246</b>		
2	14898	0	0,92147	<b>17628</b>		
3	14898	0	0,92147	<b>18408</b>		
4	14898	0	0,92147	<b>21996</b>		
5	14898	0	0,92147	<b>13962</b>		
6	14898	0	0,92147	<b>13728</b>		

# Apêndice C

Resultados de previsão obtidos para o produto “Produto 2”

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	23166				34091	Alpha	0,25
fevereiro 23	30888				35143	Beta	0,00
março 23	34749				36195	Gamma	0,00
abril 23	34749				37247	MASE	1,56
maio 23	50193				38299	SMAPE	0,23
junho 23	54054				39351	MAE	10.350,21
julho 23	42237				40404	RMSE	12.563,30
agosto 23	38610				41456	EQM	157.836.558
setembro 23	54054				42508		
outubro 23	42471				43560		
novembro 23	38610				44612		
dezembro 23	34749	34749	34749	34749	45665		
janeiro 24		<b>38709</b>	19235	58184			
fevereiro 24		<b>35007</b>	14924	55091			
março 24		<b>42625</b>	21946	63304			
abril 24		<b>37379</b>	16116	58641			
maio 24		<b>43245</b>	21410	65079			
junho 24		<b>53902</b>	31505	76298			

a	b	EQM
<b>33038,32</b>	<b>1052,18</b>	<b>67.044.912</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	34091	119344700
2	35143	18102317
3	36195	2090522
4	37247	6240231
5	38299	141461830
6	39351	216166179
7	40404	3361389
8	41456	8098422
9	42508	133311166
10	43560	1186218
11	44612	36027824
12	45665	119148140
13	<b>46717</b>	
14	<b>47769</b>	
15	<b>48821</b>	
16	<b>49873</b>	
17	<b>50925</b>	
18	<b>51978</b>	

Apêndice A

Alpha	Beta				EQM
0,788841449	0				78.373.795
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	23166	0			
	29257	0	23166	59629284	
	33589	0	29257	30157301	
	34504	0	33589	1344652	
	46880	0	34504	246140253	
	52539	0	46880	51463929	
	44412	0	52539	106134977	
	39835	0	44412	33667777	
	51052	0	39835	202173559	
	44283	0	51052	73626424	
	39808	0	44283	32181383	
	35817	0	<b>39808</b>	25592203	
1	39808	0	<b>35817</b>		
2	39808	0	<b>39808</b>		
3	39808	0	<b>39808</b>		
4	39808	0	<b>39808</b>		
5	39808	0	<b>39808</b>		
6	39808	0	<b>39808</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
0,585920573	1	0,5				255.790.579
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,61017			
			0,81356			
			0,91525			
			0,91525			
			1,32203			
			1,42373			
	<b>37967</b>	<b>0</b>				
	56280	18313	0,68033	<b>23166</b>	363703041	
	58694	2414	0,73569	<b>60686</b>	487331086	
	59908	1214	0,90877	<b>55930</b>	3518280	
	52498	-7410	0,86213	<b>55941</b>	181453339	
	35782	-16716	1,20054	<b>59608</b>	440910736	
	22195	-13586	1,49466	<b>27145</b>	57826995	
1	22195	-13586	1,49466	<b>5857</b>		
2	22195	-13586	1,49466	<b>6333</b>		
3	22195	-13586	1,49466	<b>7824</b>		
4	22195	-13586	1,49466	<b>7422</b>		
5	22195	-13586	1,49466	<b>10335</b>		
6	22195	-13586	1,49466	<b>12867</b>		

# Apêndice D

Resultados de previsão obtidos para o produto “Produto 3”

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	17718				15781	Alpha	0,13
fevereiro 23	12282				15193	Beta	0,00
março 23	19224				14604	Gamma	0,00
abril 23	18795				14016	MASE	1,02
maio 23	9678				13427	SMAPE	0,40
junho 23	8220				12839	MAE	4.138,96
julho 23	10782				12250	RMSE	4.640,40
agosto 23	8274				11662	EQM	21.533.287
setembro 23	12717				11073		
outubro 23	8979				10485		
novembro 23	10818				9896		
dezembro 23	13047	13047	13047	13047	9308		
janeiro 24		<b>9083</b>	2472	15694			
fevereiro 24		<b>6582</b>	-81	13246			
março 24		<b>12514</b>	5797	19232			
abril 24		<b>10301</b>	3529	17072			
maio 24		<b>6653</b>	-173	13479			
junho 24		<b>3029</b>	-3852	9909			

a	b	EQM
<b>16369,77</b>	<b>-588,50</b>	<b>10.435.828</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	15781	3750926
2	15193	8472557
3	14604	21341977
4	14016	22841147
5	13427	14056915
6	12839	21332868
7	12250	2155753
8	11662	11476815
9	11073	2701943
10	10485	2267246
11	9896	849652
12	9308	13982134
13	<b>8719</b>	
14	<b>8131</b>	
15	<b>7542</b>	
16	<b>6954</b>	
17	<b>6365</b>	
18	<b>5777</b>	

Apêndice A

Alpha	Beta				EQM
0,477251891	0				16.247.494
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	17718	0			
	15124	0	17718	29550096	
	17081	0	15124	16812799	
	17899	0	17081	2939324	
	13975	0	17899	67581171	
	11229	0	13975	33124578	
	11015	0	11229	199471	
	9707	0	11015	7515663	
	11144	0	9707	9059506	
	10111	0	11144	4685406	
	10448	0	10111	500514	
	11688	0	<b>10448</b>	6753910	
1	10448	0	<b>11688</b>		
2	10448	0	<b>10448</b>		
3	10448	0	<b>10448</b>		
4	10448	0	<b>10448</b>		
5	10448	0	<b>10448</b>		
6	10448	0	<b>10448</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
1	0	0,5				18.999.314
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			1,23733			
			0,85771			
			1,34250			
			1,31255			
			0,67586			
	<b>14320</b>	<b>0</b>	0,57404			
	8714	0	1,23733	<b>17718</b>	48108096	
	9647	0	0,85771	<b>7474</b>	639983	
	9473	0	1,34250	<b>12951</b>	54573	
	6841	0	1,31255	<b>12433</b>	11931562	
	16006	0	0,67586	<b>4624</b>	38371778	
	22728	0	0,57404	<b>9188</b>	14889891	
1	22728	0	0,57404	<b>28122</b>		
2	22728	0	0,57404	<b>19494</b>		
3	22728	0	0,57404	<b>30513</b>		
4	22728	0	0,57404	<b>29832</b>		
5	22728	0	0,57404	<b>15361</b>		
6	22728	0	0,57404	<b>13047</b>		

# Apêndice E

Resultados de previsão obtidos para o produto “Produto 4”

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	23544				25391	Alpha	0,00
fevereiro 23	18129				24741	Beta	0,00
março 23	33096				24091	Gamma	0,13
abril 23	21039				23441	MASE	1,12
maio 23	22233				22791	SMAPE	0,47
junho 23	28977				22141	MAE	8.595,87
julho 23	21681				21491	RMSE	9.095,74
agosto 23	15777				20841	EQM	82.732.554
setembro 23	14976				20190		
outubro 23	26301				19540		
novembro 23	27819				18890		
dezembro 23	8217	8217	8217	8217	18240		
janeiro 24		<b>13862</b>	1621	26103			
fevereiro 24		<b>8056</b>	-4185	20297			
março 24		<b>13903</b>	1662	26144			
abril 24		<b>13875</b>	1634	26117			
maio 24		<b>15372</b>	3130	27614			
junho 24		<b>14460</b>	2218	26702			

a	b	EQM
<b>26041,45</b>	<b>-650,11</b>	<b>38.316.302</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	25391	3412688
2	24741	43721688
3	24091	81087695
4	23441	5769705
5	22791	311266
6	22141	46733573
7	21491	36216
8	20841	25639917
9	20190	27190791
10	19540	45706109
11	18890	79722358
12	18240	100463613
13	<b>17590</b>	
14	<b>16940</b>	
15	<b>16290</b>	
16	<b>15640</b>	
17	<b>14990</b>	
18	<b>14340</b>	

Apêndice A

Alpha	Beta				EQM
0	0,27781385				50.552.314
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	23544	0			
	23544	0	23544	29322225	
	23544	0	23544	91240704	
	23544	0	23544	6275025	
	23544	0	23544	1718721	
	23544	0	23544	29517489	
	23544	0	23544	3470769	
	23544	0	23544	60326289	
	23544	0	23544	73410624	
	23544	0	23544	7601049	
	23544	0	23544	18275625	
	23544	0	<b>23544</b>	234916929	
1	23544	0	<b>23544</b>		
2	23544	0	<b>23544</b>		
3	23544	0	<b>23544</b>		
4	23544	0	<b>23544</b>		
5	23544	0	<b>23544</b>		
6	23544	0	<b>23544</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
0,076594502	1	0,5				125.780.258
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,96086			
			0,73987			
			1,35069			
			0,85863			
			0,90736			
			1,18259			
	<b>24503</b>	<b>0</b>				
	24354	-149	0,92554	<b>23544</b>	3470769	
	23985	-369	0,69882	<b>17909</b>	4546479	
	22656	-1329	1,00585	<b>31898</b>	286351788	
	22040	-616	1,02598	<b>18312</b>	63816770	
	22131	91	1,08218	<b>19439</b>	70221250	
	21053	-1079	0,78645	<b>26280</b>	326274489	
1	21053	-1079	0,78645	<b>18487</b>		
2	21053	-1079	0,78645	<b>13958</b>		
3	21053	-1079	0,78645	<b>20091</b>		
4	21053	-1079	0,78645	<b>20493</b>		
5	21053	-1079	0,78645	<b>21615</b>		
6	21053	-1079	0,78645	<b>15708</b>		

# Apêndice F

Resultados de previsão obtidos para o produto “Produto 5”

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	21528				23891	Alpha	0,00
fevereiro 23	26637				23590	Beta	0,00
março 23	23829				23289	Gamma	0,13
abril 23	16146				22989	MASE	0,69
maio 23	28353				22688	SMAPE	0,17
junho 23	22698				22387	MAE	3.608,12
julho 23	20241				22086	RMSE	3.853,15
agosto 23	21138				21786	EQM	14.846.726
setembro 23	25548				21485		
outubro 23	23751				21184		
novembro 23	19266				20883		
dezembro 23	17706	17706	17706	17706	20583		
janeiro 24		<b>17801</b>	11718	23884			
fevereiro 24		<b>19163</b>	13080	25246			
março 24		<b>21392</b>	15309	27475			
abril 24		<b>16722</b>	10639	22805			
maio 24		<b>20341</b>	14258	26425			
junho 24		<b>18038</b>	11954	24121			

a	b	EQM
<b>24191,73</b>	<b>-300,77</b>	<b>10.998.596</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	23891	5583587
2	23590	9283016
3	23289	291136
4	22989	46822055
5	22688	32093374
6	22387	96638
7	22086	3405380
8	21786	419388
9	21485	16509304
10	21184	6589130
11	20883	2615673
12	20583	8274474
13	<b>20282</b>	
14	<b>19981</b>	
15	<b>19680</b>	
16	<b>19379</b>	
17	<b>19079</b>	
18	<b>18778</b>	

Apêndice A

Alpha	Beta				EQM
0	0,311894814				13.722.442
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	21528	0			
	21528	0	21528	26101881	
	21528	0	21528	5294601	
	21528	0	21528	28965924	
	21528	0	21528	46580625	
	21528	0	21528	1368900	
	21528	0	21528	1656369	
	21528	0	21528	152100	
	21528	0	21528	16160400	
	21528	0	21528	4941729	
	21528	0	21528	5116644	
	21528	0	<b>21528</b>	14607684	
1	21528	0	<b>21528</b>		
2	21528	0	<b>21528</b>		
3	21528	0	<b>21528</b>		
4	21528	0	<b>21528</b>		
5	21528	0	<b>21528</b>		
6	21528	0	<b>21528</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
0	0,297657813	0,5				33.363.332
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,92799			
			1,14822			
			1,02718			
			0,69599			
			1,22219			
	<b>23199</b>	<b>0</b>	0,97843			
	23199	0	0,90025	<b>21528</b>	1656369	
	23199	0	1,02970	<b>26637</b>	30239001	
	23199	0	1,06423	<b>23829</b>	2954961	
	23199	0	0,85990	<b>16146</b>	57836025	
	23199	0	1,02634	<b>28353</b>	82573569	
	23199	0	0,87083	<b>22698</b>	24920064	
1	23199	0	0,87083	<b>20885</b>		
2	23199	0	0,87083	<b>23888</b>		
3	23199	0	0,87083	<b>24689</b>		
4	23199	0	0,87083	<b>19949</b>		
5	23199	0	0,87083	<b>23810</b>		
6	23199	0	0,87083	<b>20202</b>		

# Apêndice G

Resultados de previsão obtidos para o produto “Produto 6”

Ferramenta Excel							
Linha Cronológica	Quantidade em unidades	Previsão	Limite de Confiança Inferior	Limite de Confiança Superior	Tendência	Estatística	Valor
janeiro 23	16350				18264	Alpha	0,00
fevereiro 23	17769				18063	Beta	0,00
março 23	15018				17863	Gamma	0,13
abril 23	19158				17662	MASE	1,18
maio 23	15939				17462	SMAPE	0,32
junho 23	25815				17261	MAE	5.820,08
julho 23	14181				17061	RMSE	6.799,63
agosto 23	12663				16861	EQM	46.234.922
setembro 23	22989				16660		
outubro 23	24102				16460		
novembro 23	10149				16259		
dezembro 23	11802	11802	11802	11802	16059		
janeiro 24		<b>11056</b>	2398	19713			
fevereiro 24		<b>9815</b>	1157	18473			
março 24		<b>14712</b>	6054	23369			
abril 24		<b>17276</b>	8618	25934			
maio 24		<b>8474</b>	-184	17132			
junho 24		<b>18672</b>	10014	27330			

a	b	EQM
<b>18464,14</b>	<b>-200,44</b>	<b>22.449.159</b>
Regressão Linear		
i	Ft RL	EQ
1	18264	3662218
2	18063	86582
3	17863	8092911
4	17662	2236939
5	17462	2319273
6	17261	73162841
7	17061	8294561
8	16861	17619711
9	16660	40054471
10	16460	58404813
11	16259	37335176
12	16059	18120412
13	<b>15858</b>	
14	<b>15658</b>	
15	<b>15457</b>	
16	<b>15257</b>	
17	<b>15057</b>	
18	<b>14856</b>	

Glossário

Alpha	Beta				EQM
0	0,306242658				25.730.260
Holt-Winters Duplo					
m	St	Tt	Ft Duplo	EQ	
	16350	0			
	16350	0	16350	2013561	
	16350	0	16350	1774224	
	16350	0	16350	7884864	
	16350	0	16350	168921	
	16350	0	16350	89586225	
	16350	0	16350	4704561	
	16350	0	16350	13593969	
	16350	0	16350	44076321	
	16350	0	16350	60093504	
	16350	0	16350	38452401	
	16350	0	<b>16350</b>	20684304	
1	16350	0	<b>16350</b>		
2	16350	0	<b>16350</b>		
3	16350	0	<b>16350</b>		
4	16350	0	<b>16350</b>		
5	16350	0	<b>16350</b>		
6	16350	0	<b>16350</b>		

Alpha	Beta	Gama				EQM
1	0	0,5				51.679.073
Holt-Winters Triplo						
m	St	Tt	It	Ft Triplo	EQ	
			0,89142			
			0,96879			
			0,81880			
			1,04452			
			0,86901			
	<b>18342</b>	<b>0</b>	1,40746			
	15908	0	0,89142	<b>16350</b>	4704561	
	13071	0	0,96879	<b>15412</b>	7555652	
	28076	0	0,81880	<b>10703</b>	150957790	
	23075	0	1,04452	<b>29326</b>	27293929	
	11679	0	0,86901	<b>20052</b>	98075159	
	8385	0	1,40746	<b>16437</b>	21487350	
1	8385	0	1,40746	<b>7475</b>		
2	8385	0	1,40746	<b>8124</b>		
3	8385	0	1,40746	<b>6866</b>		
4	8385	0	1,40746	<b>8759</b>		
5	8385	0	1,40746	<b>7287</b>		
6	8385	0	1,40746	<b>11802</b>		