



FILIPE COSTA PAULO DE OLIVEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

MODELO DE GESTÃO DE STOCKS PARA O CENTRO LOGÍSTICO DA CUF

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

NOVA School of Science and Technology
fevereiro, 2022

MODELO DE GESTÃO DE STOCKS PARA O CENTRO LOGÍSTICO DA CUF

FILIPÉ COSTA PAULO DE OLIVEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Doutor Izunildo Fernandes Cabral, Professor
Auxiliar Convidado, NOVA School of Science
and Technology

Júri:

- Presidente:** Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Professora Auxiliar com Agregação, NOVA School of
Science and Technology
- Arguentes:** Doutora Susana Carla Vieira Lino Medina Duarte,
Professora Auxiliar, NOVA School of Science and
Technology
- Vogais:** Doutor Izunildo Fernandes Cabral, Professor Auxiliar
Convidado, NOVA School of Science and Technology

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

NOVA School of Science and Technology
fevereiro, 2022

Modelo de gestão de *stocks* para o Centro Logístico da CUF

Copyright © Filipe Costa Paulo de Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

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

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar queria agradecer ao Professor Doutor Izunildo Cabral pelo constante apoio e procura de soluções ao longo de um ano atípico e que, face a todas as adversidades e dificuldades, aceitou o compromisso de me ajudar e orientar. Um obrigado também pelas sugestões e pela disponibilidade que sempre demonstrou ao longo deste trabalho.

À Professora Doutora Ana Paula Barroso pela disponibilidade e contribuições chave que permitiram desbloquear nos momentos essenciais e complementar as ideias discutidas.

À CUF por me ter dado a oportunidade de realizar um estágio numa empresa de excelência no setor da saúde em Portugal. Ao engenheiro David Roldão, Gestor Operacional de Logística, e ao Luís Campos, da Direção de Compras e Logística, pela oportunidade, por toda a disponibilidade, esclarecimentos, conhecimentos transmitidos e simpatia com que me receberam. Agradeço aos restantes colaboradores do Centro Logístico que se mostraram sempre disponíveis desde o primeiro dia.

Aos meus pais e irmãos pelo apoio ao longo do meu percurso académico. Ao meu pai e à minha mãe por me permitirem a chegada a esta etapa, tentando sempre proporcionar as melhores condições para o sucesso, pela compreensão nas fases menos positivas deste trajeto e por sempre acreditarem que o concluiria com sucesso.

Por fim, aos meus amigos, namorada e família pelo constante apoio e boa disposição. Em especial à Inês, principalmente na fase final deste trabalho, pela companhia, paciência e palavras de carinho nos momentos menos bons. Ao Rodrigo e ao Rui pelo exemplo que são, por toda a ajuda a ultrapassar as dificuldades sentidas no decorrer deste trabalho, por todas as suas palavras de motivação e pelas discussões de ideias e sugestões.

*"Once something is a passion, the motivation is there."
(Michael Schumacher)*

RESUMO

O mundo encontra-se em constante evolução, e com ele evoluem as tecnologias e as empresas e, também, a forma como estas operam e se adaptam ao ambiente altamente competitivo dos dias de hoje. Para sobressair num mercado cada vez mais agressivo e saturado é necessário apostar em técnicas que permitam destacar-se de entre as muitas outras empresas que tentam garantir a sua posição no mercado. Para tal é imprescindível o investimento na melhoria contínua de processos e operações.

As operações logísticas de planeamento e gestão de *stocks* muitas vezes representam uma elevada percentagem dos custos de uma empresa, sendo os *stocks* um dos bens mais valiosos, chegando a constituir 50% do capital de uma empresa. Este fator torna-se especialmente significativo quando os níveis de *stock* não se encontram devidamente parametrizados, incorrendo em excesso de *stock* e elevados custos de posse ou, pelo contrário, em escassez de produtos e eventuais custos de rotura.

A implementação de modelos de gestão de *stocks* permite alcançar um equilíbrio entre as quantidades em *stock* e o nível de serviço que as empresas tentam garantir. Esse equilíbrio é condição necessária para uma maior eficiência das operações logísticas, pois dá resposta à questão: quanto devo encomendar e quando o devo fazer?, reduzindo os níveis de *stock* para evitar excessos, mantendo em *stock* apenas as quantidades suficientes para evitar roturas de *stock*.

O objetivo desta dissertação é avaliar o desempenho do modelo de gestão de *stocks* utilizado pela CUF e propor modelos que permitam obter melhores resultados e que se adequem à realidade e requisitos da empresa e permitam melhorar o desempenho do seu Centro Logístico. Foram desenvolvidos dois modelos de revisão contínua, o modelo da Quantidade Económica de Encomenda e o modelo (s, S). Foi, também, desenvolvido um modelo de revisão periódica com base na Quantidade Periódica de Reposição.

Foram propostas duas alternativas à CUF, uma que minimiza os custos garantindo um nível de serviço superior a 95% e outra que garante um nível de serviço de 100% à custa de um ligeiro aumento dos custos. Uma vez que a segunda opção garante um nível de serviço de 100% e permite uma redução dos custos de posse de cerca de 60% face à situação atual, recomenda-se à CUF a sua implementação aos produtos em estudo. Esta implementação irá permitir reduzir o nível de *stock* dos produtos em armazém, os custos de manutenção, eliminar o risco de obsolescência e manter o nível de serviço desejado, aumentando, assim, a eficiência da gestão e da organização do armazém do centro logístico da CUF.

Palavras-chave: logística, modelos de gestão de *stocks*, gestão de *stocks* de material clínico, nível de serviço

ABSTRACT

The world is constantly evolving, and with it so do technologies, companies, and the way they operate and adapt to today's highly competitive environment. To excel in an increasingly aggressive and saturated market it is necessary to develop techniques that allow them to stand out among the many other companies that try to guarantee their position in the market. For this it is essential to invest in the continuous improvement of processes and operations.

Logistics operations in inventory planning and management often account for a high percentage of a company's costs, with stocks being one of the most valuable assets, reaching 50% of a company's capital. This factor becomes especially significant when stock levels are not properly parameterized, either due to excess of inventory and high costs of maintenance or, on the contrary, possible scarcity of products and costs of rupture.

The implementation of lot sizing rules allows for a balance between quantities in stock and the level of service that companies are trying to secure. This balance is a necessary condition for greater efficiency of logistics operations, as it answers the question posed by inventory management: how much should I order and when should I do it?, allowing for stock level reduction to avoid excesses, while simultaneously keeping just the right amount of inventory to avoid stock breakage.

The objective of this dissertation is to evaluate the performance of CUF's lot sizing technique and propose models that attain better results and can be adapted to CUF's reality and requirements. Two continuous review models were developed, the Economic Order Quantity model and the model (s, S). A periodic review model was also developed based on the Periodic Order Quantity.

Two alternatives were proposed to CUF, one that minimizes costs and guaranteeing a level of service above 95% and the other that guarantees a level of service of 100% at the expense of a slight increase in costs. Since the second option guarantees a level of service of 100% and allows a reduction in maintenance costs of around 60% compared to the current situation, it is recommended that CUF implements it in the products under study. This implementation will make it possible to reduce the stock level of products in the warehouse, the maintenance costs, eliminate the risk of obsolescence and maintain the desired level of service, thus increasing the efficiency of the management and organization of the CUF's logistics center.

Keywords: logistics, lot sizing rules, clinical consumables stock management, service level

ÍNDICE

RESUMO.....	I
ABSTRACT	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. JUSTIFICAÇÃO DO TEMA	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. ETAPAS DE INVESTIGAÇÃO.....	3
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
2. GESTÃO DE STOCKS	5
2.1. PLANEAMENTO E GESTÃO DE STOCKS.....	5
2.1.1. <i>Previsão da procura e planeamento da produção</i>	5
2.1.2. <i>Gestão de stocks tradicional</i>	8
2.1.2.1. Custos dos stocks.....	9
2.1.2.2. Estratégias da gestão de stocks	10
2.1.3. <i>Características dos modelos de gestão de stocks</i>	11
2.1.4. <i>Classificação dos produtos em stock</i>	12
2.1.5. <i>Os modelos de gestão de stocks</i>	14
2.1.5.1. A Quantidade Económica de Encomenda	15
2.1.5.2. Cálculo do Ponto de Encomenda	16
2.1.5.3. Modelo de Quantidade Fixa de Encomenda	17
2.1.5.4. Modelo Lote a Lote	17
2.1.5.5. Modelo da Quantidade Periódica de Reposição	17
2.1.5.6. Aprovisionamento por datas e quantidades variáveis.....	18
2.1.6. <i>Stock de segurança</i>	18
2.1.7. <i>Modelos de cálculo dinâmicos</i>	20
2.2. O MRP NA GESTÃO DE STOCKS.....	22
2.2.1. <i>Cálculo das necessidades líquidas</i>	22
2.2.2. MRP	23
2.2.2.1. Dimensionamento de lotes com MRP.....	26
3. CARACTERIZAÇÃO DA CUF	27
3.1. APRESENTAÇÃO DA CUF.....	27
3.2. O CENTRO LOGÍSTICO DA CUF (CLCUF)	28
3.2.1. <i>Características do CLCUF</i>	28

3.2.2.	<i>As operações no CLCUF</i>	28
3.2.2.1.	Receção de mercadorias	28
3.2.2.2.	Arrumação e distribuição dos produtos no armazém.....	31
3.2.2.3.	Abastecimento das linhas de picking	32
3.2.2.4.	Processo de picking.....	33
3.2.2.5.	Transporte	33
3.3.	A GESTÃO DE STOCKS DA CUF	34
4.	PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO DE STOCKS	37
4.1.	RECOLHA E SELEÇÃO DOS DADOS	37
4.2.	CLASSIFICAÇÃO ABC.....	38
4.3.	ANÁLISE DO CONSUMO	42
4.4.	APLICAÇÃO DO MODELO ATUAL DE GESTÃO DE STOCKS DA CUF	47
4.5.	APLICAÇÃO DOS MODELOS DE GESTÃO DE STOCKS SELECIONADOS	50
4.5.1.	<i>Modelo QEE</i>	50
4.5.2.	<i>Modelo de revisão periódica (QPR)</i>	54
4.5.3.	<i>Modelo (s, S)</i>	56
4.6.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	60
4.6.1.	<i>Proposta de modelo para Eléctrodo</i>	62
4.6.2.	<i>Proposta de modelo para Ureterorrenoscópio</i>	62
4.6.3.	<i>Proposta de modelo para Cone Laser</i>	63
4.6.4.	<i>Proposta de modelo para Cassete</i>	64
4.6.5.	<i>Proposta de modelo para Fibra Laser</i>	65
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	67
5.1.	CONCLUSÕES.....	67
5.2.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	69
	BIBLIOGRAFIA.....	71
	ANEXOS.....	75
	A. PROCURA MÉDIA DIÁRIA DOS PRODUTOS EM ESTUDO	75
	B. CUSTO DE POSSE DOS PRODUTOS EM ESTUDO	75
	C. RESULTADOS SIMULAÇÃO DO MODELO (S, S) PARA URETERORRENOSCÓPIO..	76
	D. RESULTADOS SIMULAÇÃO DO MODELO (S, S) PARA CONE LASER	76
	E. RESULTADOS SIMULAÇÃO DO MODELO (S, S) PARA CASSETE	77
	F. RESULTADOS SIMULAÇÃO DO MODELO (S, S) PARA FIBRA LASER	78
	G. SIMULAÇÃO DO MODELO QPR PARA O ELÉCTRODO COM T=3	79
	H. SIMULAÇÃO DO MODELO QPR PARA O ELÉCTRODO COM T=4	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - ETAPAS DE INVESTIGAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	3
FIGURA 2.1 - TIPOLOGIA DA PROCURA	7
FIGURA 2.2. PROBLEMA DE EQUILÍBRIO DE CUSTOS DA GESTÃO DE STOCKS	9
FIGURA 2.3. EVOLUÇÃO TEÓRICA DO STOCK.....	11
FIGURA 2.4. MINIMIZAÇÃO DO CUSTO TOTAL COM QEE	15
FIGURA 2.5 NECESSIDADES DEPENDENTES E INDEPENDENTES.....	23
FIGURA 2.6. FUNCIONAMENTO DO MRP	24
FIGURA 3.1. OPERAÇÕES DO CENTRO LOGÍSTICO DA CUF	28
FIGURA 3.2 - RECEÇÃO DE MERCADORIAS	30
FIGURA 3.3 - ARRUMAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO EM ARMAZÉM.....	31
FIGURA 3.4 - ABASTECIMENTO DAS LINHAS DE PICKING	32
FIGURA 3.5 - PICKING	33
FIGURA 3.6 - EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE.....	33
FIGURA 4.1 - DIAGRAMA DE PARETO DO VALOR DE CONSUMO POR PRODUTO	40
FIGURA 4.2 - DIAGRAMA DE PARETO DO VALOR DE CONSUMO POR FAMÍLIA	41
FIGURA 4.3 - CONSUMO DIÁRIO ELÉTRODO	42
FIGURA 4.4 - CONSUMO DIÁRIO URETERORRENOSCÓPIO.....	43
FIGURA 4.5 - CONSUMO DIÁRIO CONE LASER	43
FIGURA 4.6 - CONSUMO DIÁRIO CASSETE	43
FIGURA 4.7 - CONSUMO DIÁRIO FIBRA LASER	44
FIGURA 4.8 - CONSUMO SEMANAL ELÉTRODO	44
FIGURA 4.9 - CONSUMO SEMANAL URETERORRENOSCÓPIO	45
FIGURA 4.10 - CONSUMO SEMANAL CONE LASER.....	45
FIGURA 4.11 - CONSUMO SEMANAL CASSETE.....	45
FIGURA 4.12 - CONSUMO SEMANAL FIBRA LASER	46
FIGURA 4.13 - NÍVEL DE STOCK MÉDIO DA CUF VS NÍVEL DE STOCK MÉDIO PROPOSTO - ELÉTRODO.....	62
FIGURA 4.14 - NÍVEL DE STOCK MÉDIO DA CUF VS NÍVEL DE STOCK MÉDIO PROPOSTO - URETERORRENOSCÓPIO	63
FIGURA 4.15 - NÍVEL DE STOCK MÉDIO DA CUF VS NÍVEL DE STOCK MÉDIO PROPOSTO - CONE LASER	64
FIGURA 4.16 - NÍVEL DE STOCK MÉDIO DA CUF VS NÍVEL DE STOCK MÉDIO PROPOSTO - CASSETE	65
FIGURA 4.17 - NÍVEL DE STOCK MÉDIO DA CUF VS NÍVEL DE STOCK MÉDIO PROPOSTO - FIBRA LASER	66

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 4.1 - TABELA DE FREQUÊNCIA DE SUPORTE À CLASSIFICAÇÃO ABC.....	39
TABELA 4.2 - MATERIAL CIRÚRGICO SELECIONADO PARA ESTUDO.....	41
TABELA 4.3 - CONSUMO SEMANAL ELÉTRODO	44
TABELA 4.4 - CONSUMO SEMANAL URETERORRENOSCÓPIO	45
TABELA 4.5 - CONSUMO SEMANAL CONE LASER	45
TABELA 4.6 - CONSUMO SEMANAL CASSETE	45
TABELA 4.7 - CONSUMO SEMANAL FIBRA LASER.....	46
TABELA 4.8 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CONSUMO SEMANAL	46
TABELA 4.9 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CONSUMO DIÁRIO DISPONIBILIZADAS PELA CUF - ELÉTRODO..	47
TABELA 4.10 - VALORIZAÇÃO DO STOCK MÉDIO COM MODELO CUF	49
TABELA 4.11 - CUSTO DE POSSE DE STOCK MÉDIO COM O MODELO DA CUF	49
TABELA 4.12 - SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO MODELO QEE PARA O ELÉTRODO	53
TABELA 4.13 - CUSTO DE POSSE DE STOCK MÉDIO COM O MODELO QEE	53
TABELA 4.14 - SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO MODELO QPR PARA O ELÉTRODO	55
TABELA 4.15 - CUSTO DE POSSE DE STOCK MÉDIO COM O MODELO QPR.....	56
TABELA 4.16 - MODELO (s, S) ELÉTRODO, S IGUAL A 20.....	58
TABELA 4.17 - MODELO (s, S) ELÉTRODO, S IGUAL A 30.....	58
TABELA 4.18 - MODELO (s, S) ELÉTRODO, S IGUAL A 40.....	58
TABELA 4.19 - MODELO (s, S) ELÉTRODO, S IGUAL A 50.....	58
TABELA 4.20 - SIMULAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO MODELO (s, S) COM S E S IGUAL A 40 PARA O ELÉTRODO	59
TABELA 4.21 - CUSTO DE POSSE DO STOCK MÉDIO COM O MODELO (s, S)	60
TABELA 4.22 - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DOS MODELOS DE GS AOS CINCO PRODUTOS	61
TABELA 4.23 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS	66

LISTA DE ABREVIATURAS

QEE - Quantidade Económica de Encomenda
QPR - Quantidade Periódica de Reposição
EOQ - Economic Order Quantity
POQ - Periodic Order Quantity
SAP - *Systems Applications and Products*
MRP - *Material Requirements Planning*
MRP II - *Manufacturing Resource Planning*
ERP - *Enterprise Resource Planning*
CLCUF - Centro Logístico CUF
PDP - Plano Diretor de Produção
SKU - *Stock Keeping Unit*
BOM - *Bill of Materials*
SCM - *Supply Chain Management*
CRM - *Customer Relationship Management*

INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz e contextualiza o problema que levou à realização desta dissertação. Serão apresentados os objetivos e os problemas a que a esta dissertação se propõem a solucionar, as etapas de investigação e por fim a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Devido ao constante desenvolvimento industrial e tecnológico e com a necessidade de as empresas crescerem no mercado, o ambiente no mundo empresarial tem vindo a tornar-se altamente volátil e competitivo. Atualmente, as empresas lutam por clientes cada vez mais exigentes e menos dispostos a esperar por um determinado produto ou serviço, devido aos constantes desenvolvimentos que permitiram que a maioria da população tenha um acesso fácil e rápido a qualquer tipo de produto. Uma falha na capacidade de resposta à procura de um determinado serviço ou produto origina, na grande maioria dos casos, a perda de um ou mais clientes. De acordo com Verhoef e Sloot (2006), na presença de rotura de *stocks*, apenas uma pequena percentagem de clientes esperaria uma reposição para adquirir um dado produto e serviço. Nestas circunstâncias, a maioria dos clientes pode decidir recorrer à concorrência.

O planeamento da produção e a gestão do *stock* têm recebido bastante atenção devido à sua relevância na redução de custos, aumento de flexibilidade e rapidez de resposta das empresas e do seu ganho a nível de vantagem competitiva (Ghamari e Sahebi, 2017). Tornou-se imperativo uma empresa garantir que toma as melhores decisões na forma como gere o *stock* devido ao seu impacto direto na desempenho e capacidade de uma empresa se manter competitiva (Karimi, Fatemi Ghomi, e Wilson, 2003; V.W. e Namusonge, 2015). Outra razão que pode levar as empresas a procurar novas formas de gerir os seus *stocks* é a enorme variedade de produtos disponíveis. Gerir uma grande variedade de produtos pode apresentar um grande desafio para as empresas devido à sua complexidade. Consequentemente, os modelos de gestão de *stocks* existentes atualmente podem não ser indicados para todos os produtos. No caso de uma empresa com uma grande variedade de produtos, muitas vezes a solução ideal passa por dividir estes produtos em Classes e aplicar diferentes modelos de gestão de *stocks* adequados às características de cada Classe. Todos estes fatores têm contribuído para uma constante procura pela melhoria e por novas formas, mais eficientes de fazer o planeamento de produção e a gestão dos *stocks*.

A CUF assume-se como empresa de referência na prestação de cuidados de saúde de qualidade em Portugal e como parceiro para o desenvolvimento do País. A Identidade da CUF caracteriza-se pela sua visão, pela missão e pelos objetivos que se propõe a seguir.

Para a concretização da sua missão enquanto prestador privado de cuidados de saúde, é fundamental para a CUF uma eficaz e eficiente gestão da cadeia de abastecimento.

Líder na prestação de cuidados de saúde de qualidade em Portugal, a CUF desenvolve a sua atividade através de 19 unidades de saúde em Portugal Continental, 5 das quais situadas a Norte de Coimbra e as restantes 14 situadas entre Santarém, Lisboa e Cascais. De forma a garantir um serviço de excelência a todos os seus clientes e em todas as unidades de saúde, a CUF necessita de um rápido acesso a milhares de produtos, equipamentos, medicamentos entre outros, pelo que é imperativo ter uma cadeia de abastecimento preparada para todas as situações. Até à data a logística dessas mesmas unidades tem sido feita com a utilização de armazéns locais.

1.2. Justificação do tema

Para suportar o seu crescimento, a CUF tem vindo a centralizar a sua logística, inicialmente na área das compras, e mais recentemente, no fim do ano de 2019, com a criação de um Centro Logístico (CLCUF) suportado por um armazém central com vista ao abastecimento de todas as unidades hospitalares a sul de Santarém (inclusive). A centralização da operação logística obriga a CUF a redefinir todos os processos que suportam esta operação, desde o fornecedor até ao ponto de consumo local.

Devido ao elevado número de unidades de saúde geridas pela CUF e à extensa variedade de produtos que estas necessitam para o seu correto funcionamento, aumenta a necessidade de realizar um estudo dos modelos de gestão de *stocks* que mais se adequam a todos os produtos armazenados no armazém central. À data de hoje, o armazém central da CUF possui em *stock* cerca de 4000 produtos diferentes.

O objetivo final será reduzir o espaço dedicado a armazéns presente em cada unidade de saúde, garantindo que todas as compras sejam realizadas para o armazém central e que seja este a abastecer os Hospitais e Clínicas que funcionarão como armazéns avançados.

Para gerir os *stocks* do armazém central, a CUF recorre a um sistema MRP disponível no *software* ERP utilizado pela CUF, o SAP. Este sistema MRP permite às empresas escolher diferentes modelos de gestão de *stocks* e parametrizá-los de acordo com as suas necessidades, de forma manual ou automática. Devido ao facto da operação de centralização se tratar de um projeto recente, a CUF ainda não possui uma quantidade de dados que lhe permita prever com maior segurança quais os consumos futuros, nem escolher o modelo de gestão de *stocks* mais adequado a essa previsão, pelo que aplicou um único modelo de gestão de *stocks* a todos os seus produtos. Este modelo foi parametrizado manualmente de forma a reduzir as roturas de *stock* de produtos de elevada rotação, tentando garantir um nível de serviço mínimo de 99% e um nível de serviço máximo aceitável de 95%. No entanto, este modelo provou não ser

adequado para a gestão de produtos de baixa rotação, pois as quantidades encomendadas e mantidas em *stock* eram demasiado elevadas, incorrendo em custos de posse desnecessários, bem como grandes quantidades de produtos em armazém que acabam por não ser expedidas para as unidades de saúde por períodos superiores a um mês.

1.3. Objetivos

A presente dissertação pretende dar resposta ao problema da CUF apresentado na Secção 1.2 e tem como objetivo avaliar o desempenho do modelo de gestão de *stocks* da CUF e propor outros modelos que melhor se adequem às suas necessidades e permitam melhorar o desempenho do seu Centro Logístico. Para tal irá ser estudado o modelo de gestão de *stocks* utilizado pela CUF de forma a identificar oportunidades de melhoria e, com base na realidade da empresa, propor um modelo que permita reduzir os custos globais associados à gestão de armazém, uma melhor gestão individual do *stock* de produtos com diferentes padrões de consumo e reduzir as quantidades excedentes de produtos com baixa rotação.

1.4. Etapas de investigação

A realização desta dissertação passou por quatro fases e vem ilustrada na Figura 1.1.

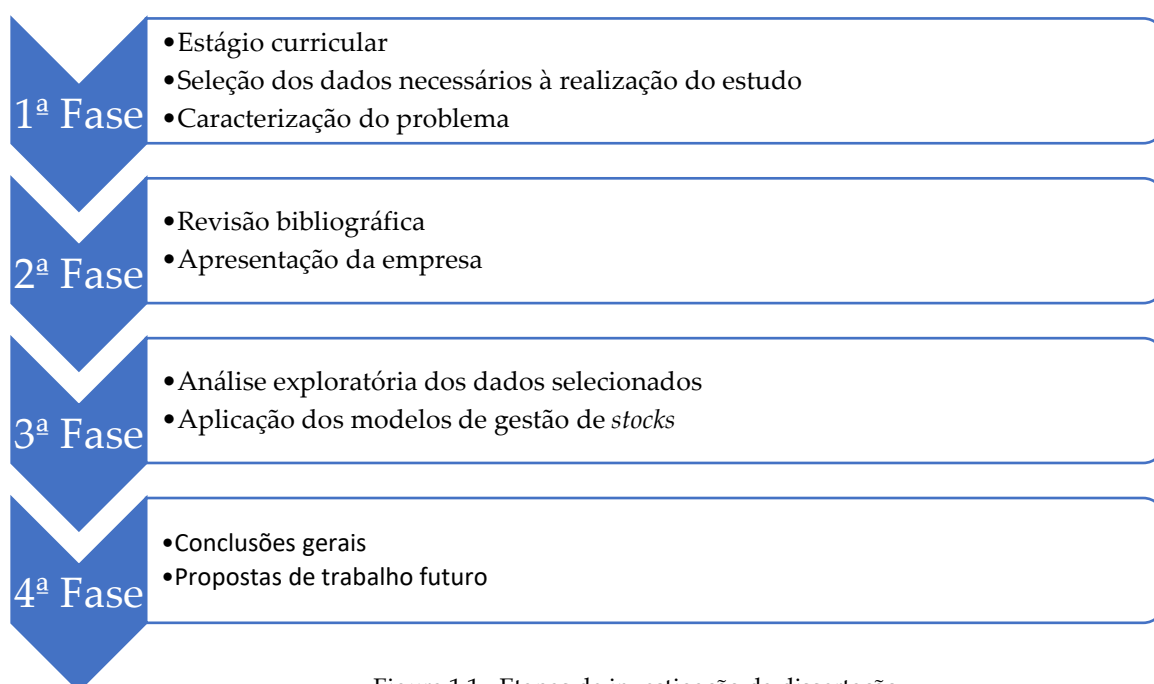


Figura 1.1 - Etapas de investigação da dissertação

A primeira fase diz respeito a um passo externo à realização desta dissertação, no entanto serve de pilar ao estudo. Esta fase inicial assinala o estágio curricular desenvolvido nas instalações do Centro Logístico da CUF, empresa que possibilitou a realização desta dissertação. Foram desenvolvidas atividades com o objetivo de auxiliar na construção e validação do modelo de gestão de *stocks* no sistema MRP do SAP. Terminado o estágio foi

definido qual o objetivo pretendido para o estudo e selecionaram-se os dados que seriam necessários para a concretização do mesmo. A primeira fase termina com uma introdução e caracterização do problema que justificou o desenvolvimento deste estudo.

Definido o objetivo desta dissertação iniciou-se a segunda fase. Esta fase consistiu na revisão bibliográfica dos diversos temas relevantes para o estudo prático e que serviu de base para a justificação das abordagens ao problema. De entre os temas revistos destacam-se os conceitos de planeamento de produção, previsão da procura, gestão de *stocks*, classificação dos *stocks* e sistemas MRP e ERP. Antes de se avançar para a terceira fase é feita uma breve apresentação e caracterização da CUF.

Findada a revisão da literatura deu-se início à terceira fase. Esta fase pode ainda ser dividida em duas etapas:

1. Análise exploratória dos dados selecionados na primeira fase;
2. Aplicação dos modelos revistos na segunda fase e análise dos resultados obtidos.

Na primeira etapa foi feita uma análise de todos os dados selecionados durante o estágio e procedeu-se a uma estratificação de todos os produtos que a CUF armazena, de forma a selecionar uma amostra de produtos representativos da Classe A de acordo com a classificação ABC. A segunda etapa passou pela aplicação dos modelos de gestão de *stocks* selecionados, na análise e comparação de resultados obtidos

Por fim, na última fase são apresentadas as conclusões gerais e o trabalho termina com sugestões de melhoria e propostas de trabalho futuro.

1.5. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma breve introdução e enquadramento do tema e são apresentados os objetivos da dissertação.

O segundo capítulo serve de síntese da pesquisa bibliográfica sobre todos os temas abordados nesta dissertação. Começa com uma introdução dos conceitos de previsão e classificação da procura e gestão de *stocks* e de seguida são apresentados, de forma detalhada, os conceitos mais importantes para a realização deste trabalho como os sistemas MRP, os principais modelos de gestão de *stocks* e a classificação de *stocks*.

No terceiro capítulo é apresentada a CUF, empresa que possibilitou a realização deste estudo e forneceu todos os dados necessários para o sucesso do mesmo, e é feita uma caracterização do problema em análise.

No quarto capítulo serão estudados ao pormenor os dados fornecidos, será descrito todo o processo prático e por fim serão apresentados e discutidos os resultados obtidos.

No quinto capítulo serão apresentadas as limitações encontradas ao longo do desenvolvimento da dissertação, as conclusões finais e algumas propostas de trabalho para o futuro.

GESTÃO DE STOCKS

Este capítulo apresenta a revisão da literatura dos temas abordados ao longo desta dissertação.

Para se proceder ao desenvolvimento desta dissertação foi necessário conhecer e entender diversos conceitos dentro da área da gestão de *stocks*. Primeiro será apresentada a importância da previsão da procura no planeamento e gestão da produção. De seguida será feita uma breve explicação do conceito de *stock*, quais os diferentes tipos de *stock* e os custos associados, os diferentes modelos de gestão de *stocks* existentes. Por fim será apresentado o conceito de MRP (*Material Requirements Planning*) e a forma como este pode ser utilizado para uma gestão de *stocks* mais eficiente.

2.1. Planeamento e Gestão de *Stocks*

2.1.1. Previsão da procura e planeamento da produção

O ideal para qualquer empresa, independentemente do mercado no qual atua, seria produzir apenas o suficiente para satisfazer a procura. No entanto, não considerando os casos em que as empresas só dão início à produção ou compras após encomendas dos clientes, tal não é possível visto que a procura pode variar ao longo do tempo devido a inúmeros fatores. Todos os dias são tomadas decisões sem se saber ao certo como será o futuro. *Stock* é mantido em armazém e produtos são encomendados apesar da incerteza na procura, e investimentos são feitos sem uma certeza de que a empresa será capaz de gerar lucro. As equipas de gestão tentam constantemente melhorar as suas previsões de forma a conseguir contornar incertezas e mitigar os efeitos que estas possam causar (Curtois, Pillet, e Chantal, 2011; Heizer e Render, 2010)

Cientes de que é impossível ter uma certeza de qual a procura exata no futuro, é necessário que as empresas sejam capazes de antecipar, de certo modo, as encomendas por parte dos clientes. Falamos, portanto, de sistemas ou técnicas de previsão da procura.

As técnicas de previsão podem envolver um estudo do histórico de dados e com esse estudo e recorrendo a um modelo matemático é feita uma projeção do comportamento futuro. Estas técnicas podem ser mais subjetivas e intuitivas ou podem até ser uma combinação de um estudo do histórico dos dados com uma interpretação mais intuitiva. (Heizer e Render, 2010).

Estas técnicas servem de base para o planeamento e gestão das operações de produção com base no consumo esperado no horizonte de planeamento considerado. O planeamento

da produção é definido como a atividade cujo objetivo é gerir recursos de maneira a satisfazer os objetivos de produção num dado intervalo de tempo, geralmente denominado por horizonte de planeamento (Karimi et al., 2003). Neste período, o Plano Diretor de Produção (PDP) estende-se no futuro, podendo ser finito ou infinito. No caso de ser finito, de forma geral, a procura é dinâmica, no caso de o horizonte de planeamento ser infinito a procura tende a ser estacionária ou constante.

O horizonte de planeamento pode ser classificado de três formas distintas, dependendo da sua duração (Curtois et al., 2011; Heizer e Render, 2010; Karimi et al., 2003):

Longo Prazo – Focado em antecipar necessidades agregadas, diversificação, novos produtos, investimento ou desinvestimento em equipamentos. Considera-se longo prazo quando o horizonte de planeamento é superior a três anos;

Médio Prazo – Definir e ajustar as capacidades globais de produção e aprovisionamento, recrutamento de pessoal e aprovisionamento de produtos a longo prazo; envolve, na generalidade dos casos, decisões a nível de MRP. Geralmente considera-se um horizonte de planeamento com uma duração entre seis meses e dois anos;

Curto Prazo – Controlo de operações de produção: aprovisionamento e gestão de *stocks* e ajustamentos das atividades planeadas. Um plano a curto prazo considera um horizonte de planeamento com uma duração máxima de seis meses.

As previsões a curto prazo, por representarem um futuro próximo, são mais fiáveis que as previsões a longo prazo que tendem a ser mais incertas. À medida que se alarga o horizonte de planeamento, maior será o grau de incerteza associado às previsões (Altay, Toy, e Ekinci, 2016).

Antes de uma empresa proceder à escolha de um modelo de previsão, deve identificar qual o propósito das previsões. Para tal deve primeiro identificar o tipo de horizonte de planeamento que está a considerar de forma a estruturar e definir as estratégias a implementar.

Após identificar o propósito das previsões, existem ainda outros fatores a ter em consideração na escolha do modelo mais adequado:

- Dados históricos de consumo dos produtos ou famílias de produtos;
- Precisão desejada para a previsão;
- Custo associado às previsões;
- Tempo disponível.

Curtois et al. (2011) fazem uma distinção entre 5 tipos de procura:

- **Constante** – a procura oscila estatisticamente em torno de um valor constante no tempo;
- **Tendencial** – a procura oscila em torno de um valor crescente ou decrescente ao longo do tempo;

- **Sazonal** – a procura apresenta variações mais acentuadas em determinados períodos (por exemplo no Natal, regresso às aulas, férias de verão, etc.);
- **Sazonal com tendência** – a procura comporta-se de forma semelhante à sazonal (variações acentuadas) mas oscila em torno de uma reta ascendente ou descendente;
- **Irregular** – a procura é completamente aleatória ao longo do tempo (não representada na Figura 2.1).

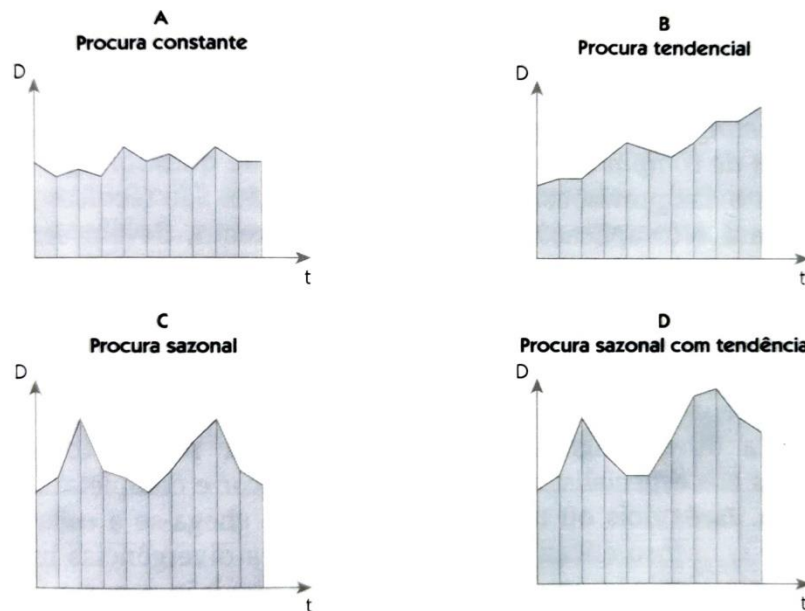


Figura 2.1 - Tipologia da procura

Adaptado de Curtois et al. (2011)

Outro modelo utilizado para classificar produtos com base na procura utiliza a velocidade de rotação como critério de distinção. Este modelo divide o *stock* em três Classes: (1) *fast movers*, produtos com uma elevada taxa de rotação, (2) *slow movers*, produtos com baixa taxa de rotação e (3) *non movers*, produtos sem rotação. Não são consideradas velocidades padrão para cada Classe, tratando-se apenas de um sistema de avaliação qualitativo da taxa de rotação dos produtos (Bošnjaković, 2010).

Resumindo, as técnicas de previsão são de extrema importância para as empresas pois constituem a base para um planeamento sólido. Estas técnicas permitem definir as quantidades que terão de ser produzidas ou encomendadas, bem como a altura correta para o fazer.

Como as previsões de procura nunca são totalmente precisas, as quantidades encomendadas poderão ser superiores ou inferiores à procura real. Encomendar ou produzir quantidades a menos irá resultar numa rotura de produtos em *stock*, pelo contrário, encomendar ou produzir a mais irá resultar num aumento dos custos de posse. Para equilibrar estes custos é necessário um novo planeamento após a aplicação das técnicas de previsão. A este planeamento é dado o nome de Gestão de *Stocks*.

A próxima secção introduz a Gestão de *Stocks*, bem como os seus modelos mais comuns.

2.1.2. Gestão de *stocks* tradicional

Antes de abordar o tema da gestão de *stocks* é necessário entender o conceito de *stock*. Entende-se por *stock* qualquer produto mantido em armazém durante um determinado período de tempo. Curtois et al. (2011) distingue quatro tipos de *stocks*:

- *Stocks* necessários para o fabrico, matérias-primas, protótipos, peças subcontratadas, peças intermédias, etc.;
- Peças de substituição para máquinas, ferramentas, materiais consumíveis, materiais de manutenção, etc.;
- Produtos em curso ou semiacabados, ou seja, produtos mantidos em *stock* entre diferentes estações de trabalho;
- *Stock* de produtos acabados.

Após compreender o conceito de *stock* resta entender qual a sua utilidade para as empresas. Apesar da sua importância e dos benefícios, o papel dos *stocks* é, por vezes, um pouco ambíguo. Quer isto dizer que existem inconvenientes no uso e manutenção de *stocks*, tornando-os uma necessidade e um constrangimento em simultâneo.

Heizer e Render (2010) afirmam que os *stocks* constituem um dos bens mais valiosos para muitas empresas, chegando a representar quase 50% do capital investido.

Curtois, Pillet e Chantal (2011) apresentam algumas das desvantagens do uso de *stocks*:

- Necessidade de escoar *stock* existente, o que pode originar atrasos na produção ou compras;
- Espaço ocupado;
- Risco de obsolescência;
- Custos de posse e manutenção.

Como já referido, os *stocks* e a sua gestão representam um dos maiores custos que uma empresa pode suportar. Do ponto de vista da filosofia *Lean*, os *stocks* são vistos como um desperdício (Eroglu e Hofer, 2011).

Em praticamente qualquer empresa, a gestão de *stocks* é reconhecida como essencial para seu o correto funcionamento. Por um lado, uma empresa deve sempre tentar reduzir os níveis de *stock* para reduzir os custos a estes associados, mas por outro devem ser capazes de minimizar ou até mesmo eliminar os riscos de rotura. O objetivo da gestão de *stocks* é, portanto, encontrar um equilíbrio entre investimento em *stocks* e nível de serviço. O nível de serviço representa a percentagem de possibilidade de nunca ocorrer rotura de *stock*, isto é, se uma empresa se propuser a prestar um nível de serviço de 95% significa que apenas em 5% dos casos se poderá verificar rotura de *stock*. Quanto mais elevado o nível de serviço, maior o nível de *stock* em posse e, consequentemente, mais elevado será o custo.

É impossível obter-se uma estratégia eficiente e, em simultâneo, *low-cost* sem uma boa gestão de *stocks*. Este tipo de gestão engloba diferentes tipos de operações:

- Gestão das entradas, inventariação e saída dos produtos e respetiva imputação contabilística;
- Armazenagem;
- Utilização de um ficheiro de gestão de *stocks*;
- Classificação do *stock* em categorias.

Esta gestão é um tipo de planeamento de produção a curto ou médio prazo que tem como principal objetivo manter um equilíbrio entre a quantidade de produtos em *stock*, tendo em conta as restrições de capacidade, as quantidades a encomendar e os custos associados à detenção de *stocks* (DeMatteis, 1968; Nenes, Panagiotidou, e Tagaras, 2010).

2.1.2.1. Custos dos *stocks*

Os custos associados às operações de gestão de *stocks* estão diretamente relacionados com a quantidade encomendada e com o número de encomendas, podendo ser divididos em:

- Custos de colocação de uma encomenda;
- Custos de armazenagem;
- Juro de capital;
- Manutenção do armazém;
- Deterioração;
- Obsolescência.

Com a soma dos custos associados à manutenção de produtos em armazém e dos custos de deterioração e obsolescência obtém-se o custo de posse, o custo de posse corresponde ao custo de manter em *stock* uma unidade de um produto durante um determinado período de tempo. É a missão da gestão de *stocks* diminuir, o máximo possível, o custo de posse, mantendo o nível de serviço proposto.

A soma do custo de posse com os custos de colocação de uma encomenda permitem obter o custo total associado à operação de gestão de *stocks*. A Figura 2.2 ilustra a importância da gestão de *stocks* no equilíbrio dos custos envolvidos.

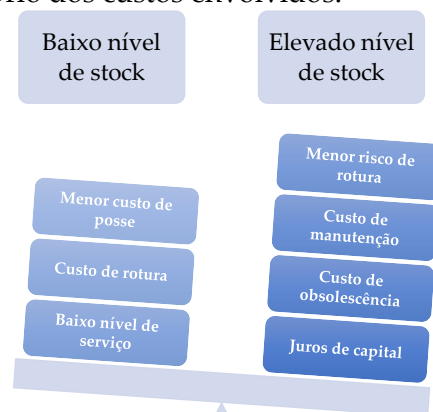


Figura 2.2. Problema de equilíbrio de custos da gestão de *stocks*

Com base na figura é possível fazer a associação entre os diversos pontos onde este equilíbrio é necessário. Um exemplo pode ser uma empresa que opte por manter um baixo nível de *stock* para reduzir os custos associados à posse dos produtos, porém ao fazê-lo aumenta a probabilidade de entrar em rotura e consequentemente baixar o seu nível de serviço.

2.1.2.2. Estratégias da gestão de *stocks*

É importante salientar que não existe uma forma única e absoluta de gerir os *stocks* para todas as empresas e todos os tipos de produtos. Desta forma é necessário averiguar o tipo de produtos em *stock* e adequar as estratégias de gestão a cada um deles. Como referido na Secção 2.1.2, existem tipos distintos de *stocks* que por sua vez podem ser divididos em dois diferentes grupos consoante a sua procura. Falamos de produtos com procura dependente e independente. Produtos com procura dependente caracterizam-se por um aprovisionamento não planeado de acordo com o seu consumo (por exemplo componentes) mas sim de acordo com o consumo previsto de produtos finais, sendo estes caracterizados por uma procura independente.

Muitos modelos tradicionais de gestão de *stocks* não são adequados para a gestão de componentes e outros produtos com procura dependente. Nestes casos, é mais frequentemente utilizada uma técnica que será apresentada mais detalhadamente na Secção 2.2, os sistemas MRP.

Na escolha do modelo de gestão de *stocks* mais adequado, no caso de se tratar de uma empresa com bens físicos, esta deve primeiro decidir se pretende produzir os produtos nas suas instalações ou se prefere encomendar a uma empresa externa. Depois de tomada esta decisão, o próximo passo é a previsão da procura (Secção 2.1.1). De seguida segue-se o planeamento das quantidades de *stock* necessárias para responder a essa procura. Ao longo deste capítulo serão apresentadas de forma mais detalhada as estratégias mais utilizadas em contexto real, as condições de aplicabilidade de cada uma e as suas vantagens e desvantagens.

De acordo com Ghamari e Sahebi (2017) os problemas de gestão de *stocks* podem ser classificados como dinâmicos se os seus parâmetros variarem com o tempo ou estacionários em caso contrário; e estocásticos se tiverem em consideração as incertezas associadas à procura ou determinísticos se considerarem a procura como sendo certa.

Antes de proceder à apresentação dos modelos de gestão de *stocks* existentes será feita uma classificação dos diferentes tipos de modelos face às características dos produtos a gerir. O conhecimento das características e padrões de consumo de cada produto facilita o processo de escolha do modelo de gestão de *stocks* mais adequado.

2.1.3. Características dos modelos de gestão de *stocks*

Como referido anteriormente, os *stocks* são um bem imprescindível para as empresas, porém em simultâneo constituem um custo elevado. Ao longo dos anos tem havido uma procura constante de métodos para minimizar a quantidade de produtos em *stock* sem prejudicar o nível de serviço. A Figura 2 ilustra um exemplo da evolução teórica do *stock*.

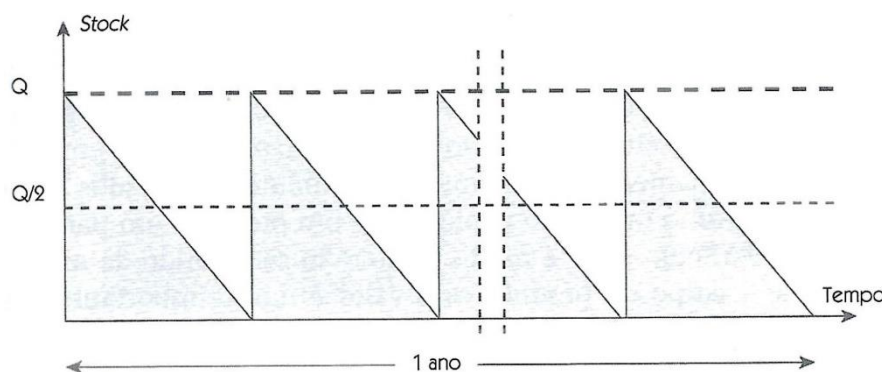


Figura 2.3. Evolução teórica do stock

Adaptado de Curtois et al. (2011)

Neste caso de consumos regulares e entradas periódicas, de quantidades Q , é possível obter uma evolução teórica do nível de *stock*. O *stock* médio vem representado por $Q/2$. Numa primeira análise poderia pensar-se em reduzir a quantidade encomendada Q para reduzir o nível médio de *stock*. No entanto, ao reduzir a quantidade a encomendar, passa a ser necessário aumentar o número de encomendas a realizar. Neste caso é importante não esquecer que o processamento de novas encomendas envolve custos que, por sua vez, aumentam com o incremento do número de encomendas realizadas. Aumentar em demasia o número de encomendas para reduzir os níveis de *stock* irá resultar em custos de processamento de encomendas superiores aos benefícios financeiros associados à redução de *stock*, pelo que o objetivo será sempre atingir um equilíbrio entre estes dois custos.

Antes de se proceder à apresentação dos modelos de gestão de *stocks* mais conhecidos e utilizados atualmente, é importante salientar que os modelos podem ser divididos em categorias de acordo com as suas características. As características mais relevantes na escolha do modelo de gestão de *stocks* mais adequado são: o padrão de consumo dos produtos a gerir, podendo este ser determinístico ou estocástico, e as políticas de controlo. No caso de o consumo ser determinístico o comportamento da procura é conhecido e pode ser estático ou variável; se o consumo seguir algum tipo de distribuição probabilística então diz-se que é estocástico. Quanto às políticas de controlo, podem considerar-se dois tipos: modelos de revisão contínua e modelos de revisão periódica. Num modelo de revisão contínua o controlo do nível de *stock* é feito continuamente, encomenda-se uma quantidade fixa de produto e as encomendas são realizadas em função dos níveis de *stock*, isto é, realiza-se uma encomenda quando o nível de *stock* atinge o ponto de encomenda definido. Se se tratar de um modelo de

revisão periódica, o controlo do nível de *stock* é feito periodicamente e encomenda-se uma quantidade correspondente à diferença entre o *stock* máximo definido e o nível de *stock* existente à data da revisão.

Os modelos podem ainda dividir-se em dois grupos com base na taxa de aprovisionamento dos produtos. Para tal considera-se taxa de aprovisionamento infinita quando as quantidades encomendadas chegam de uma vez, ou taxa de aprovisionamento finita se a encomenda for recebida de acordo com a taxa de produção até que o lote esteja concluído.

Outras características que diferenciam os modelos de gestão de *stocks* são:

- **Número de tipos de produtos**
 - Um único produto
 - Número variado de produtos
- **Horizonte de planeamento**
 - Finito
 - Infinito
- **Lead time**
 - Instantâneo
 - Não instantâneo (pode ser estocástico ou determinístico)

Resumindo, a escolha de um modelo de gestão de *stocks* só deve ser feita após se conhecerem todas as características mencionadas anteriormente. É importante salientar que dentro da mesma empresa diferentes produtos podem ser geridos utilizando políticas e modelos diferentes. Uma característica chave na seleção do modelo de gestão de *stocks* mais adequado a cada produto, é a classificação e estratificação de inventário. Os produtos em *stock* não têm todos o mesmo padrão de consumo ou o mesmo custo, pelo que não é adequado adaptar um único modelo de gestão de *stocks* a todos os produtos.

2.1.4. Classificação dos produtos em *stock*

Quando se trata de empresas responsáveis pela gestão de milhares de produtos diferentes, a gestão de *stocks* deve ser bastante seletiva devido ao facto de fatores como a periodicidade de consumo, o valor em *stock*, entre outros, requererem uma atenção diferente e, preferencialmente, diferentes métodos de gestão. Um produto que seja consumido diariamente não deve ser gerido da mesma forma que um produto com um consumo bastante mais reduzido.

Para evitar que uma organização invista incorretamente os seus recursos de gestão de *stock*, é necessário implementar sistemas de planeamento e controlo. Um sistema eficaz de planeamento e controlo de aprovisionamento mantém um equilíbrio entre duas forças opostas. Por um lado, deve proteger uma empresa contra a rotura de *stocks*. Por outro lado, os custos de posse de *stock* devem ser mantidos ao nível mais baixo possível (Partovi e Anandarajan, 2002).

A estratificação de inventário é o processo de classificação de produtos com base em fatores predeterminados relacionados com o ambiente de negócios e objetivos de uma empresa. Esta metodologia organiza produtos e unidades de *stock*, *Stock-keeping units* (SKU's) em categorias, com o objetivo de otimizar os custos de manutenção. Sendo orientados pelas receitas, a estratificação de inventário classifica e divide os produtos com base na sua rentabilidade e a taxa de rotação. Os produtos com elevada taxa de rotação (*fast movers*), mesmo que não sejam os mais rentáveis, estão, geralmente, posicionados mais perto da zona de expedição e prevalecem sobre produtos mais rentáveis, mas que vendem a um ritmo mais lento (Olsen, Gopal, e Calleja, 2018).

Uma técnica frequentemente utilizada é a classificação ABC de *stocks* baseada na lei de Vilfred Pareto, um economista italiano do século XIX. A lei de Pareto ou princípio 80/20 afirma que 80% das saídas anuais de *stock* são causadas por apenas 20% dos produtos. Esta técnica é fundamental pois permite destacar os produtos de maior importância e aplicar os modelos de gestão mais adequados a cada grupo de produtos em *stock*. O inventário é dividido em três Classes de acordo com os critérios que a empresa decidir considerar, geralmente os dois critérios mais utilizados são:

- Valor de saídas anuais do *stock* ou valor de consumo (procura anual multiplicada pelo custo unitário de cada produto);
- Valor em *stock*
- Custo unitário
- Taxa de rotação

No sistema clássico de classificação ABC, os produtos são divididos por Classes ordenados de ordem descendente de valor de consumo, sendo este o produto das quantidades consumidas anualmente pelo preço unitário de cada item: A – muito importante; B – moderadamente importante; e C – menos importante. Os produtos pertencentes à Classe A representam uma pequena porção da totalidade de produtos em *stock* (10-20%), porém constituem a maioria do valor de consumo (50-70%); a Classe B é representada por cerca de 20% de todos os produtos e 20% do valor de consumo. Por fim, a maioria dos produtos (60-70%) compõem a Classe C e representam uma pequena parcela do valor de consumo (10-30%) (Altay Guvenir e Erel, 1998; Olsen et al., 2018; Partovi e Anandarajan, 2002).

Não existe uma forma fixa de dividir os produtos por Classes e em certos casos o *stock* é dividido por mais do que três Classes, de acordo com a forma como a empresa pretende gerir os seus *stocks*.

Este tipo de categorização é importante porque, em casos reais, não é viável aplicar o mesmo modelo de gestão de *stocks* a todas as SKU's, e, para a maioria das empresas, enormes quantidades de tempo e energia dos colaboradores são consumidas na gestão de *stocks*.

Produtos da Classe A devem receber um controlo muito mais restrito que os das Classes B e C, os parâmetros para os modelos de gestão de *stocks* também devem ser revistos de forma

mais frequente e a previsão do consumo dos produtos da Classe A deve ser feita com mais rigor. Geralmente utilizam-se modelos de revisão contínua na gestão dos produtos desta Classe. Pelo contrário os produtos pertencentes à Classe C não requerem uma monitorização rigorosa e uma estratégia comum é a utilização de modelos mais simples e menos dispendiosos, como por exemplo modelos simples de revisão periódica. Os produtos da Classe B devem ser geridos de acordo com uma estratégia que se situe algures entre estes dois extremos. De forma geral, focar os esforços numa gestão mais apertada somente nos produtos da Classe A permite às empresas reduzir substancialmente os custos associados à gestão de *stocks* (Altay Guvenir e Erel, 1998).

Outro critério de utilizado para distinguir os produtos em *stock* com base na sua importância é o da análise VED. Esta análise baseia-se no conhecimento e experiência da equipa de gestão de uma empresa para uma correta classificação. Com base na criticidade, os produtos podem ser agrupados em três categorias (Pund, Kuril, Hashmi, Doibale, e Doifode, 2016):

- **Vitais:** Produtos indispensáveis ao funcionamento de uma empresa, em que a sua indisponibilidade afeta diretamente o desempenho das suas atividades;
- **Essenciais:** Produtos com uma criticidade mais baixa que os vitais, em que a sua disponibilidade pode ser tolerada por um período curto;
- **Desejáveis:** Produtos com a menor criticidade. A indisponibilidade deste tipo de produtos não prejudica as atividades de uma empresa.

Em conclusão, a classificação e estratificação de inventário permite dividir e agrupar todos os produtos em armazém por Classes, de acordo com determinados parâmetros e níveis de criticidade definidos pela empresa. Esta divisão facilita a aplicação do ou dos modelos de gestão de *stocks* mais adequados a cada Classe (Teunter, Babai, e Syntetos, 2009).

2.1.5. Os modelos de gestão de *stocks*

Quando se discute o momento certo para realizar uma encomenda e qual a quantidade a encomendar, o fator com maior peso nesta decisão são as previsões da procura que, na maioria das vezes, são incertas. Para combater essa incerteza é necessário que o método de reaprovisionamento escolhido seja flexível de modo a ser facilmente adaptado no caso de erros ou imprevistos.

Curtois et al. (2011) Distinguem quatro diferentes modelos de aprovisionamento com base na quantidade de encomenda, que pode ser fixa ou variável e no período entre encomendas, também este fixo ou variável.

No caso de o período de aprovisionamento ser fixo, revisão periódica, os modelos apresentados são o modelo de Quantidade Fixa de Encomenda e o modelo da Quantidade Periódica de Reposição. Quando a quantidade a encomendar é fixa, revisão contínua, o modelo apresentado é o modelo do ponto de encomenda (s, Q). É ainda apresentado um

modelo para o caso em que o período de aprovisionamento e a quantidade a encomendar são ambos variáveis.

De seguida os modelos serão apresentados pela seguinte ordem: Primeiro serão abordados os modelos de revisão contínua, começando por um dos modelos de revisão contínua mais conhecidos e utilizados, o modelo da Quantidade Económica de Encomenda (QEE) e o cálculo do ponto de encomenda (s). Seguido do modelo da Quantidade Fixa de Encomenda e do modelo Lote a Lote. Por fim serão apresentados os modelos de revisão periódica e por fim o modelo misto.

2.1.5.1. A Quantidade Económica de Encomenda

Face ao problema de equilíbrio de custos que a gestão de *stocks* se propõe a solucionar, surge, em 1913, o modelo proposto por Harris (1913) que permite calcular a quantidade Q que otimiza o custo total, isto é, a quantidade a encomendar que atinge um equilíbrio entre os custos associados ao processamento de uma encomenda e os custos de posse, como se pode ver na Figura 4.

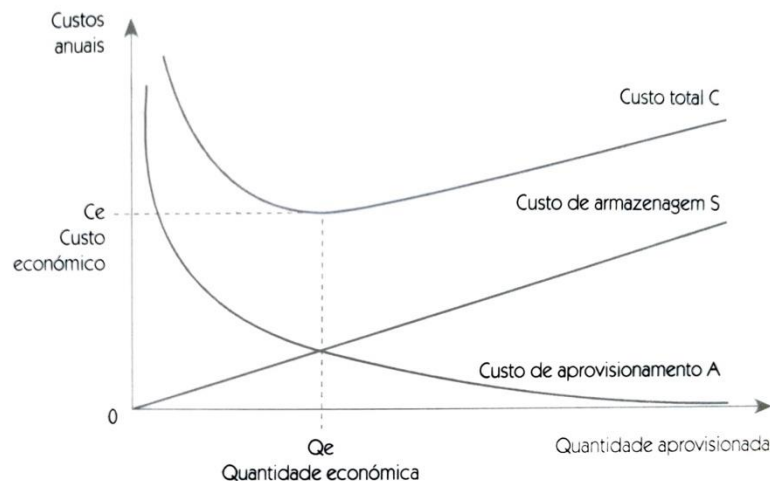


Figura 2.4. Minimização do Custo Total com QEE

Adaptado de Curtois et al. (2011)

Esta quantidade Q é denominada Quantidade Económica de Encomenda (QEE) e é calculada utilizando a fórmula de Wilson.

$$Q = \sqrt{\frac{2DC_a}{Ic}} \quad (1)$$

Onde:

D representa a procura média prevista

C_a representa o custo de aprovisionamento, ou custo de colocação de uma encomenda

I representa a taxa de custo de posse

c representa o custo unitário

Este modelo considera um horizonte de planeamento infinito e a procura como sendo constante e determinística.

O caso anterior é aplicável para casos em que a taxa de aprovisionamento é infinita, ou seja, a encomenda é recebida toda de uma vez. No caso de se tratar de uma situação em que a taxa de aprovisionamento é finita, a fórmula a utilizar para o cálculo da quantidade Q a encomendar sofre algumas alterações.

$$Q = \sqrt{\frac{2DC_a}{I_c} \times \frac{1}{1 - \frac{D}{P}}} \quad (2)$$

Onde:

P representa a taxa de produção

O modelo QEE é um dos modelos mais antigos e reconhecidos a nível global no mundo dos negócios e operações. O modelo divide os custos de *stock* em duas partes: a primeira diz respeito ao custo financeiro expresso como o custo de oportunidade de capital associado à posse de bens físicos em armazém; e a segunda os custos de manutenção que englobam todos os custos associados ao transporte, aquecimento ou arrefecimento, seguros, danos ou perdas, obsolescência, rendas, impostos, etc (Çalışkan, 2020).

Wilson (1934) reconhece que a volatilidade e imprevisibilidade da procura são fatores críticos a ter em atenção no momento do planeamento de produção/compras e divide o controlo de *stock* em duas partes:

- Determinar qual a quantidade de material a comprar/produzir
- Determinar o ponto de encomenda, ou seja, o nível de *stock* a partir do qual se deve gerar uma nova encomenda.

Um benefício do modelo QEE, e uma das razões pela qual este ainda é bastante utilizado atualmente, é a sua robustez. Este modelo é capaz de obter uma solução bastante satisfatória mesmo que se verifiquem alterações substanciais nos parâmetros. Uma alteração nos custos de colocação de encomenda, custos de posse, na procura ou até mesmo na quantidade a encomendar, resultaria numa alteração mínima ou praticamente nula no custo total (Mabert, 2007).

2.1.5.2. Cálculo do Ponto de Encomenda

O ponto de encomenda (s) representa o valor de *stock* a partir do qual se vai proceder a uma nova encomenda, ou seja, assim que o *stock* atingir um valor inferior ao ponto de encomenda deve imediatamente desencadear-se uma encomenda. Este ponto de encomenda

é definido como o *stock* necessário para satisfazer a procura durante o lead time. É calculado como demonstrado na equação.

$$s = DL \quad (3)$$

A quantidade a encomendar no momento em que o *stock* é inferior ao ponto de encomenda depende do modelo de aprovisionamento que estiver a ser considerado.

2.1.5.3. Modelo de Quantidade Fixa de Encomenda

Este modelo não é muito utilizado em casos reais, tem um papel mais introdutório à gestão de *stocks* no contexto académico. No entanto pode ser aplicado em produtos de valor baixo e que pertençam à Classe C da classificação ABC. O princípio deste modelo é bastante simples, define-se um *stock* de segurança apenas para proteger a empresa de eventuais roturas e em períodos fixos encomendam-se produtos em quantidades próximas da quantidade económica.

2.1.5.4. Modelo Lote a Lote

Este modelo pode ser utilizado quando a procura é conhecida para todos os períodos e a empresa não pretende recorrer à acumulação de *stocks*. Os produtos são comprados ou produzidos sempre de acordo com as necessidades do próximo período, isto é, apenas as quantidades necessárias para satisfazer os pedidos na totalidade, sem recorrer a *stocks* de segurança nem antecipar consumos futuros.

2.1.5.5. Modelo da Quantidade Periódica de Reposição

Partindo da QEE chegou-se a um modelo de revisão periódica que devolve o período ótimo entre encomendas (T). Este modelo designa-se por Quantidade Periódica de Reposição (QPR). Através da utilização deste modelo pretende-se repor os níveis de *stock* periodicamente até atingir a quantidade máxima definida previamente, S (*Stock* máximo). O período entre revisões de *stock* (T) é fixo e determinado utilizando a seguinte equação.

$$T = \sqrt{\frac{2C_a}{IcD}} \quad (4)$$

Para calcular o *stock* máximo é necessário ter em conta o consumo médio por unidade de tempo (D), o lead time (L), o período entre emissão de encomendas (T). Como se trata de um modelo de revisão periódica, a sua aplicação está sujeita a um maior risco de rotura causado por eventuais variabilidades na procura. Para evitar uma rotura de *stock*, uma quantidade adicional de unidades de um produto é mantida em *stock* como forma de prevenção em caso de variações inesperadas da procura. Esta quantidade adicional de produtos é denominada *Stock* de Segurança (Q_{seg}), este será abordado em maior detalhe na Secção 2.1.6.

$$S = D(L + T) + Q_{\text{seg}} \quad (5)$$

A quantidade a encomendar será sempre a subtração do valor pretendido para *stock* máximo e o valor de *stock* no momento de colocação da encomenda, como demonstrado na Equação 3.

$$Q = S - \text{quantidade em stock no momento da encomenda} \quad (6)$$

2.1.5.6. Aprovisionamento por datas e quantidades variáveis

Este tipo de modelo deve ser aplicado apenas a produtos de custo elevado que pertençam à Classe A, em que os preços podem variar e apresentem um carácter mais ou menos especulativo ou estratégico. Devido a tratar-se de um modelo que exige uma elevada atenção, este é adequado a um número reduzido de produtos.

Um exemplo de modelo deste género é o modelo (s,S). Trata-se de um modelo de revisão contínua onde é definido o ponto de encomenda, *s*, (Secção 2.1.5.2) e no momento em que as quantidades em *stock* forem inferiores ao ponto de encomenda, processa-se a uma encomenda que permita repor os níveis máximos de *stock*, *S*. Devido à variabilidade da procura, o período entre encomendas não é constante quando este modelo é aplicado.

Estes modelos mais simplistas de gestão de *stocks*, têm um âmbito de aplicação bastante restrito, são modelos inadaptados para a gestão de componentes com procura dependente, geralmente mais utilizados para gerir materiais de escritório com procura independente e praticamente constante e outros materiais de consumo mais industrial como peças de baixo valor, ferramentas, etc. Isto porque estes modelos se baseiam em pressupostos que raramente se verificam em casos reais:

- Não existe rotura de *stock*;
- A procura é regular;
- Os custos de colocação de encomenda e de posse estão bem definidos e são constantes;
- Os custos são proporcionais ao número de peças adquiridas (não são aplicáveis descontos de quantidade)

Estes modelos não são aplicáveis em cenários de grande incerteza pois não oferecem a proteção necessária para garantir um nível de serviço constante e desejável. Uma estratégia utilizada de forma a garantir o nível de serviço face a incertezas é manter uma quantidade adicional de produtos em *stock*, esta quantidade adicional é mais conhecida como *stock* de segurança. Adicionando um *stock* de segurança aos modelos referidos torna-os mais eficientes em cenários em que a procura é mais variável e incerta.

2.1.6. Stock de segurança

É raro uma cadeia de abastecimento (CA) ser capaz de operar sem recorrer a *stocks* de segurança (Syntetos, Babai, Boylan, Kolassa, e Nikolopoulos, 2016). Aliar os *stocks* de

segurança aos fluxos financeiros e fundos adequados, previne de forma eficaz a ocorrência de interrupções da CA, enquanto permite às empresas manter o nível de serviço (Bogataj, Aver, e Bogataj, 2016). Um artigo da Forbes (Howells, 2020) afirma que, atualmente, as empresas têm vindo a apresentar uma menor tolerância a riscos e incertezas. É realçada a importância dos *stocks* de segurança como medida de prevenção contra riscos causados por catástrofes naturais (furacões, tsunamis, terremotos, etc.) mas também cenários de pandemias como o mais recente caso da pandemia de Covid-19.

Na implementação de *stocks* de segurança existem cerca de cinco fatores a considerar. Estes fatores incluem o nível de serviço pretendido pela empresa, o lead time dos fornecedores, a volatilidade da procura, a política de encomendas e os custos de manutenção. As empresas devem monitorizar de forma constante estes parâmetros com base nas suas necessidades (Gonçalves, Sameiro Carvalho, e Cortez, 2020; Ruiz-Torres, Mahmoodi, e Juan, 2010).

Para calcular o *stock* de segurança nos casos em que o lead time é conhecido e fixo, como é o caso desta dissertação, admitem-se as seguintes hipóteses:

- O consumo varia em torno de um valor médio ao longo do tempo e segundo uma distribuição normal de desvio padrão σ ;
- Para o horizonte de planeamento em estudo, considera-se que os períodos são independentes.

$$Q_{\text{seg}} = k\sigma\sqrt{L} \quad (7)$$

A equação anterior é utilizada para calcular o *stock* de segurança para modelos de revisão contínua, no caso do modelo utilizado ser de revisão periódica deve considerar-se também o período entre encomendas T .

$$Q_{\text{seg}} = k\sigma\sqrt{L + T} \quad (8)$$

Gonçalves et al. (2020) afirmam que apesar da implementação de estratégias de *stock* de segurança ter comprovado os seus benefícios num contexto real, em termos de nível de serviço e custos, utilizar apenas no nível de serviço como critério pode aumentar excessivamente os custos de posse, especialmente quando a incerteza sobre a procura é elevada. Uma abordagem comum é a utilização de modelos multicritério para garantir uma melhor eficácia.

Um estudo conduzido por Ruiz-Torres et al. (2010) concluiu que a utilização de dados históricos de consumo para calcular o *stock* de segurança e ponto de encomenda em vez de recorrer a uma aproximação de distribuição probabilística permite atingir um nível de serviço muito mais próximo do alvo, e também reduzir o custo de manutenção de *stock* face aos modelos que baseavam os seus cálculos em aproximações de distribuições.

Com base no histórico é possível prever em que altura do ano a procura sofre flutuações e adequar as políticas de compra, no entanto existem fatores imprevisíveis capazes de causar

enormes flutuações na procura de um ou vários produtos, e consequentemente criar um risco para a empresa bem como toda a cadeia de abastecimento. Quando confrontado com incertezas difíceis ou impossíveis de prever, um modelo com base no histórico de consumo tem dificuldades em adequar os níveis de *stock* de segurança, resultando em rotura no caso de um aumento da procura, ou em excesso de *stock* no caso de uma diminuição da procura, ambas as situações incorrem em riscos e custos para a empresa (Bodt e Wassenhove, 1983).

2.1.7. Modelos de cálculo dinâmicos

Os modelos tradicionais descritos na Secção 2.1.5 apresentam diversas limitações, destacando-se as seguintes:

- Os produtos são geridos independentemente uns dos outros;
- Assume-se que o consumo anterior de cada produto se irá repetir no futuro;
- Assume-se que todos os produtos continuarão a ser necessários no futuro, sem preocupação com a data em que ocorrerá essa necessidade

Nos modelos referidos acima, a procura é considerada como determinística. No entanto, na maioria dos casos, é possível verificar a existência de variações estocásticas na procura, o que poderia pôr em causa a escolha de uma procura determinística na aplicação de modelos de gestão de *stocks*. Este não parece ser o caso, Axsäter (2006) afirma que assumir a procura como determinística, no geral, é uma solução bastante razoável. Apesar das variações estocásticas na procura, a prática mais comum para determinar as quantidades de encomenda é a utilização de valores determinísticos. Para tal, a procura estocástica é substituída pela sua média.

Até aqui, os modelos consideravam a procura como sendo constante, mas a realidade que as empresas enfrentam, é a de uma procura variável com o tempo. Variações na procura podem levantar alguns problemas no momento do cálculo das quantidades a encomendar e, se necessário, a manter em *stock*. Este problema é denominado *classical dynamic lot size problem*, ou problema dinâmico de dimensionamento de lotes, em português. Perante variações ao longo do tempo, é expectável que as quantidades ótimas de encomenda não se mantenham constantes.

O primeiro algoritmo a considerar este problema de cálculo dinâmico foi desenvolvido por Wagner e Whitin (1958). Neste modelo todos os parâmetros são considerados determinísticos, prática que se manteve nos modelos que o seguiram. No entanto, e contrariamente ao defendido por Axsäter (2006), Bushuev, Guiffrida, Jaber e Khan (2015) concluíram que o grau de incerteza presente nos casos reais fazia com que não fosse totalmente realista assumir que certos parâmetros, nomeadamente a procura, fossem determinísticos, mas sim aproximados a distribuições probabilísticas.

O algoritmo Wagner-Whitin (Wagner e Whitin, 1958) é um método de otimização, baseado em programação dinâmica, que permite determinar o custo mínimo para uma procura dinâmica e determinística sem restrições de capacidade. Apesar de ser um algoritmo

bastante viável na maioria das circunstâncias, na prática não é tão utilizado devido à sua complexidade e dificuldade de aplicação, bem como pelo tempo e recursos consumidos quando aplicado a casos reais de gestão. Face a estas limitações, outras heurísticas foram desenvolvidas para o substituir (Jeunet e Jonard, 2000).

Um modelo bastante conhecido e que permite obter resultados semelhantes à solução ótima de forma bastante mais simplificada, é a heurística de Silver-Meal.

A heurística de Silver-Meal é, como muitos outros modelos de dimensionamento de lotes, um método sequencial. Ao determinar a quantidade a encomendar para o primeiro período, considera-se sucessivamente a procura nos períodos seguintes. Ao considerar o segundo período, através de cálculos simples, decide-se se este período de procura deve ser adicionado ao lote a encomendar para o primeiro período. Se for esse o caso, então o procedimento repete-se para o terceiro período e por aí em diante, até o custo médio por período aumentar pela primeira vez. Isto significa que, se uma única encomenda cobre n períodos, a encomenda seguinte será feita no período $n+1$.

Uma alternativa a utilizar os custos médios por período é comparar-se os custos por unidade, ou seja, divide-se o custo total pelo número de unidades encomendadas e agrupam-se quantidades para satisfazer diversos períodos numa única encomenda, até os custos aumentarem pela primeira vez. A este modelo alternativo foi dado o nome de modelo do menor custo unitário.

Dentro dos modelos de gestão de *stocks* mais utilizados, para este trabalho não interessou estudar todos os existentes, pois é do interesse da CUF que se utilize um modelo disponível nas ferramentas utilizadas, neste caso o MRP presente no software SAP. Dos modelos dinâmicos existentes, foi do interesse da CUF que se estudassem em maior detalhe os seguintes modelos:

- **Algoritmo peça-período** – Parte do mesmo princípio que o modelo QEE, mas ao contrário deste, a quantidade a encomendar não é fixa. O algoritmo peça-período é utilizado para equilibrar os custos de colocação de uma encomenda com os custos de posse ao agrupar as quantidades necessárias para satisfazer um determinado número de períodos numa única encomenda. Ao fim de um ano, o número de encomendas vai ser o mesmo que o número de encomendas calculado através do modelo QEE, ou seja, os custos de colocação de encomendas serão os mesmos. Porém, como as quantidades a encomendar são baseadas na procura para cada período, os custos de posse serão mais reduzidos.
- **Algoritmo de menor custo unitário:** Através da utilização deste algoritmo pretende-se encontrar a quantidade a encomendar que minimiza o custo total por unidade encomendada sendo este a soma entre o custo unitário de aprovisionamento e o custo unitário de posse.

- **Algoritmo de menor custo total:** Semelhante ao algoritmo anterior, no entanto com este modelo pretende-se encomendar a quantidade que minimiza o custo total, sendo o custo total a soma entre os custos de posse e de processamento de uma encomenda.

Com a apresentação dos modelos feita resta apresentar e definir o conceito de MRP para concluir a revisão bibliográfica deste trabalho. Sistema de planeamento e gestão de *stocks* que a CUF utiliza e cuja eficiência é o foco deste estudo.

2.2. O MRP na Gestão de *Stocks*

2.2.1. Cálculo das necessidades líquidas

Numa situação real onde a procura é variável ao longo do tempo, pode ocorrer uma diminuição drástica do consumo de um produto, ou até mesmo uma total interrupção nas vendas, o que gera uma estagnação de produtos em *stock* que agora constituem perdas, ou em caso contrário, pode existir um aumento acentuado na procura, originando roturas no *stock*.

De forma a antecipar de forma exata as necessidades de produção ou encomenda e a sua distribuição no tempo, criou-se em 1965 um conceito de gestão de produção, inicialmente denominado MRP ou *Material Requirements Planning*, que pode ser traduzido para português como o Cálculo ou Planeamento das Necessidades Líquidas.

Como referido na Secção 2.1.2.2, as necessidades podem ser divididas em duas Classes fundamentais: necessidades dependentes e independentes.

As necessidades independentes caracterizam-se normalmente por produtos acabados e peças de substituição que os clientes adquirem à empresa. Pelo contrário, as necessidades dependentes são obtidas ou geradas através das anteriores, isto é, todas as matérias-primas, componentes, subconjuntos, etc., que constituem o produto final que irá ser vendido.

Estes dois diferentes tipos de necessidades requerem uma atenção e um tratamento bastante distinto, de acordo com o princípio de Orlicky: “As necessidades independentes só podem ser estimadas com base em previsões. As necessidades dependentes, pelo contrário, podem e devem ser calculadas.” (Curtois et al., 2011).

Esta afirmação é facilmente representada por um esquema como o seguinte que faz a distinção entre os dois tipos de necessidade. Através da utilização de outra ferramenta, a BOM (*Bill of Materials*), divide-se o produto final em todos os componentes que o constituem, e a partir destes procede-se ao cálculo das necessidades líquidas.

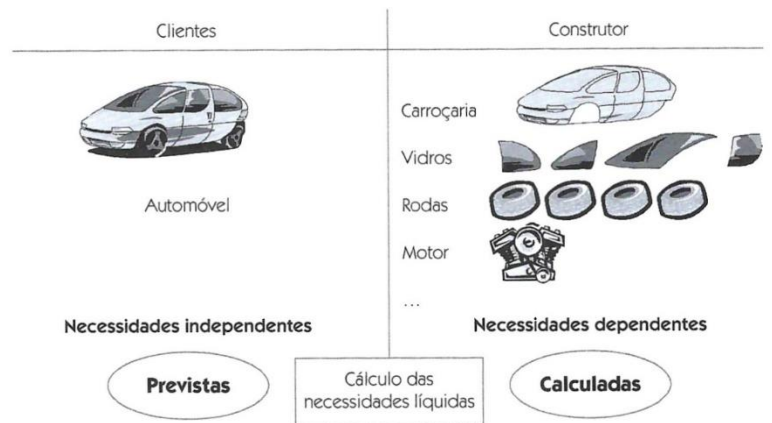


Figura 2.5 Necessidades dependentes e independentes

Adaptado de Curtois et al. (2011)

No caso representado acima, o número de veículos a fabricar será obtido através de uma estimativa do consumo, o número de veículos irá permitir depois calcular as quantidades de componentes a fabricar ou encomendar.

2.2.2. MRP

Os sistemas MRP permitem gerir a produção desde o curto ao longo prazo, e servem de meio de comunicação entre as diversas funções da empresa, nomeadamente entre a área comercial e a área da produção, o que permite que todos os serviços da empresa possam fazer uma gestão da produção, utilizando a mesma linguagem (Axsäter, 2006).

O MRP foi desenhado de forma a atingir, em simultâneo, três objetivos (Louly e Dolgui, 2013):

- Assegurar que os materiais se encontram disponíveis para produção e que os produtos se encontram prontos para expedição para os clientes;
- Manter em armazém o mínimo possível de materiais ou produtos;
- Planear as atividades de manufatura e expedição, calendários de entrega e gestão de compras.

Se for considerado um ambiente determinístico então o MRP devolve uma planificação ótima just-in-time (JIT), se pelo contrário for considerado um ambiente estocástico então o MRP irá necessitar de alguma parametrização (Dolgui e Prodhon, 2007).

Estudos como os de Molinder (1997), (Chaharsooghi e Heydari (2010), Gupta (1993) e Ho e Lau (1994) concluíram que incertezas na procura e no lead time têm impacto direto no tempo de produção, nas políticas de encomenda, nos ajustes dos lead times (Mohan e Ritzman, 1998), no nível de serviço e nos níveis de *stock*, que por sua vez resultam num aumento dos custos.

Ao recorrer-se a softwares de gestão MRP é possível minimizar ou eliminar os efeitos causados pelas incertezas uma vez que este tipo de softwares pode ser parametrizado de

acordo com as necessidades de cada empresa de forma a oferecer uma solução ótima (Louly e Dolgui, 2013).

As empresas que escolham utilizar um MRP têm de proceder a uma correta parametrização do mesmo, e monitorizar de forma regular estes parâmetros para garantir um correto funcionamento (Louly e Dolgui, 2012).

Para o bom funcionamento de um sistema MRP é necessário ter em consideração alguns fatores importantes, tais como (Kiran, 2019):

- Plano diretor de produção (informa sobre o que deve ser produzido/comprado e quando);
- Especificações dos produtos ou BOM (*Bill of Materials*);
- Quantidades em *stock*;
- Ordens de compra;
- *Lead times*

O diagrama da Figura 2.6 ilustra o princípio base do MRP.

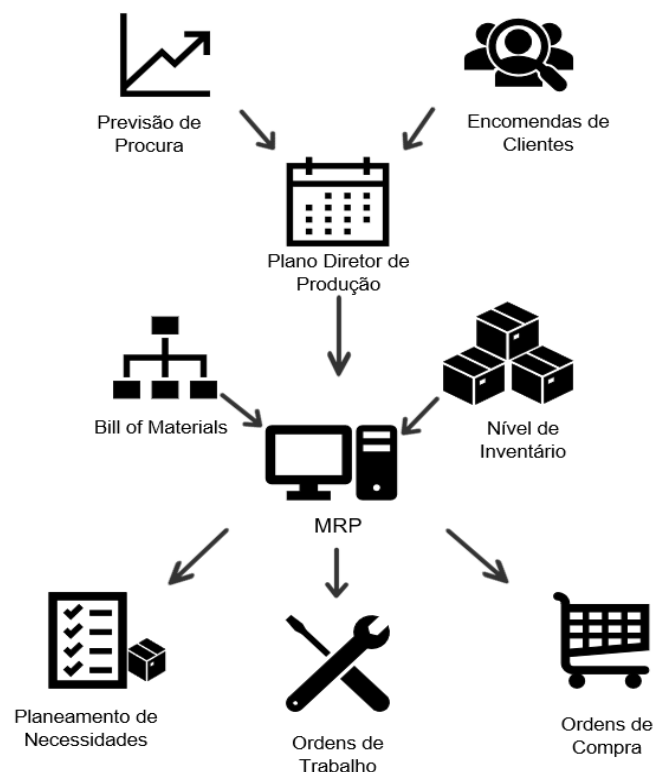


Figura 2.6. Funcionamento do MRP

Alguns benefícios dos sistemas MRP:

- Melhor resposta aos pedidos dos clientes como resultado de uma maior facilidade em cumprir prazos;
- Resposta mais rápida a alterações no mercado;
- Melhor controlo da produção, mão de obra e instalações;
- Redução dos níveis de *stock*

Apesar de todas as suas vantagens e funcionalidades, uma má utilização de um MRP traz a uma empresa algumas adversidades:

- O MRP é bastante dependente de uma grande precisão nos dados de input como previsões de consumo ou dados históricos de *stock* atualizados;
- Uma má configuração do MRP pode resultar em rotura ou excesso de *stock*;
- Implementar um sistema MRP pode ser complicado e necessitar de muito tempo e um elevado investimento para implementar.

Esta ferramenta é bastante eficiente quando se procura minimizar investimentos desnecessários em *stock*. As suas funções mais vantajosas são a computação do planeamento de produção e do horizonte de planeamento, um controlo eficaz do *stock* e a solicitação automática de encomendas de materiais ou produtos no instante em que a quantidade em *stock* atinge o ponto de encomenda.

Até agora o MRP foi descrito apenas como uma ferramenta para planear a gestão de produtos e dos seus componentes. No entanto, processos como o fabrico, a manutenção e o transporte de produtos também requerem recursos, tais como mão de obra, energia, dinheiro, entre outros. Após a implementação do MRP, as empresas podem passar a incorporar os recursos no sistema. Quando um sistema MRP passa a ser utilizado desta forma, passa a denominar-se MRP II (*Manufacturing Resource Planning*) (Wight, 1984).

Devido à sua simplicidade, o sistema MRP tornou-se a base do ERP (*Enterprise Resource Planning*). ERP é um sistema de informação que permite a comunicação entre todas as entidades de uma cadeia de abastecimento, bem como identificar e planear todos os recursos necessários para fabricar, comprar, expedir e responder a todos os pedidos de clientes (Mabert, 2007).

O ERP é um software que permite às empresas:

- Automatizar e integrar diversos processos do seu negócio;
- Partilhar bases de dados com todas as entidades da empresa;
- Produzir e partilhar informação em tempo real

Os sistemas ERP também incluem:

- Gestão da cadeia de abastecimento (*Supply chain management, SCM*)
- Gestão das relações com os clientes (*Customer relationship management, CRM*)

Vantagens do ERP:

- Integra a cadeia de abastecimento, produção e processos administrativos
- Cria uma base de dados comum
- Melhora a comunicação e colaboração entre diversas entidades dentro de uma empresa
- Pode fornecer uma vantagem estratégica face à concorrência

Desvantagens do ERP:

- Preço de compra muito elevado, e ainda mais dispendioso se se pretender personalizar
- A implementação pode necessitar de alterações na empresa e nos seus processos
- Pode ser demasiado complexo
- Trata-se de um processo contínuo no tempo, que pode nunca vir a ser terminado
- Número limitado de especialistas em ERP

2.2.2.1. Dimensionamento de lotes com MRP

O MRP por si só é uma excelente ferramenta para calendarizar a produção/compras e para determinar as necessidades líquidas, no entanto é ainda necessário determinar quais as quantidades a encomendar. Uma vantagem dos MRP comerciais, como o do SAP, é possuírem um vasto leque de modelos de gestão de *stocks* que podem ser parametrizados de acordo com as necessidades de cada empresa. Alguns dos modelos disponíveis em sistemas MRP são:

- **Lote a lote**
- **Modelo da quantidade fixa de encomenda**
- **QPR (Quantidade Periódica de Reposição)**
- **QEE (Quantidade Económica de Encomenda)**
- **Algoritmo peça-período**
- **Algoritmo Silver-Meal**
- **Algoritmo do menor custo unitário**
- **Menor custo total**
- **Algoritmo de Groff**

Como referido na Secção 2.1.7, face às necessidades da CUF e aos modelos que esta tem à sua disposição, a parte prática do trabalho irá focar-se apenas no estudo e aplicação de uma quantidade mais restrita de modelos. Os modelos seleccionados para o caso em estudo foram o modelo da Quantidade Económica de Encomenda, um modelo de revisão periódica, e uma versão personalizada para cada produto do modelo (s, S), modelo utilizado pela CUF à data da realização desta dissertação. Estes modelos foram escolhidos ao invés dos modelos de cálculo dinâmicos disponíveis no MRP do SAP devido à complexidade que estes podem apresentar numa aplicação manual com limitação de recursos, como foi o caso desta dissertação.

CARACTERIZAÇÃO DA CUF

O estudo realizado nesta dissertação parte de uma necessidade da CUF, em otimizar a operação do novo armazém central. O caso de estudo abordado nesta dissertação baseia-se em dados fornecidos pelo Centro Logístico da CUF (CLCUF), onde estão centralizadas as operações do Departamento de Logística.

Numa primeira fase é feita uma breve apresentação da empresa, de seguida é descrita toda a operação em armazém, desde o momento em que uma unidade de saúde realiza uma encomenda até que esta é expedida. Segue-se uma breve descrição do problema e dos principais temas abordados neste estudo como o modelo de gestão de *stocks*, a tipologia de produtos e o seu armazenamento.

3.1. Apresentação da CUF

A CUF assume-se como empresa de referência na prestação de cuidados de saúde de qualidade em Portugal e como parceiro para o desenvolvimento do País. A Identidade da CUF caracteriza-se pela sua visão, pela missão e pelos objetivos que se propõe a seguir.

Em 1945 nasce o primeiro Hospital CUF, Hospital CUF Infante Santo (atual Hospital CUF Tejo), este hospital foi criado com o propósito de servir os mais de 80 mil colaboradores e familiares do grupo CUF (Companhia União Fabril).

Atualmente, a CUF desenvolve a sua atividade através de 19 unidades de saúde em Portugal Continental, 5 das quais situadas a Norte de Coimbra e as restantes 14 situadas entre Santarém, Lisboa e Cascais. A rede CUF encontra-se dividida em três Clusters: Cluster Descobertas, Cluster Tejo e Cluster Norte, articulando-se, assim, em torno dos 3 grandes Hospitais CUF: Descobertas, Tejo e Porto.

Neste momento, é responsável pela gestão da Rede de unidades de prestação privada de cuidados de saúde CUF e de parcerias público-privadas, como o caso do Hospital público de Vila Franca de Xira, esta parceria irá cessar em meados de 2021. Até junho de 2020 integravam ainda o Grupo CUF os Hospitais Fernando da Fonseca (Hospital Amadora Sintra) e também o Hospital de Braga.

Para além das entidades acima descritas, o grupo CUF integra também a SAGIES - Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho.

3.2. O Centro Logístico da CUF (CLCUF)

Antes de proceder à apresentação do modelo de gestão de *stocks* da CUF e das metodologias a implementar no Capítulo 4, será feita uma breve explicação das operações logísticas levadas a cabo diariamente no CLCUF que permitem o correto funcionamento do armazém central, assim como a garantia de que as unidades de saúde recebem as suas encomendas atempadamente e nas melhores condições.

3.2.1. Características do CLCUF

As operações de logística da CUF são realizadas no armazém central. O CLCUF trabalha nos dias úteis, encerrando operações aos fins de semana e feriados.

O armazém central tem cerca de 1200m² de espaço alocado ao armazenamento de todos os produtos e às zonas de preparação de encomendas, de receção e conferência de encomendas, de devoluções e de expedição.

3.2.2. As operações no CLCUF

As operações no centro logístico dividem-se em cinco tipologias de atividades sequenciais e interdependentes.

1. Receção de mercadorias – chegada do fornecedor ao cais de descarga e receção da mercadoria no centro logístico;
2. Arrumação do material no armazém – inicia-se com a finalização da receção e termina com a colocação do material na localização definida no interior do armazém;
3. Picking dos pedidos – inicia-se com a criação do pedido ao centro logístico e termina com a colocação dos materiais solicitados na zona de expedição;
4. Transporte – inicia-se com a chegada do distribuidor ao centro logístico e termina com a colocação do material na unidade de destino;
5. Distribuição até à Unidade de Saúde – processo que se inicia e finaliza com a chegada do material à unidade.

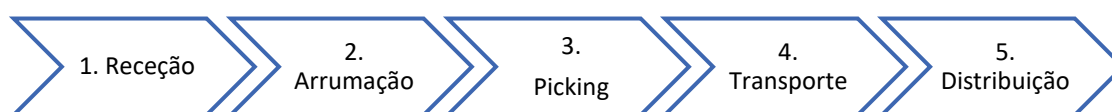


Figura 3.1. Operações do Centro Logístico da CUF

3.2.2.1. Receção de mercadorias

A satisfação das necessidades logísticas das unidades abastecidas pelo Centro Logístico (CL) pressupõe uma articulação funcional entre sistemas de informação diferentes. O processo de encomenda inicia-se sempre com a criação do pedido de material em Glinnt,

que vai gerar automaticamente uma requisição de compra em SAP. A requisição de compra irá dar origem, também em SAP, a uma nota de encomenda da unidade ao Centro Logístico.

No início de cada dia de atividade são identificados os fornecedores com entregas previstas para o dia, tendo em conta o número de dias acordado em sede de negociação com a Direção de Compras. Esta previsão é feita com base na nota de encomenda disponível em SAP e permite prever o nível de atividade de cada dia, bem como avaliar o cumprimento do tempo de entrega por parte do fornecedor.

A tipologia de produtos que dão entrada pelo Centro Logístico não é uniforme, sendo possível agrupá-los em categorias:

- **Material de consumo clínico** - produtos utilizados na prestação de cuidados de saúde que poderão ser de uso único e que, de alguma forma suportam os atos clínicos. Não têm uma função de diagnóstico.
- **Dispositivos médicos** - produtos utilizados para fins comuns aos dos medicamentos, tais como prevenir, diagnosticar ou tratar uma doença humana. Os dispositivos médicos devem atingir os seus fins através de mecanismos que não se traduzem em ações farmacológicas, metabólicas ou imunológicas, distinguindo-se, por isso, dos medicamentos.
- **Economato e material hoteleiro** - produtos que não são específicos para a prestação de cuidados e que suportam a operação administrativa e hoteleira associada às unidades de saúde.
- **Materiais de manutenção e equipamentos médicos e não médicos (rececionados em cross docking)** - material que não faz parte do *stock* do armazém e cuja gestão é da responsabilidade da equipa de manutenção da unidade. Inclui equipamentos e dispositivos médicos que são rececionados pelo armazém, mas que são de imediato transferidos para a zona de expedição para serem transportados à unidade de destino.
- **Consignação residente** - produtos que fazem parte do *stock* do armazém, mas que são propriedade do fornecedor até ao momento do débito ao doente. Contabilisticamente, depois do débito é gerada uma nota de encomenda.

A receção em armazém inicia-se com a chegada do fornecedor ao CL e termina com a colocação do material, devidamente registado em sistema, no local destinado aos produtos que aguardam arrumação.

Este processo vem representado na Figura 3.2.

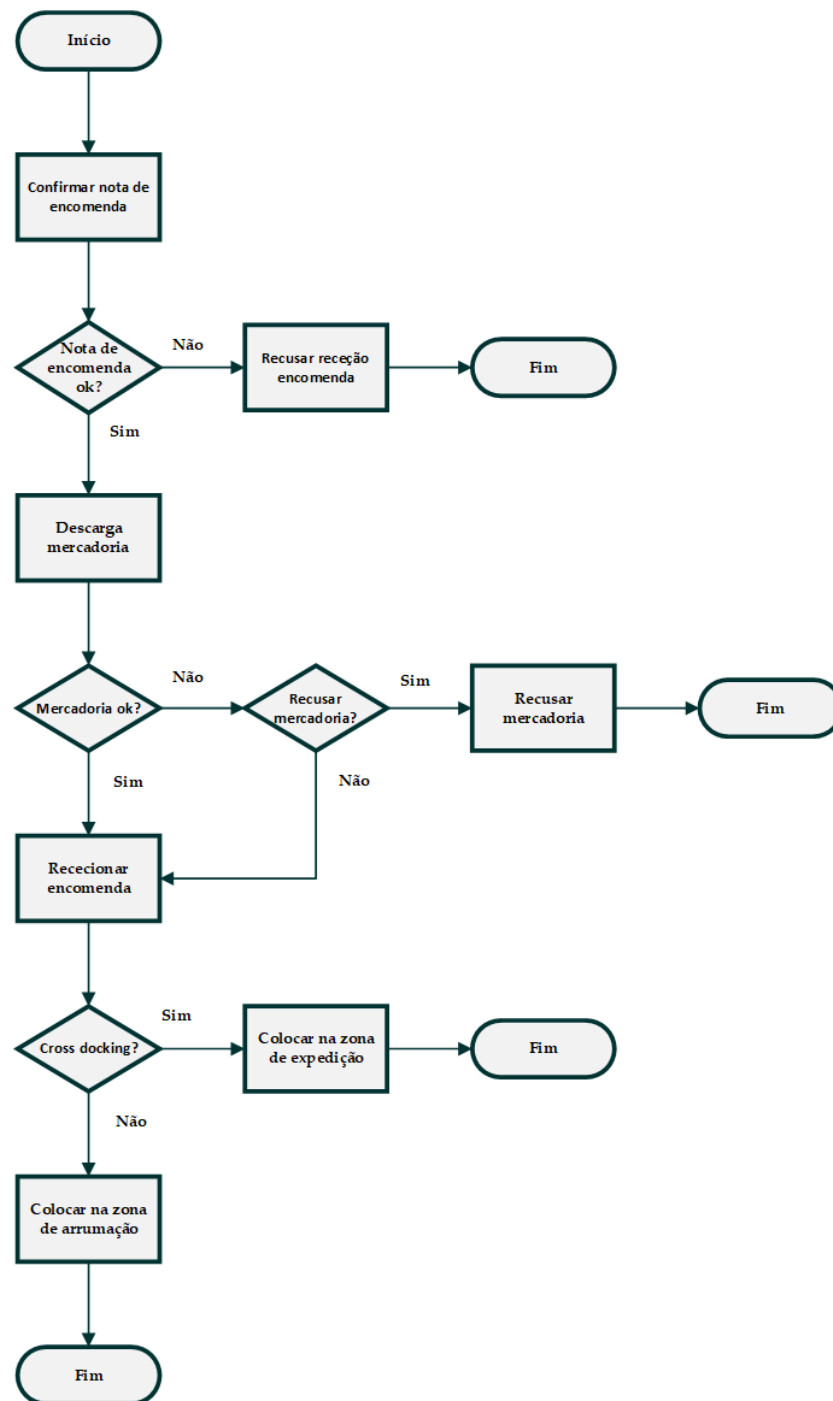


Figura 3.2 - Receção de mercadorias

3.2.2.2. Arrumação e distribuição dos produtos no armazém

A arrumação dos produtos em armazém inicia-se com a identificação dos materiais a arrumar e termina com o material arrumado no local do armazém previamente definido.

A equipa responsável pela arrumação é também responsável por abastecer a zona de picking, bem como identificar possíveis roturas de *stock* no armazém.

De forma a tornar as operações de arrumação e picking mais eficientes, a arrumação baseia-se na metodologia FEFO (First Expired First Out), ou seja, os produtos são arrumados de forma a seleccionar, no momento do picking, os que apresentem um prazo de validade mais perto de expirar.

A estrutura da organização do centro logístico é feita com base num sistema de corredores, estantes e prateleiras em sistema *flow rack* e localizações. Esta estrutura é alimentada tanto pela receção de mercadorias como pela “zona de buffer”. Todos os produtos que entram no armazém possuem uma localização definida previamente.

As localizações foram atribuídas de acordo com os padrões de consumo (os mais consumidos localizam-se mais perto da zona de expedição, *fast movers*), as características individuais dos produtos (por exemplo se forem comuns a dois ou mais serviços) e consumos específicos de serviços. Esta estratégia promove uma maior eficiência a nível de picking. O processo de arrumação vem representado pelo fluxograma da Figura 3.3.

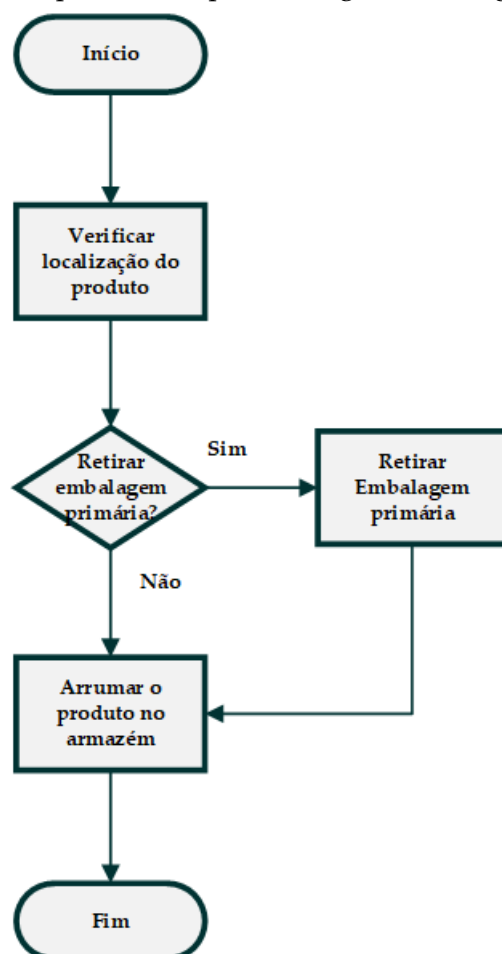


Figura 3.3 - Arrumação e distribuição em armazém

3.2.2.3. Abastecimento das linhas de picking

Cabe ao administrador de logística responsável pelo picking garantir que as linhas de picking mantêm o nível adequado de *stock* e caso isso não se verifique, então este deve alertar para que o *stock* seja repostado. O processo de abastecimento das linhas de picking pode ser representado graficamente pela Figura 3.4.

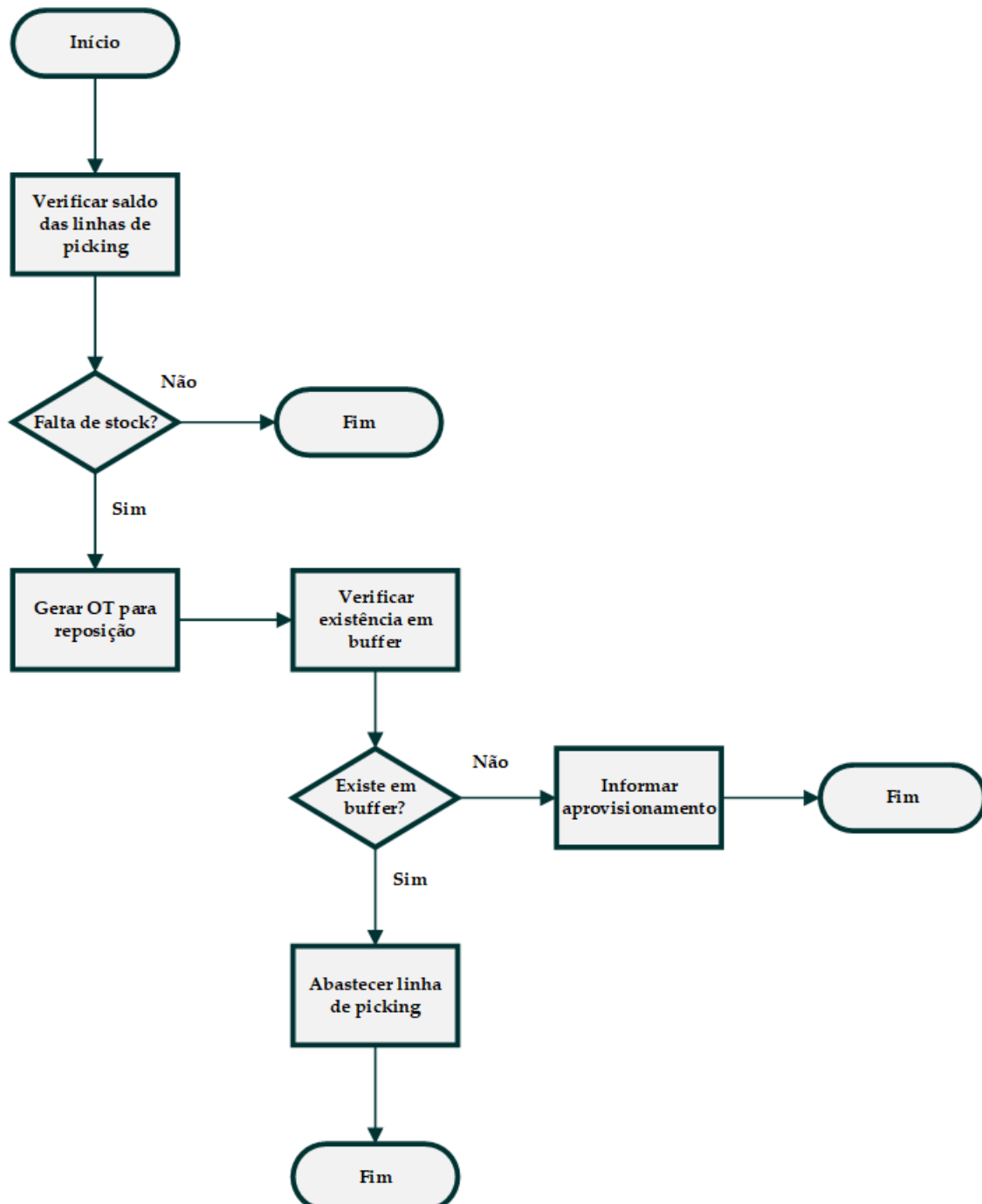


Figura 3.4 - Abastecimento das linhas de picking

3.2.2.4. Processo de picking

O processo de picking tem como objetivo reunir todos os materiais solicitados pelos serviços e colocá-los à disposição da equipa de expedição para depois serem transportados. Tem início com o pedido da unidade de saúde ao armazém e termina com a colocação dos materiais requisitados na zona de expedição, como pode ser visto na Figura 3.5.

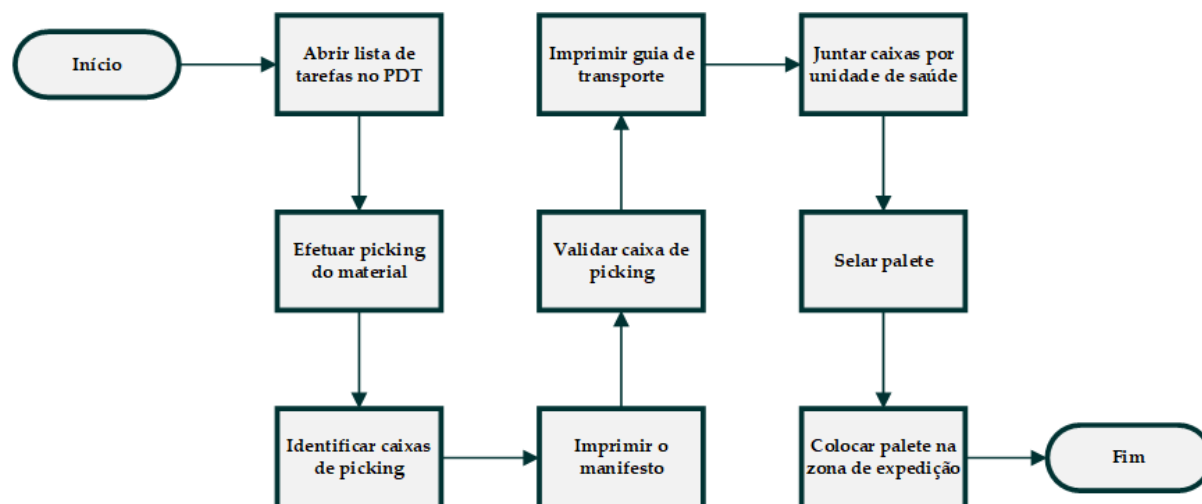


Figura 3.5 - Picking

3.2.2.5. Transporte

O transporte dos materiais desde o armazém central até às unidades de saúde é da responsabilidade do Centro Logístico, no entanto essas funções foram externalizadas e o serviço de distribuição é realizado por uma empresa externa. O Centro Logístico define o processo de transporte e monitoriza um conjunto de indicadores de processo que garantem a qualidade dos produtos durante todo o transporte, assegurando que estes chegam às unidades de saúde nas devidas condições. O processo está representado na Figura 3.6.

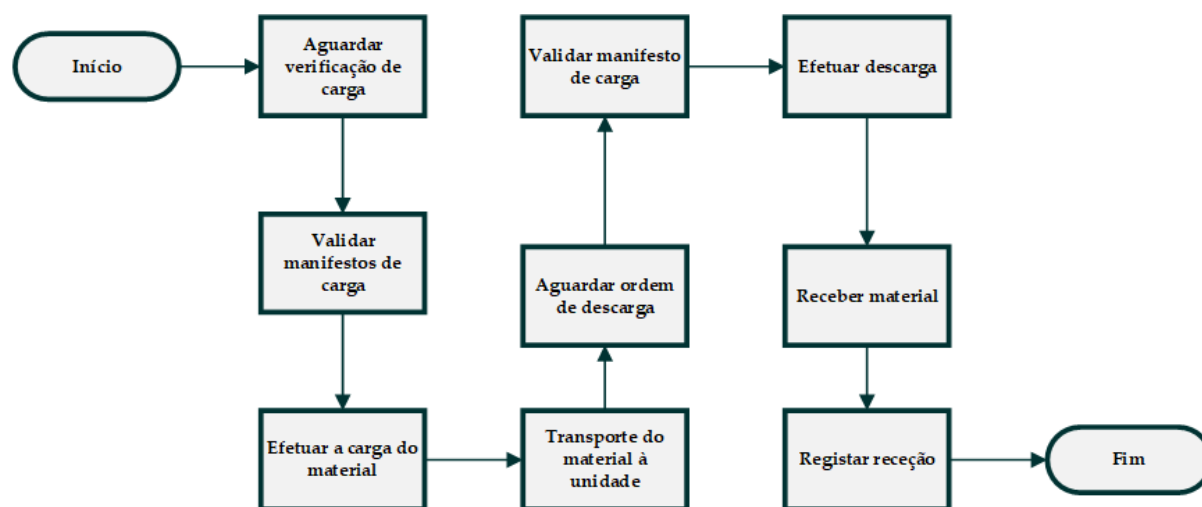


Figura 3.6 - Expedição e transporte

Terminada a apresentação e descrição das operações logísticas do CLCUF, resta explicar o funcionamento do sistema ERP do SAP utilizado como sistema de gestão empresarial e resulta numa melhor comunicação e gestão entre todas as entidades que constituem a empresa CUF, bem como o modelo de gestão de *stocks* implementado que é o grande foco deste estudo.

3.3. A gestão de *stocks* da CUF

A CUF utiliza um software ERP designado por SAP. Este funciona como sistema integrado de gestão empresarial que suporta a gestão de forma transversal à organização, desde as encomendas à entrega do produto final, passando pelo planeamento, gestão de *stocks*, gestão de compras, área financeira, área logística, entre outras.

Visto que a implementação do armazém central é um projeto recente, a CUF enfrenta algumas dificuldades na previsão de potenciais variações na procura, não só devido ao reduzido histórico de consumo, mas também devido à enorme flutuação na procura de serviços médicos causada pela pandemia de Covid-19. Numa fase inicial a CUF apostou numa gestão de *stocks* mais simplificada e preventiva, preocupando-se, inicialmente, em encomendar maiores quantidades, de forma a garantir *stock* de segurança suficiente para conseguir responder a qualquer tipo de imprevisto, e menos com os elevados custos de manutenção e obsolescência.

A operação de centralização foi feita de forma faseada. Para o caso em estudo foram utilizados os dados de consumo referentes a três fases do processo de centralização, dizendo respeito aos dados de consumo de quatro unidades de saúde: CUF Belém, CUF Alvalade, CUF Descobertas, CUF Infante Santo (atual CUF Tejo).

Como política de gestão de *stocks*, a CUF recorre ao MRP do SAP para fazer a monitorização dos níveis de *stock* e utiliza um modelo de revisão contínua do tipo (s, S). O MRP do SAP é responsável por colocar, de forma automática, uma encomenda sempre que os níveis de *stock* atinjam um valor inferior ao do ponto de encomenda definido para cada produto. Embora o MRP do SAP ofereça a possibilidade de parametrizar os modelos de gestão de *stocks* de forma contínua e automática à medida que os consumos são atualizados, esta parametrização foi feita de forma manual pela equipa de logística da CUF. Por se tratar de um projeto recente, que englobava unidades de saúde novas como o novo Hospital CUF Tejo, a informação referente aos padrões de consumo e dos prazos de entrega dos fornecedores era escassa. Por essas razões, a equipa de logística da CUF decidiu implementar uma estratégia focada em evitar ao máximo a ocorrência de roturas de *stock*, mesmo sabendo que esta escolha iria incorrer em custos elevados. Para este efeito considerou-se um nível de serviço de 99% e as quantidades encomendadas foram planeadas de maneira a manter em armazém uma quantidade de segurança para 15 dias, prevenindo eventuais atrasos na entrega por parte dos fornecedores.

Este modelo de gestão de *stocks* foi desenhado com base nos elevados consumos de alguns produtos (*fast movers*), porém não considerava os baixos consumos dos produtos

considerados *slow movers*, o que para além de aumentar significativamente os custos de compras e de posse, também aumenta a quantidade de produtos obsoletos em armazém.

Surge aqui a necessidade de estudar e reestruturar o modelo de gestão de *stocks* para garantir um melhor aproveitamento do espaço do armazém e reduzir os custos globais de toda esta operação logística, mantendo o nível de serviço desejado pela CUF.

A CUF utiliza o MRP do SAP para uma gestão de *stocks* mais eficiente, permitindo uma rápida comunicação entre todas as entidades pertencentes à cadeia de abastecimento. Este sistema MRP está preparado para colocar uma encomenda no momento em que o *stock* de um determinado produto atinge valores mais baixos que o ponto de encomenda definido. A quantidade encomendada é fixa e igual à diferença entre o *stock* máximo definido e o ponto de encomenda. Embora exista uma fórmula para o cálculo de encomenda, a CUF escolheu definir quantidades mais elevadas de *stock* de segurança e definir estas quantidades como ponto de encomenda no sistema MRP.

No Capítulo 4 será feita uma explicação detalhada de todo o processo prático envolvido na realização desta dissertação.

PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO DE *STOCKS*

Concluída a apresentação da CUF e das operações logísticas por si realizadas, será agora analisado em detalhe o estudo prático realizado nesta dissertação. Numa primeira fase será descrita a metodologia utilizada na recolha e seleção dos dados fornecidos pela CUF, seguida da utilização da técnica de classificação de produtos ABC baseada na lei de Pareto e da análise da procura dos produtos selecionados para o estudo. Por fim serão descritos os três modelos de gestão de *stocks* aplicados a cada um destes produtos, assim como os resultados obtidos.

4.1. Recolha e seleção dos dados

A primeira fase deste estudo consistiu na recolha dos dados dos cerca de 4000 produtos que o armazém central pretende expedir para as catorze unidades de saúde situadas a Sul de Santarém. O estudo para a dissertação teve início em outubro de 2020. Devido à pandemia de Covid-19 e às alterações que esta provocou nos padrões de consumo, nem todos os dados de consumo fornecidos pela CUF foram utilizados neste estudo. Relativamente ao ano de 2020 apenas foram analisados os dados referentes a janeiro e fevereiro de 2020, período onde ainda não se faziam sentir, em Portugal, os efeitos da pandemia. Do ano de 2019 foram analisados os dados do segundo e quarto trimestres de 2019. Desta forma, tanto os dados utilizados como input, como os resultados obtidos, serão mais aproximados daqueles esperados no fim da pandemia e, portanto, aplicáveis futuramente sem incorrer em tantos riscos.

Para o desenvolvimento desta dissertação foi recolhida a lista de produtos em armazém e todos os dados relativos aos mesmos, designadamente, o código interno de cada produto, a sua localização em armazém, os consumos nos períodos estipulados, os fornecedores principais e os *lead times* médios, o custo unitário, os *stocks* de segurança, a quantidade a encomendar e os níveis de *stock* à data da recolha dos dados. Estes dados foram obtidos diretamente do *software* SAP. Paralelamente, o sistema SAP lança alertas para os materiais que apresentam um stock existente inferior ao ponto de encomenda.

Com as informações de custo e consumos de todos os produtos, selecionaram-se aqueles que tiveram consumos reais (não nulos) nos oito meses de estudo e aqueles que tinham o custo de aquisição já disponível em SAP, assim como os parâmetros do modelo de gestão de *stocks* já definidos. Esta filtração reduziu a lista de produtos a estudar para 2433 produtos. A CUF organiza estes produtos em armazém de acordo como a atribuição de códigos internos. Da totalidade de produtos que o CLCUF abastece às unidades de saúde, só

fizeram parte deste estudo os produtos com código 11 e 12. Aos produtos para consumo clínico foi atribuído o código 11 e aos produtos de consumo não clínico foi atribuído o código 12. Fazem parte do grupo de código 12 todos os produtos que as unidades de saúde necessitam nas suas operações que não têm contacto direto com os clientes (económato, sacos de plástico, desinfetante de máquinas, utensílios de manutenção, etc.)

Após recolher os dados necessários, procedeu-se à sua análise de forma rigorosa para garantir que os parâmetros de modelação da gestão de *stocks* fossem os mais adequados. Numa primeira fase foi realizada a classificação dos produtos em *stock* e a devida divisão em Classes.

4.2. Classificação ABC

Como referido na Secção 2.1.4 o sistema clássico de classificação ABC, permite agrupar os produtos em Classes ordenados de ordem descendente com base num critério previamente definido. Nesta dissertação o critério selecionado foi o valor de consumo, obtido multiplicando o custo de aquisição de cada produto pela procura total no período que este estudo engloba.

Para obter a classificação e proceder à divisão dos produtos pelas Classes A, B e C foi necessário conhecer os dados da procura de cada um dos 2433 produtos nos 8 meses em estudo, bem como o seu custo de aquisição. Com estes dados obteve-se o valor de consumo de cada produto. Com o valor de consumo de todos os produtos armazenados, procedeu-se à criação da Tabela de frequências de suporte à classificação ABC (4.1). Esta tabela permite ter uma boa perceção da percentagem relativa do valor de consumo de todos os produtos, bem como a percentagem acumulada, e assim proceder à classificação e divisão de todos os produtos pelas respetivas Classes. A classificação foi feita com base no princípio de Pareto em que os produtos pertencentes à Classe A são os responsáveis por 80% do valor de consumo e por norma constituem apenas 20% da totalidade dos produtos. Este critério mostrou-se mais vantajoso para a CUF pois um dos seus problemas é a quantidade de produtos de alto valor que é mantido em *stock* por longos períodos de tempo de forma desnecessária. Porém, existem outros critérios que podem ser utilizados, tal como outras metodologias de classificação de produtos. Um critério que iria auxiliar a CUF na sua missão de reduzir os níveis de *stock* de produtos com baixa rotação é o da classificação de produtos com base na sua criticidade (ver Secção 2.1.4).

Tabela 4.1 - Tabela de frequência de suporte à Classificação ABC

Nº	Código	Descrição	Consumo total	Custo Unitário (€)	Valor de consumo (€)	Fr (%)	FR (%)	Classe
1	110024098	LUVA N/CIRUR NITRILO MED	1 240 052	0,08	99204,16	1,37	1,37	A
2	120000812	ETIQUETA P/IMPRESS.LAZER ADESIVA 103X38	5 994	15,57	93326,58	1,29	2,66	A
3	110004118	BATA PROTECÇÃO OPACA	54 534	1,61	87799,74	1,21	3,87	A
4	110016172	BATA OPACA INTERNAMENTO	121 792	0,69	84036,48	1,16	5,03	A
5	110015821	ELECTRODO ARTROSCOPIA SUCÇÃO 90º 3.5MM	336	239,85	80589,60	1,11	6,14	A
6	110052426	PINÇA ULTRASSONICA DISSETORA 5MMX36CM	107	713,40	76333,80	1,05	7,20	A
7	110049436	TESOURA BIPOLAR 16,5MMX19CM	154	492,00	75768,00	1,05	8,24	A
8	110003051	FATO BLOCO PROTECÇÃO L	11 080	6,16	68252,80	0,94	9,19	A
9	110000744	BATA CIRURGICA EXTRA-GRANDE	18 881	3,30	62307,30	0,86	10,05	A
10	110022108	CATETER ABLAÇÃO RADIO FREQUENCIA 7FX60CM	144	430,50	61992,00	0,86	10,90	A
11	110024099	LUVA N/CIRUR NITRILO GRANDE	668 390	0,09	60155,10	0,83	11,73	A
12	120000878	PAPEL DE FOTOCÓPIA A4 75 GR SPEED	23 003	2,59	59577,77	0,82	12,56	A
13	110015213	CONJUNTO CIRURGIA OFTALMOLOGICA AMO	1 204	49,20	59236,80	0,82	13,37	A
14	110004580	ELECTRODO BIPOLAR ORL CORNETOS	536	109,97	58943,92	0,81	14,19	A
15	120001568	ETIQUETA LARANJA-PRazo VALIDADE 50X25MM	13 053	4,49	58607,97	0,81	15,00	A
16	110003050	FATO BLOCO PROTECÇÃO M	13 599	4,13	56163,87	0,78	15,77	A
17	120002775	DESINFECTANTE ENDODIS P/ MAQUINA ETD	561	92,89	52111,29	0,72	16,49	A
18	110019568	PINÇA BIPOLAR PONTA MARYLAND 5MM/37CM	73	713,40	52078,20	0,72	17,21	A
19	110049794	URETERORENOSCOPIO FLEXIVEL DESCARTAVEL	39	1230,51	47989,89	0,66	17,87	A
20	110024097	LUVA N/CIRUR NITRILO PEQUENO	785 498	0,06	47129,88	0,65	18,52	A
464	110002045	GRASPER LAP ARTICULADO 5MM	86	40,90	3517,40	0,05	80,04	B
465	110004607	FIO NYLON MONO 6/0 AG.LAN 16MM 3/8C	1 550	2,26	3503,00	0,05	80,09	B
466	110004363	PROTECTOR AURICULAR	236	14,81	3495,16	0,05	80,14	B
467	110041128	SUBSTITUTO OSSEO SINTETICO PUTTY 0,75CC	24	145,19	3484,56	0,05	80,19	B
468	110000301	FRONHA	7 574	0,46	3484,04	0,05	80,24	B
469	110025299	TUBO DISPENSER 2000	101	34,44	3478,44	0,05	80,28	B
470	110008716	SISTEMA ENCERRAMENTO ARTERIAL AT	16	217,30	3476,80	0,05	80,33	B
471	110060525	PISTOLA BIOPSIA AUTO C/COAXIAL 14GX16CM	83	41,82	3471,06	0,05	80,38	B
472	110035930	AGULHA FACO RECTA 30º 21G/0,8MM	47	73,80	3468,60	0,05	80,43	B
473	110020291	PERFURADOR TRANSFER AR PARTICULAS	5 492	0,63	3459,96	0,05	80,48	B
474	110000548	ANUSCOPIO MEDIO	1 554	2,22	3449,88	0,05	80,52	B
475	110054680	AGRAF CIRCULAR 3L AGRAFOS 31MM	8	430,50	3444,00	0,05	80,57	B
476	110001563	MANTA TERMICA ADULTO DORSO BRAÇOS	559	6,15	3437,85	0,05	80,62	B
477	110019743	MICROCATETER FINECROSS 1,8 MG 130 CM	7	489,54	3426,78	0,05	80,67	B
478	110061692	BOCAL C/FILTRO E PEGA NIOX VERO	300	11,37	3411,00	0,05	80,71	B
479	110004477	TUBO PARA ASPIRAÇÃO LIPASPIRAÇÃO	55	61,97	3408,35	0,05	80,76	B
480	120003017	TOALHETE MAO ROLO BARRIL	1 572	2,16	3395,52	0,05	80,81	B
481	110004248	FIO NYLON MONO 3/0 AG.LANINV 19MM 3/8C	1 957	1,73	3385,61	0,05	80,85	B
482	110030690	SISTEMA RADIOFREQUÊNCIA 2 NIVEIS	4	842,55	3370,20	0,05	80,90	B
483	110053243	CONJUNTO CIRURGIA CATARATA CCAL	38	88,68	3369,84	0,05	80,95	B
1120	110074813	ANEL FRESA ROSEN 3MM	7	108,33	758,31	0,01	95,77	C
1121	110074815	ANEL FRESA ROSEN 5MM	7	108,33	758,31	0,01	95,78	C
1122	110006171	COMPRESSA GAZE ESTE FIO CONT FITA40X70CM	2 160	0,35	756,00	0,01	95,80	C
1123	120000703	PILHA ALCALINA 1.5V LR14	421	1,79	753,59	0,01	95,81	C
1124	110007057	TUBO VENTILAÇÃO S/ FIO 1.02 SHEPARD MINI	79	9,52	752,08	0,01	95,82	C
1125	110011897	PENTE CLIPS POLIMERO VERDE 6CLIPS M/L	20	37,56	751,20	0,01	95,83	C
1126	110000320	PROLONGADOR VENOSO PERFU CONTINUA 150 CM	3 945	0,19	749,55	0,01	95,84	C
1127	120004451	PENTES PLASTICO	1 591	0,47	747,77	0,01	95,85	C
1128	110004713	TUBO ENDOBRONQUICO ESQUERDO 5,3MM	20	37,14	742,80	0,01	95,86	C
1129	110005774	TRAQUEIA VENTIL ADUL ANGU N/EXTENC/TAMPA	613	1,21	741,73	0,01	95,87	C
1130	110000292	ELASTICO LAQUEAÇÃO HEMORROIDAS	2 000	0,37	740,00	0,01	95,88	C
1131	110015618	ALMOFADA CRIOTERAPIA 7X19CM	120	6,15	738,00	0,01	95,89	C
1132	110045279	FIO GUIA 0,035" 20X260CM CURVA 30MM	5	147,60	738,00	0,01	95,90	C
1133	110000167	LUVA CIRURGICA COM PO Nº 7,5	2 170	0,34	737,80	0,01	95,91	C
1134	110002805	TIRA ADESIVA 10X50CM	1 715	0,43	737,45	0,01	95,92	C
1135	110000528	CONTENTOR CORTANTES PERFURANTES 10 LT	272	2,71	737,12	0,01	95,93	C
1136	120006956	TINTEIRO EPSON PRETO	20	36,68	733,60	0,01	95,94	C
1137	120006959	TINTEIRO EPSON YELLOW	20	36,67	733,40	0,01	95,95	C
1138	110011989	AGRAF CURVO PELV. VERDE 4.8/40MM	2	365,31	730,62	0,01	95,96	C
1139	110010181	DILATADOR ESO PIL COL 8X10MM 5.5FR 240CM	4	182,54	730,16	0,01	95,97	C

Após terminada a classificação ABC conclui-se que a Classe A, Classe que representa cerca de 80% do valor de consumo total, é constituída por 463 produtos (19%), a Classe B é constituída por 656 produtos (27%) e os restantes 1314 produtos (54%) constituem a Classe C.

O diagrama de Pareto da Figura 4.1 ilustra a situação descrita.

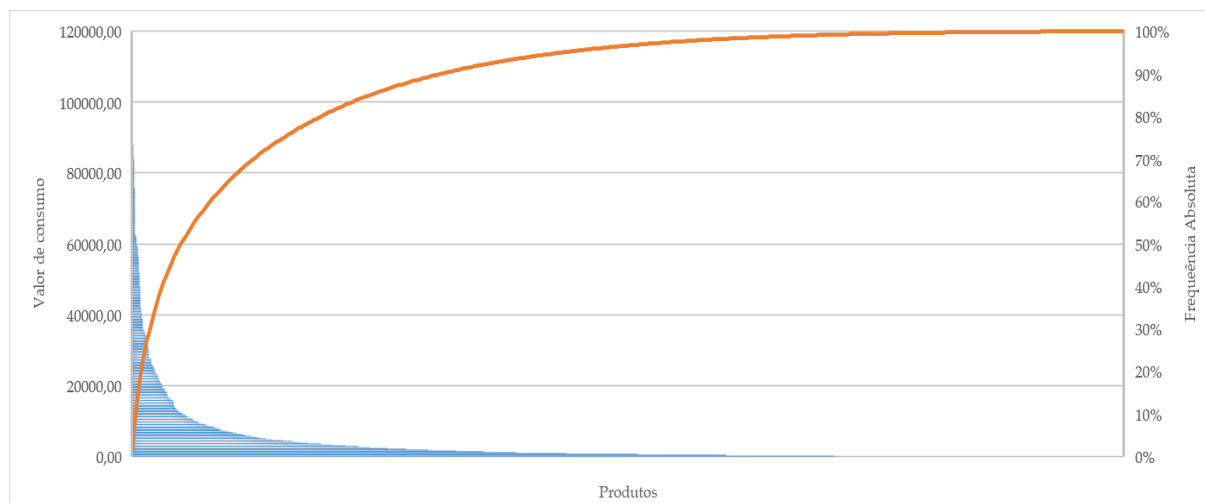


Figura 4.1 - Diagrama de Pareto do valor de consumo por produto

É possível verificar que devido ao elevado número de produtos é difícil analisar-se o gráfico da Figura 4.1. Analisando os produtos da Classe A, verifica-se que alguns têm características e consumos semelhantes, podendo ser agrupados por família. Para além de facilitar a análise, quando comparado com o gráfico acima, o agrupamento dos produtos da Classe A por famílias iria permitir poupar tempo no estudo do modelo de gestão de *stocks* mais adequado, caso se verificasse que dentro de uma mesma família de produtos, existe um padrão de consumo semelhante. Do ponto de vista académico, para o propósito da realização desta dissertação e também devido às limitações de tempo, apenas será estudada uma pequena quantidade de produtos. Os produtos da Classe A foram divididos em 54 famílias e, com base nessa divisão, foi feita uma nova classificação ABC, mantendo o valor de consumo como critério de classificação, como pode ser visto na Figura 4.2.

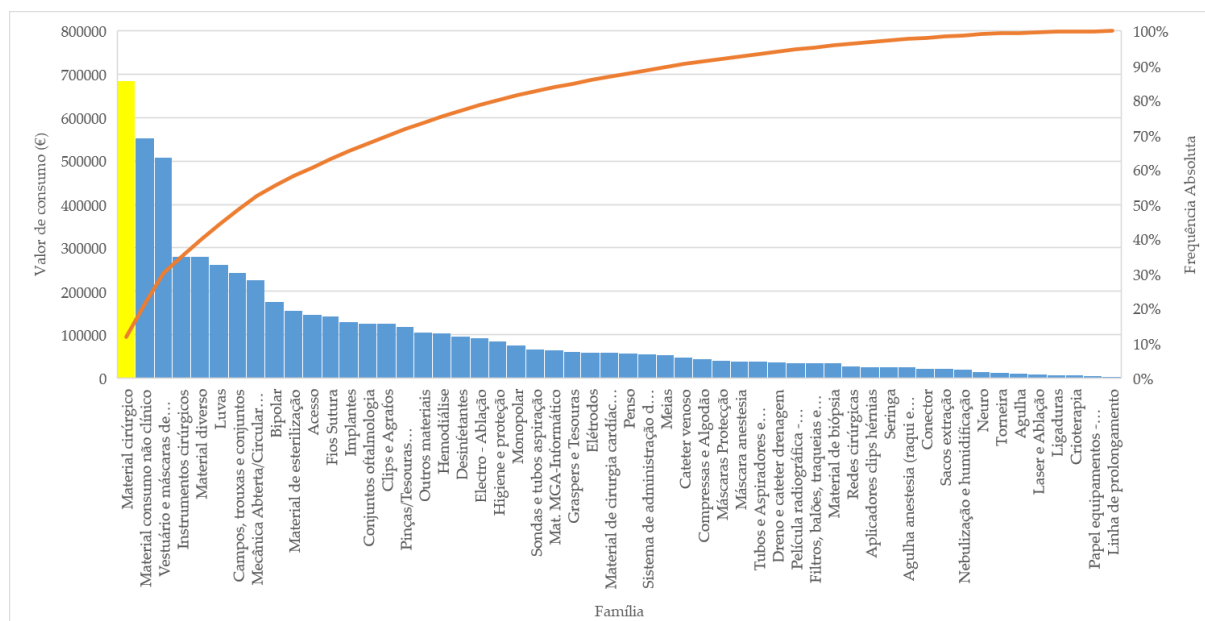


Figura 4.2 - Diagrama de Pareto do valor de consumo por família

Através da análise deste diagrama de Pareto verifica-se uma discrepância entre o valor de consumo da primeira família, Material cirúrgico (destacada a amarelo), e a segunda, Material de consumo não clínico. Dada esta diferença acentuada, o foco desta dissertação serão apenas alguns dos produtos pertencentes à família de material cirúrgico. Esta família é constituída por 58 produtos. Tal como na situação anterior, do ponto de vista desta dissertação não será possível analisar individualmente cada um destes produtos de forma a escolher o modelo de gestão de *stocks* e os parâmetros mais adequados a cada um. Para tal foram seleccionados os 5 produtos que apresentavam o valor de consumo mais elevado como se pode observar na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Material cirúrgico seleccionado para estudo

Código	Descrição	Família	Frequência de consumo (dias)	Consumo total	Custo unitário (€)	Valorização do consumo (€)
110004580	ELETRODO BIPOLAR ORL CORNETOS	Material cirúrgico	78	536	109,97	58943,92
110049794	URETERORRENOSCOPIO FLEXIVEL DESCARTAVEL	Material cirúrgico	27	39	1230,51	47989,89
110074669	CONE LASER FEMTOSSEGUNDO VICTUS CORNEA	Material cirúrgico	59	264	147,60	38966,40
110024053	CASSETTE PERISTALTICO VENTURI	Material cirúrgico	98	746	49,20	36703,20
110007115	FIBRA LASER UROLOGIA 400 MIC	Material cirúrgico	77	111	311,45	34570,95

Devido ao elevado número de dígitos que constitui o código de cada um destes produtos, durante o resto da dissertação, quando for feita referência a cada produto, estes vão ser identificados por pequenas porções da sua descrição. Isto é, o produto 110004580 será referido apenas como Eléctrodo, o produto 110049794 como Ureterorrenoscópio, o 110074669 como Cone Laser, o 110024053 como Cassete e, por fim, o 110007115 como Fibra Laser, de forma a facilitar a leitura e compreensão da dissertação.

Nas secções seguintes será apresentada a metodologia aplicada a estes produtos. Inicialmente foi realizada uma análise rigorosa do padrão de consumo de cada um, seguindo

da aplicação dos modelos de gestão de *stocks* de forma a ver qual o mais adequado a cada um e por fim serão discutidos os resultados obtidos.

4.3. Análise do consumo

Os dados do consumo de todos os produtos em armazém são atualizados diariamente e de forma automática no sistema SAP e dizem respeito às quantidades encomendadas por todas as unidades de saúde. A estratégia de centralização da operação tinha como objetivo eliminar o espaço dedicado a armazém nas unidades de saúde, ficando estas a funcionar apenas como armazém avançado e mantendo o mínimo de *stock* possível. No entanto, não se pode assumir que as quantidades encomendadas ao armazém central fossem consumidas todas num único dia pelas unidades de saúde. Pelo que é importante notar que, ao longo deste estudo, sempre que são referidos consumos, estes dizem respeito às saídas de produtos do armazém central e não aos consumos das unidades de saúde.

Numa fase inicial os dados de consumo foram analisados ao dia. O período em estudo, como referido na Secção 4.1, é constituído pelos dois primeiros meses do ano de 2020 e pelos segundo e quarto trimestres do ano de 2019, totalizando 243 dias.

Os produtos analisados neste estudo apresentam uma baixa rotatividade, tendo a Cassete sido o produto consumido com maior frequência (99 dias em 243). No entanto são os produtos com o maior valor de consumo da família de material cirúrgico devido ao seu elevado custo de aquisição. Este fator torna estes produtos bastante críticos para a CUF e a sua gestão deve ser feita de forma bastante rigorosa para evitar ao máximo excedente de *stock*, situação que se verifica atualmente e representam gastos bastante elevados que são desnecessários e podem ser evitados com a correta parametrização de um modelo de gestão de *stocks*.

Os gráficos das Figuras 4.3-4.7 ilustram o consumo diário de cada um dos produtos.

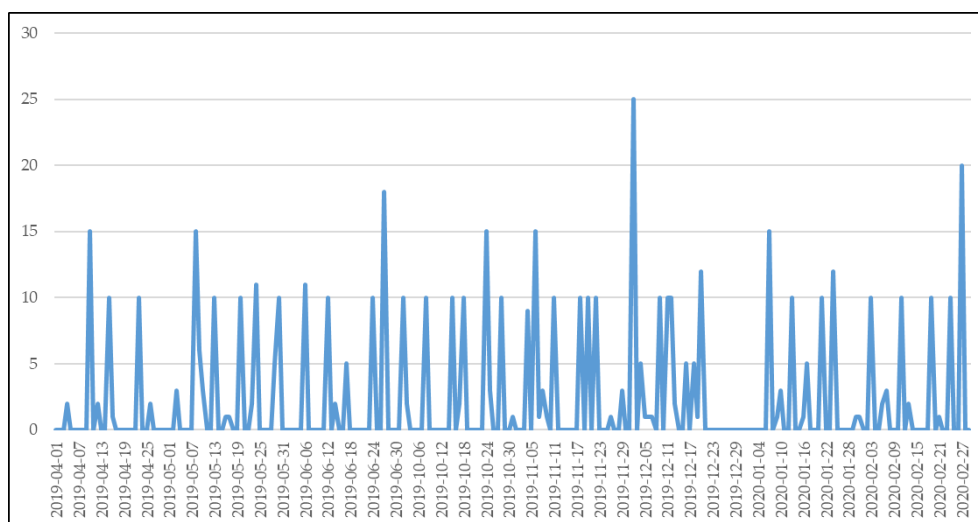


Figura 4.3 - Consumo diário Eléctrodo

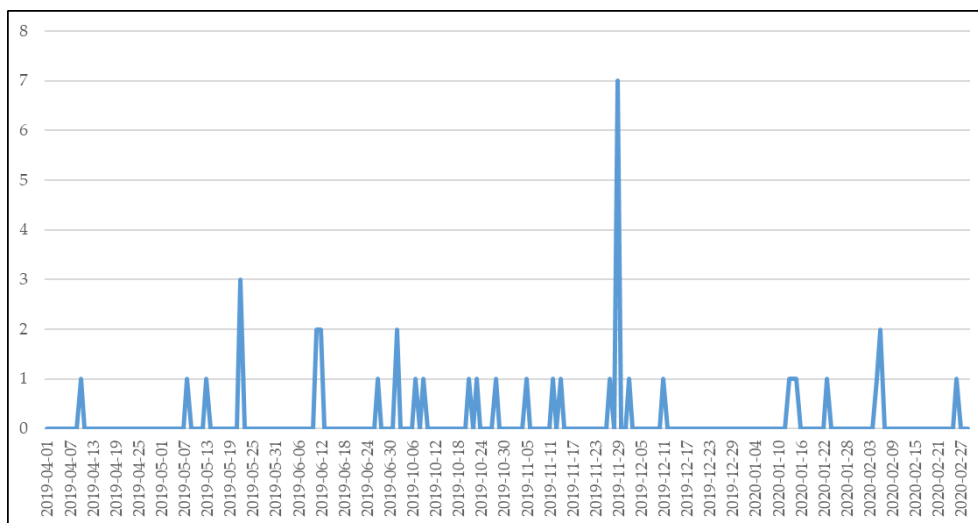


Figura 4.4 - Consumo diário Ureterorrenoscópio

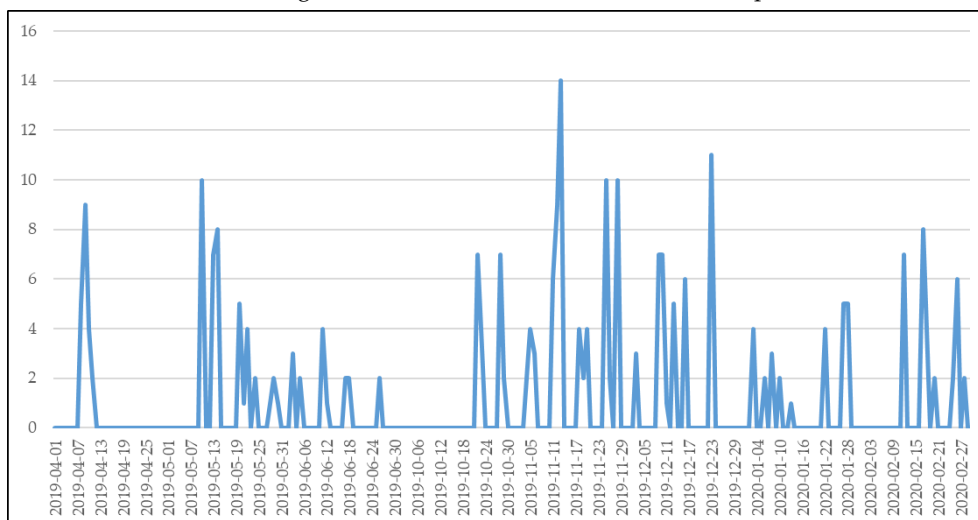


Figura 4.5 - Consumo diário Cone Laser

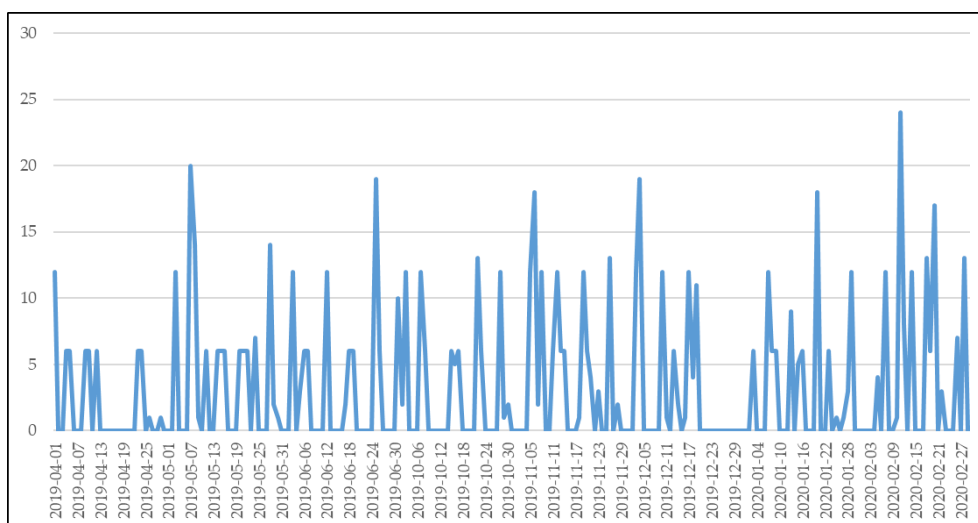


Figura 4.6 - Consumo diário Cassete

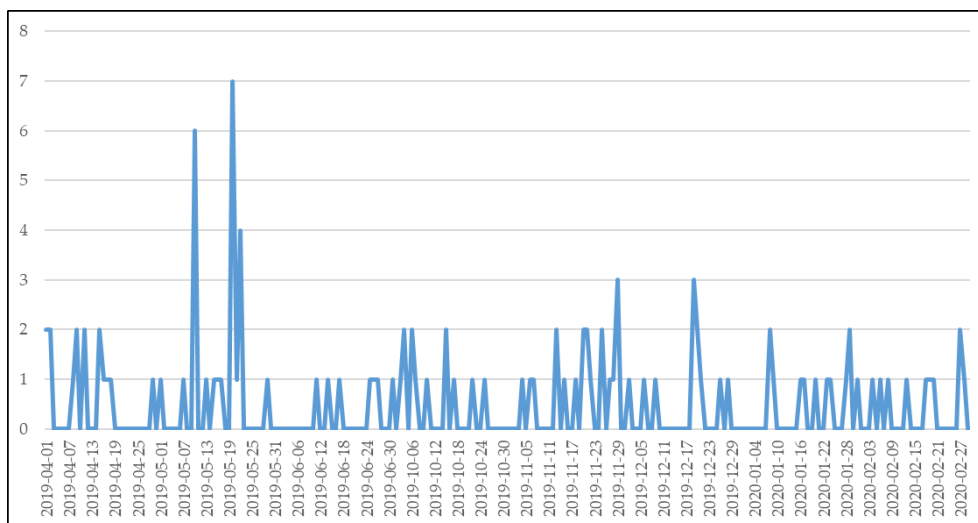


Figura 4.7 - Consumo diário Fibra Laser

Através da análise de cada um destes gráficos é possível salientar que existe uma sazonalidade semanal associada à procura de cada um dos produtos. Isto pode dever-se ao facto do CLCUF apenas operar nos dias úteis. Tal como referido anteriormente, todos estes produtos apresentam uma baixa taxa de rotação, menos de metade dos dias considerados para o estudo, verificando-se uma abundância de períodos de consumo nulo. Para colmatar este facto, reduzir o número de períodos de consumo nulo e eliminar a sazonalidade semanal, os consumos dos produtos foram agrupados semanalmente utilizando uma tabela dinâmica do Excel. Os dados de consumo ficaram, assim, distribuídos ao longo de 35 semanas. Esta decisão contribuiu ainda para a facilidade na aplicação dos modelos de gestão de *stocks* visto que o *lead time* médio dos fornecedores é uma semana.

Depois de agrupados os dados semanalmente para cada produto, foram construídas as seguintes tabelas que serviram de apoio à construção dos respetivos gráficos de consumo.

Tabela 4.3 - Consumo semanal Eléctrodo

ELÉTRODO BIPOLAR ORL CORNETOS					
Semana	Procura	Semana	Procura	Semana	Procura
1	0	17	12	42	22
2	19	18	3	43	18
3	16	19	24	44	11
4	22	20	12	45	29
5	2	21	23	46	10
6	15	22	15	47	30
7	12	23	11	48	4
8	11	24	12	49	33
9	30	25	5	50	32
14	2	26	28	51	23
15	17	40	12	52	0
16	11	41	10		

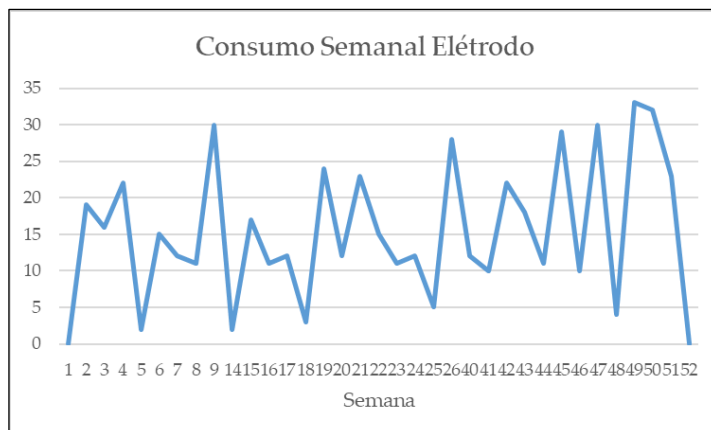


Figura 4.8 - Consumo semanal Eléctrodo

Tabela 4.4 - Consumo semanal Ureterorrenoscópio

URETERORRENOSCÓPIO FLEXIVEL DESCARTAVEL					
Semana	Procura	Semana	Procura	Semana	Procura
1	0	17	0	42	0
2	0	18	0	43	2
3	3	19	1	44	1
4	1	20	1	45	1
5	0	21	3	46	2
6	3	22	0	47	0
7	0	23	0	48	8
8	0	24	4	49	1
9	1	25	0	50	1
14	0	26	1	51	0
15	1	40	2	52	0
16	0	41	2		

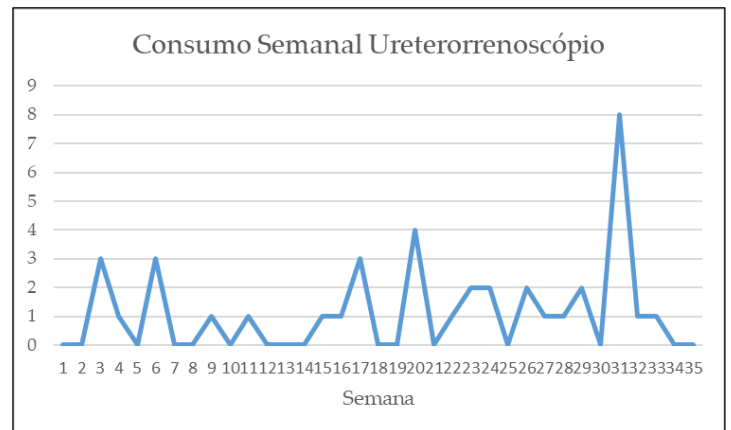


Figura 4.9 - Consumo semanal Ureterorrenoscópio

Tabela 4.5 - Consumo semanal Cone Laser

CONE LASER FEMTOSSEGUNDO VICTUS CORNEA					
Semana	Procura	Semana	Procura	Semana	Procura
1	4	17	0	42	0
2	7	18	0	43	11
3	1	19	10	44	9
4	4	20	15	45	9
5	10	21	12	46	29
6	0	22	4	47	10
7	7	23	5	48	22
8	14	24	5	49	3
9	10	25	4	50	20
14	0	26	2	51	6
15	20	40	0	52	11
16	0	41	0		

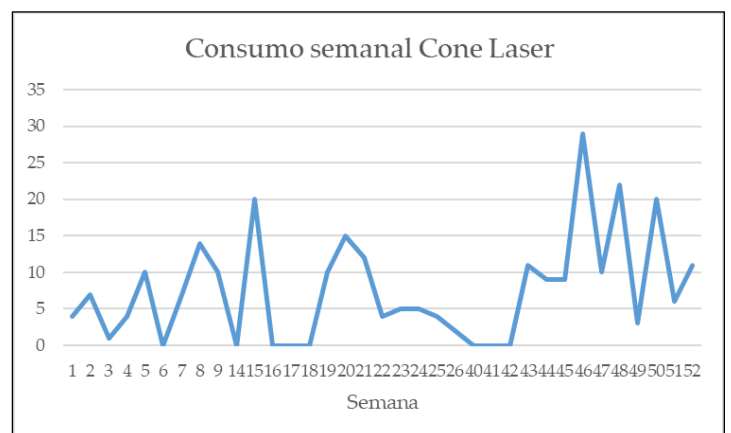


Figura 4.10 - Consumo semanal Cone Laser

Tabela 4.6 - Consumo semanal Cassete

CASSETTE PERISTALTICO VENTURI					
Semana	Procura	Semana	Procura	Semana	Procura
1	6	17	13	42	17
2	24	18	13	43	19
3	20	19	41	44	15
4	25	20	18	45	44
5	16	21	25	46	30
6	16	22	17	47	26
7	45	23	27	48	15
8	39	24	12	49	31
9	20	25	14	50	21
14	24	26	25	51	28
15	18	40	24	52	0
16	0	41	18		

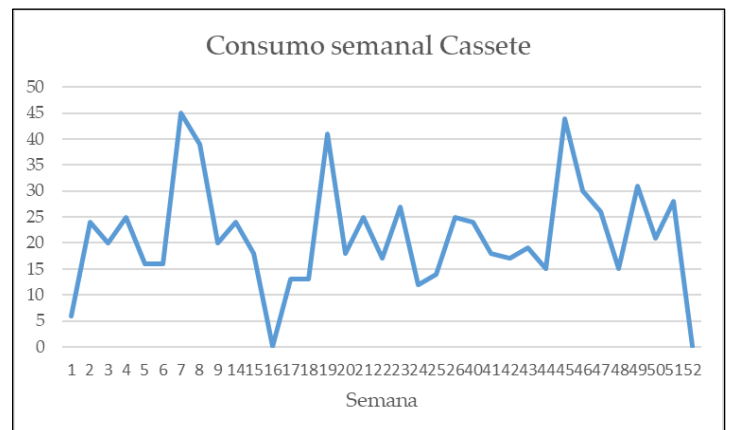


Figura 4.11 - Consumo semanal Cassete

Tabela 4.7 - Consumo semanal Fibra Laser

FIBRA LASER UROLOGIA 400 MIC					
Semana	Procura	Semana	Procura	Semana	Procura
1	0	17	0	42	3
2	3	18	2	43	2
3	2	19	7	44	0
4	3	20	4	45	3
5	4	21	12	46	3
6	3	22	1	47	6
7	1	23	0	48	7
8	3	24	2	49	2
9	3	25	1	50	1
14	4	26	3	51	6
15	5	40	6	52	2
16	5	41	2		

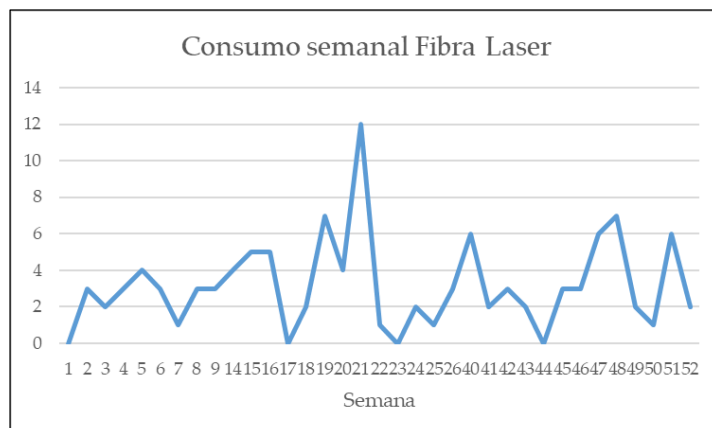


Figura 4.12 - Consumo semanal Fibra Laser

Através da análise das Figuras 4.8-4.12 é possível observar que ao longo das 35 semanas, é visível uma certa tendência no consumo de cada um dos cinco produtos. Adicionalmente não se verifica uma sazonalidade e em cada um deles é possível salientar alguns pontos onde existe uma grande variabilidade. A tabela 4.8 apresenta os parâmetros da média e do desvio padrão da procura semanal de cada um dos produtos. Assume-se que os dados de consumo dos produtos seguem uma distribuição aproximada da normal.

Tabela 4.8 - Estatísticas descritivas do consumo semanal

Descrição	Consumo total	μ_D	σ_D
ELÉTRODIO	536	15,31	9,5
URETERORRENOSCÓPIO	39	1,11	1,62
CONE LASER	264	7,54	7,20
CASSETTE	746	21,31	10,5
FIBRA LASER	111	3,17	2,48

Com o agrupamento dos dados terminado e a análise dos consumos realizada, segue-se a etapa de implementação dos modelos de gestão de *stocks*, selecionados na Secção 2.2.2.1, a cada um destes produtos e à análise dos resultados obtidos. Porém, para se poder afirmar se os modelos aplicados são mais eficientes que o modelo que a CUF utilizava à data da realização desta dissertação, uma breve explicação deste modelo será feita na Secção seguinte, assim como os resultados que este modelo permitia obter. Os parâmetros a avaliar serão os níveis médios de *stock* e custos de posse associados.

4.4. Aplicação do modelo atual de gestão de *stocks* da CUF

Para exemplificar o funcionamento do modelo atual referido na Secção 3.3, será demonstrada uma aplicação do mesmo ao produto 110004580, Eléctrodo. Os parâmetros e resultados referentes aos outros quatro produtos serão apresentados no formato de uma tabela de resumo.

Os parâmetros colocados no MRP para o funcionamento do modelo são o nível máximo de *stock* (S), o *stock* de segurança (Q_{seg}), que corresponde ao ponto de encomenda, e a quantidade de encomenda (Q).

Embora os modelos aplicados nesta dissertação utilizem os dados de consumo médio semanal, o modelo da CUF foi aplicado com base no consumo diário e nos respetivos valores de média e desvio padrão. Tendo sido estes os dados fornecidos para a comparação, e sendo estes os dados que a CUF tinha registados no seu MRP à data da realização do estudo, serão estes os dados utilizados e discutidos. Este facto não invalida a comparação entre os modelos aplicados com base no consumo médio semanal e o modelo da CUF, visto que as diferenças se anulam ao considerar o consumo diário e o *lead time* cinco dias ou o consumo semanal (cinco dias) e o *lead time* igual a um (uma semana).

As fórmulas que a CUF utilizou para o cálculo de cada um destes parâmetros serão apresentadas de seguida.

Para o cálculo do *stock* de segurança e do *stock* máximo foi utilizada uma versão adaptada da Equação 7 com os seguintes parâmetros:

- k_1 (nível de serviço de 99%) = 2,33;
- k_2 (nível de serviço de 95%) = 1,64;
- L_1 = 15 dias (5 dias do *lead time* dos fornecedores + 10 extra pretendidos para *stock*);
- L_2 = 20 dias
- σ_D (desvio padrão da procura);
- μ_D (média da procura).

Para os valores de L_1 e L_2 a CUF considerou 10 e 15 dias, respetivamente, pretendidos para *stock*, aos quais somou os 5 dias do *lead time* dos fornecedores.

A Tabela 4.9 apresenta todos os parâmetros utilizados pela CUF na aplicação do modelo ao Eléctrodo.

Tabela 4.9 - Estatísticas descritivas do consumo diário disponibilizadas pela CUF - Eléctrodo

Código	Descrição	μ_D (diário)	σ_D	Custo unitário
110004580	ELETRODO	7	5	109,97 €

Como uma segurança adicional, de forma a garantir que não existiriam roturas de *stock*, à Equação 7 a CUF somou a média de consumo semanal, assim vem:

$$Q_{\text{seg}} = k_1 \times \sqrt{L1} \times \sigma_D + (5 \times \mu_D)$$

Substituindo pelos respetivos valores:

$$Q_{\text{seg}} = 2,33 \times \sqrt{15} \times 5 + (5 \times 7) = 83$$

Para o cálculo do *stock* máximo, a CUF utilizou a mesma fórmula que em cima, no entanto considerou o “pior caso” aceitável. Isto é, considerou um nível de serviço de 95% como o nível máximo permitido e um L de 20 dias já considerando eventuais atrasos por parte dos fornecedores. Ao valor obtido, somou a quantidade de segurança, obtendo a expressão:

$$S = Q_{\text{seg}} + k_2 \times \sqrt{L2} \times \sigma_D$$

Substituindo pelos respetivos valores:

$$S = 83 + 1,64 \times \sqrt{20} \times 5 = 123$$

Por fim resta calcular a quantidade a encomendar. Para tal basta subtrair ao nível máximo de *stock* a quantidade de segurança.

$$Q = S - Q_{\text{seg}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow Q = 123 - 83 = 40$$

Para além de calcular a quantidade a encomendar, é necessário que esta vá de encontro com os múltiplos de encomenda definidos pelos fornecedores. Para o caso do Eléctrodo, os fornecedores expedem em quantidades múltiplas de cinco, dado que 40 é múltiplo de cinco, nenhum arredondamento é necessário.

Com este modelo parametrizado, o MRP irá efetuar a colocação de uma nova encomenda de 40 unidades no momento em que o *stock* de Eléctrodos for inferior a 83.

Um dos critérios de comparação da eficiência de cada um dos modelos será o nível médio de *stock*. Nos casos em que a quantidade de encomenda é fixa, caso do modelo da CUF e do modelo QEE, a fórmula para obter o *stock* médio é a seguinte:

$$SM = \frac{Q}{2} + Q_{\text{seg}} \quad (9)$$

Aplicando os dados a esta equação, vem:

$$SM = (40/2) + 83 = 103$$

Neste caso a CUF mantém em média 103 unidades de Eléctrodo em *stock*.

Com o nível médio de *stock*, a CUF calculou para cada um dos seus produtos a valorização média de *stock* por semana. Este era um indicador de desempenho do modelo de gestão de *stocks* que a CUF utilizava para ter uma noção de quanto investia na posse de

produtos em armazém. Para obter a valorização média de *stock*, simplesmente se multiplicou o custo de aquisição de cada produto pelo nível médio de *stock*.

$$\text{Valorização média de stock (Eléctrodo)} = 109,97\text{€} \times 103 = 11326,91\text{€}$$

A tabela 4.10 apresenta a quantidade a encomendar, os *stocks* máximo, de segurança e médio e a valorização de *stock* médio para os cinco produtos.

Tabela 4.10 - Valorização do stock médio com modelo CUF

Código	Descrição	Qseg	S	Q	SM	Custo unitário (€)	Valorização SM (€)
110004580	ELETRODO	83	123	40	103	109,97	11 326,91
110049794	URETERORRENOSCOPIO	18	27	9	23	1 230,51	28 301,73
110074669	CONE LASER	49	71	30	64	147,60	9 446,40
110024053	CASSETTE	84	122	42	105	49,20	5 166,00
110007115	FIBRA LASER	17	25	9	22	311,45	6 851,90
Total (€)							61 092,94

Para a realização desta dissertação foi pedido à equipa da CUF que estimasse uma taxa de posse de *stock* pois esta iria ser necessária para os cálculos no modelo QEE e QPR. Foi estimado um valor de 6% do custo de aquisição para a taxa mensal de posse de cada produto. Como critério de comparação, ao invés de calcular a valorização de *stock* médio como feito pela CUF, será calculado o custo de posse por período já com a taxa de 6% aplicada à semana, incluindo ao modelo da CUF. Assim, o custo de posse de *stock* médio de cada um dos produtos vem representado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Custo de posse de *stock* médio com o modelo da CUF

Código	Descrição	Qseg	S	Q	SM	Custo de posse (€)	Custo de posse <i>stock</i> médio (35 semanas) (€)
110004580	ELETRODO	83	123	40	103	1,65	5 946,63
110049794	URETERORRENOSCOPIO	18	27	9	23	18,46	14 858,41
110074669	CONE LASER	49	71	30	64	2,21	4 959,36
110024053	CASSETTE	84	122	42	105	0,74	2 712,15
110007115	FIBRA LASER	17	25	9	22	4,67	3 597,25
Total (€)							32 073,79

Com a utilização deste modelo a CUF garante que não existem roturas de *stock*, no entanto sabe que as quantidades mantidas em armazém, bem como os custos de posse associados, estão longe de ser os ideais. À medida que a operação de centralização das operações logísticas se desenvolve, os dados de consumo e de *lead time* dos fornecedores

estabilizam e tornam-se mais representativos da realidade a longo prazo. Assim, torna-se possível tomar uma abordagem mais focada em reduzir os níveis de *stock* de todos os produtos e os custos ao aplicar modelos de gestão de *stocks* com parâmetros mais adequados às necessidades da CUF.

4.5. Aplicação dos modelos de gestão de *stocks* selecionados

Para tentar dar resposta ao problema da CUF foram aplicados três dos modelos de gestão de *stocks* propostos na literatura, devido à simplicidade da sua aplicação. Estes modelos são os selecionados na Secção 2.1.5. O primeiro modelo demonstrado será o modelo da Quantidade Económica de Encomenda, seguido do modelo de revisão periódica e por fim será demonstrada a aplicação do modelo de revisão contínua (s, S). Os três modelos foram aplicados de igual forma aos cinco produtos, tendo variado apenas os parâmetros de consumo de cada um. Tal como para o modelo utilizado pela CUF, apenas um produtos servirá de exemplo de aplicação dos modelos, sendo construída no fim uma tabela de resumo com os resultados obtidos para todos os produtos analisados.

Visto que na aplicação do modelo da CUF foi utilizado o produto Eléctrodo como exemplo, este será o exemplo para todos os modelos apenas por uma questão de coerência.

4.5.1. Modelo QEE

As equações do modelo QEE foram apresentadas na Secção 2.1.5.1. As encomendas feitas pelo CLCUF são entregues na totalidade, tratando-se, portanto, de uma taxa de aprovisionamento infinita, o que significa que para o cálculo da quantidade de encomenda será utilizada a Equação 1. Esta equação foi desenvolvida com base numa procura determinística e constante D , no entanto, essa não é a realidade da CUF que utiliza técnicas de previsão baseadas em dados históricos para antever a procura dos períodos futuros. No entanto, tal como defendido por Axsäter (2006), na aplicação de modelos determinísticos, é possível obter resultados bastante satisfatórios utilizando o valor médio da procura e considerar que esta é determinística.

Na Equação 1 simplesmente se troca a constante da procura (D) pelo seu valor médio (μ_D).

$$Q = \sqrt{\frac{2\mu_D C_a}{I_c}} \quad (10)$$

Tal também acontece na Equação 3 para o cálculo do ponto de encomenda (s).

$$s = \mu_D L \quad (11)$$

Como a CUF utiliza *stocks* de segurança para garantir o nível de serviço desejado, esta quantidade adicional de *stock* deve ser incluída no cálculo do ponto de encomenda.

$$s = \mu_D L + Q_{\text{seg}} \quad (12)$$

O *stock* de segurança foi calculado utilizando a Equação 7.

Tendo todas as equações necessárias para poder aplicar o modelo QEE, resta definir os parâmetros que serão utilizados. Ao contrário do modelo aplicado anteriormente, onde foram utilizados os dados de consumo diários, os dados utilizados na aplicação dos novos três modelos correspondem ao consumo semanal. Estes dados já foram apresentados na tabela 4.8.

Os dados que faltam para se proceder à aplicação dos modelos são o custo de colocação de uma encomenda e o custo de posse de cada um dos produtos. A CUF estimou um custo de encomenda com base no número médio de encomendas realizadas no mês, os custos de transporte e colocação de uma encomenda, o custo de um responsável de logística que validava todas as encomendas e outros custos associados à operação, tendo obtido um custo médio de 22€ por encomenda. A taxa de posse foi estimada em 6% do custo de aquisição dos produtos por mês.

Resumindo, os dados referentes ao Eléctrodo a utilizar no modelo QEE são os seguintes:

- $\mu_D = 15,31$
- $\sigma_D = 9,5$;
- $C_a = 22\text{€}$;
- $I_{\text{mensal}} = 6\%$;
- $k = 2,33$
- $L = 1$ semana.

Estão reunidas todas as condições necessárias para a correta aplicação do modelo QEE. A primeira etapa é determinar a quantidade ótima de encomenda.

$$QEE = \sqrt{\frac{2 \times 15,31 \times 22}{\frac{0,06 \times 109,97}{4}}} \approx 20 \text{ unidades}$$

De seguida é necessário saber quando é que a CUF tem de proceder à encomenda de 20 unidades de Eléctrodo, para tal é necessário calcular-se o *stock* de segurança, seguido do ponto de encomenda.

$$Q_{\text{seg}} = 2,33 \times 9,5 \times \sqrt{1} = 22 \text{ unidades}$$

$$s = 15,31 \times 1 + 22 \approx 37 \text{ unidades}$$

Isto significa que em qualquer instante, o nível de *stock* de Eléctrodos nunca deve ser inferior a 22 unidades se o nível de serviço pretendido for 99%. No momento em que o *stock* for inferior a 37 unidades, o MRP da CUF deveria colocar uma encomenda de 20 unidades.

Utilizando a Equação 9 para o cálculo do *stock* médio (SM) vem:

$$SM = (20/2) + 22 = 32 \text{ unidades}$$

Para obter o custo de posse do *stock* médio basta multiplicar o custo de posse do Elétronodo pelo *stock* médio.

$$1,65 \times 32 = 52,80\text{€}$$

Comparando com os valores obtidos através do modelo utilizado pela CUF, o modelo QEE permite uma redução bastante significativa dos níveis médios de *stock* e custos de posse do Elétronodo em cerca de 70%.

Embora o modelo QEE considere a procura como sendo constante, de forma a ser possível comparar o desempenho deste modelo com o modelo da CUF e as restantes propostas, foi feita em Excel uma simulação do consumo dos produtos nas 35 semanas em estudo (ver Tabela 4.13).

Através desta simulação foi possível determinar o total de custos (soma dos custos de posse por semana e dos custos de colocação de uma encomenda) e o nível de serviço garantido por este modelo. Nesta simulação foram utilizados os valores obtidos anteriormente e para cada semana registou-se a procura, a quantidade rececionada, caso existisse receção de uma encomenda, (Q_{rec}), os *stocks* iniciais (S_i) e finais (S_f), a quantidade em falta (QF) caso existisse rotura do *stock*, a quantidade encomendada (Q), o *stock* médio por período e o respetivo custo de posse associado (à taxa mensal de 6%) e o custo de cada encomenda nas semanas em que eram realizadas encomendas.

O *lead time* do fornecedor de Elétronodos é de uma semana, o que significa que uma encomenda colocada no final da semana i , é rececionada no armazém da CUF na semana $i+2$.

O nível médio de *stock* foi calculado fazendo a média entre o *stock* inicial e o *stock* final para cada semana. Ao multiplicar esse valor pelo custo de posse obtém-se o custo médio de posse por semana.

Tabela 4.42 - Simulação do funcionamento do modelo QEE para o Eléctrodo

semana	Procura Semanal	Qrec	Si	Sf	QF	Q	Smed	cposse (€)	ca (€)	
0						0				
1	0	42	42	42	0	0	42	69,28	0,00	
2	19	0	42	23	0	20	32,5	53,61	22,00	
3	16	0	23	7	0	20	15	24,74	22,00	
4	22	20	27	5	0	20	16	26,39	22,00	
5	2	20	25	23	0	20	24	39,59	22,00	
6	15	20	43	28	0	20	35,5	58,56	22,00	
7	12	20	48	36	0	20	42	69,28	22,00	
8	11	20	56	45	0	0	50,5	83,30	0,00	
9	30	20	65	35	0	20	50	82,48	22,00	
14	2	0	35	33	0	20	34	56,08	22,00	
15	17	20	53	36	0	20	44,5	73,40	22,00	
16	11	20	56	45	0	0	50,5	83,30	0,00	
17	12	20	65	53	0	0	59	97,32	0,00	
18	3	0	53	50	0	0	51,5	84,95	0,00	
19	24	0	50	26	0	20	38	62,68	22,00	
20	12	0	26	14	0	20	20	32,99	22,00	
21	23	20	34	11	0	20	22,5	37,11	22,00	
22	15	20	31	16	0	20	23,5	38,76	22,00	
23	11	20	36	25	0	20	30,5	50,31	22,00	
24	12	20	45	33	0	20	39	64,33	22,00	
25	5	20	53	48	0	0	50,5	83,30	0,00	
26	28	20	68	40	0	0	54	89,08	0,00	
40	12	0	40	28	0	20	34	56,08	22,00	
41	10	0	28	18	0	20	23	37,94	22,00	
42	22	20	38	16	0	20	27	44,54	22,00	
43	18	20	36	18	0	20	27	44,54	22,00	
44	11	20	38	27	0	20	32,5	53,61	22,00	
45	29	20	47	18	0	20	32,5	53,61	22,00	
46	10	20	38	28	0	20	33	54,44	22,00	
47	30	20	48	18	0	20	33	54,44	22,00	
48	4	20	38	34	0	20	36	59,38	22,00	
49	33	20	54	21	0	20	37,5	61,86	22,00	
50	32	20	41	9	0	20	25	41,24	22,00	
51	23	20	29	6	0	20	17,5	28,87	22,00	
52	0	20	26	26	0	20	26	42,89	22,00	
Total (€)								1994,31	616,00	2610,31

É possível verificar que para o Eléctrodo o modelo QEE garante um nível de serviço de 100% uma vez que não se registaram quantidades em falta em nenhum período.

Aplicando o modelo QEE aos restantes produtos constata-se a mesma redução significativa nos níveis médios de *stock* e do custo de posse, como visível na Tabela 4.13.

Tabela 4.53 - Custo de posse de stock médio com o modelo QEE

Código	Descrição	Qseg	s	Q	SM	Custo de posse (€)	Custo de posse <i>stock</i> médio 35 semanas (€)
110004580	ELETRODO	22	37	20	32	1,65	1 848,00
110049794	URETERORRENOSCOPIO	4	5	2	5	18,46	3 230,50
110074669	CONE LASER	17	24	20	27	2,20	2 079,00
110024053	CASSETTE	24	46	36	42	0,74	1 087,80
110007115	FIBRA LASER	6	9	6	9	4,67	1 471,05
Total (€)							9 716,35

Caso a CUF decida implementar o modelo QEE a estes cinco produtos iria conseguir reduzir os seus níveis de *stock* médios e os custos associados em quase 70%, porém uma comparação com os restantes modelos deve ser feita para saber qual o modelo mais adequado para a gestão destes produtos. É importante salientar que todos estes produtos apresentam um grau de variabilidade na procura e uma taxa de rotação baixa quando comparado com outros produtos considerados *fast movers* que a CUF possui em *stock*, pelo que acresce um interesse em medir o desempenho de um modelo de revisão periódica.

4.5.2. Modelo de revisão periódica (QPR)

Para a aplicação do modelo da Quantidade Periódica de Reposição a primeira equação a utilizar será a Equação 4 para calcular a periodicidade ótima (T) entre revisões dos níveis de *stock*, isto é, de quantas em quantas semanas serão revistos os níveis de *stock* para se proceder a uma nova encomenda. Tal como no modelo QEE, será utilizado o valor médio da procura semanal como se se tratasse com valor constante da procura. Pelo que a equação que permite calcular o valor de T vem como:

$$T = \sqrt{\frac{2C_a}{Ic\mu D}} \quad (13)$$

Substituindo os parâmetros pelos valores recomentes ao consumo de Elétrodo.

$$T = \sqrt{\frac{2 \times 22}{\frac{0,06 \times 109,97 \times 15,31}{4}}} = 1,32 \approx 2 \text{ semanas}$$

Isto significa que de duas em duas semanas os níveis de *stock* devem ser revistos e deve ser colocada uma nova encomenda para repor o *stock* máximo, independentemente das quantidades armazenadas no momento da revisão. Ao contrário do modelo QEE em que a quantidade de encomenda era fixa e o período entre encomendas era variável, no modelo de revisão periódica o período entre encomendas é fixo e no caso do Elétrodo este período corresponde a duas semanas. A quantidade a encomendar será igual à diferença entre o valor de *stock* máximo e o *stock* à data da revisão e em múltiplos de cinco devido à restrição do fornecedor. O *stock* máximo é calculado utilizando a Equação 5, substituindo D pelo valor médio μ_D . Para calcular o *stock* máximo primeiro deve ser calculado o *stock* de segurança utilizando a Equação 8.

$$Q_{\text{seg}} = 2,33 \times 9,5 \times \sqrt{1 + 2} = 38 \text{ unidades}$$

E o *stock* máximo é calculado utilizando:

$$S = 15,31 \times (1 \times 2) + 38 = 84 \text{ unidades}$$

Recorrendo ao Excel foi realizada uma simulação da realidade ao aplicar este modelo de revisão periódica, à semelhança do que foi feito para o modelo QEE.

Tabela 4.64 - Simulação do funcionamento do modelo QPR para o Elétrodo

Semana	Procura semanal	Qrec	Si	Sf	QF	Q	Smed	cposse (€)	Ca (€)	
0						0				
1	0	62	62	62	0	20	62	102,27	22,00	
2	19	0	62	43	0	0	52,5	86,60	0,00	
3	16	20	63	47	0	35	55	90,73	22,00	
4	22	0	47	25	0	0	36	59,38	0,00	
5	2	35	60	58	0	25	59	97,32	22,00	
6	15	0	58	43	0	0	50,5	83,30	0,00	
7	12	25	68	56	0	30	62	102,27	22,00	
8	11	0	56	45	0	0	50,5	83,30	0,00	
9	30	30	75	45	0	40	60	98,97	22,00	
14	2	0	45	43	0	0	44	72,58	0,00	
15	17	40	83	66	0	20	74,5	122,89	22,00	
16	11	0	66	55	0	0	60,5	99,80	0,00	
17	12	20	75	63	0	20	69	113,82	22,00	
18	3	0	63	60	0	0	61,5	101,45	0,00	
19	24	20	80	56	0	30	68	112,17	22,00	
20	12	0	56	44	0	0	50	82,48	0,00	
21	23	30	74	51	0	35	62,5	103,10	22,00	
22	15	0	51	36	0	0	43,5	71,76	0,00	
23	11	35	71	60	0	25	65,5	108,05	22,00	
24	12	0	60	48	0	0	54	89,08	0,00	
25	5	25	73	68	0	15	70,5	116,29	22,00	
26	28	0	68	40	0	0	54	89,08	0,00	
40	12	15	55	43	0	40	49	80,83	22,00	
41	10	0	43	33	0	0	38	62,68	0,00	
42	22	40	73	51	0	35	62	102,27	22,00	
43	18	0	51	33	0	0	42	69,28	0,00	
44	11	35	68	57	0	25	62,5	103,10	22,00	
45	29	0	57	28	0	0	42,5	70,11	0,00	
46	10	25	53	43	0	40	48	79,18	22,00	
47	30	0	43	13	0	0	28	46,19	0,00	
48	4	40	53	49	0	35	51	84,13	22,00	
49	33	0	49	16	0	0	32,5	53,61	0,00	
50	32	35	51	19	0	65	35	57,73	22,00	
51	23	0	19	0	4	0	9,5	15,67	0,00	
52	0	65	65	65	0	20	65	107,22	22,00	
Total (€)								3018,68	396,00	3414,68

Com a aplicação deste modelo é possível reparar que na semana 51 existe rotura de *stock*, ficando a faltar 4 unidades para satisfazer a procura. Uma rotura em 35 semanas corresponde a 2,85% ($1/35 \times 100$) e o nível de serviço, como referido na Secção 2.1.2 é a percentagem da probabilidade de não ocorrência de rotura, ou seja, neste caso o modelo QPR permite obter um nível de serviço de 97,15%. Visto que a CUF está disposta a aceitar um nível de serviço máximo de 95%, considerou-se nesta dissertação que qualquer modelo que permitisse obter um nível de serviço acima do máximo aceitável seria considerado como potencial substituto ao modelo aplicado pela CUF, caso se verificasse que os restantes resultados justificassem essa tomada de decisão.

Com o modelo QPR, o *stock* médio de Elétrodo ao longo das 35 semanas foi de cerca de 52 unidades, mais vinte unidades do que o *stock* médio calculado com o modelo QEE. A diferença no custo de posse também é bastante significativa, enquanto o modelo QEE permite

obter um custo de posse de 1848,00€ para as 35 semanas, o modelo QPR devolver um custo de posse de 3018,68€, um custo superior em cerca de 40%.

Uma simulação extra foi feita para T igual a 3 e 4 semanas para verificar se não seria possível obter um melhor resultado. Porém confirmou-se que a Equação 13 devolve o valor T que otimiza os níveis de *stock* e os custos e à medida que se aumentava o período entre revisões, maior os custos totais devido ao aumento significativo das quantidades em *stock*. As simulações realizadas encontram-se em anexo.

No caso do Eléctrodo, o modelo QEE continua a devolver os melhores resultados. Na Secção 4.6 será feita uma comparação aos quatro modelos (modelo da CUF mais os três modelos propostos) aplicados aos cinco produtos, de forma a ver qual o modelo mais adequado a cada produto.

Aplicando o modelo QPR aos restantes produtos obtiveram-se os resultados da tabela 4.15.

Tabela 4.75 - Custo de posse de stock médio com o modelo QPR

Código	Descrição	Qseg	S	T	SM	Custo de posse (€)	Custo de posse <i>stock</i> médio 35 semanas (€)
110004580	ELETRODO	38	84	2	52	1,65	3 018,68
110049794	URETERORRENOSCOPIO	7	10	2	7	18,46	4 549,81
110074669	CONE LASER	27	47	2	33	2,20	2 654,59
110024053	CASSETTE	42	106	2	62	0,74	1 611,79
110007115	FIBRA LASER	10	20	2	14	4,67	2 258,79
Total (€)							14 093,66

Comparando os resultados obtidos com a utilização deste modelo e os resultados obtidos através do modelo QEE, verifica-se que para os cinco produtos, o modelo QEE é o modelo que permite reduzir em maior quantidade os níveis médios de *stock* e os custos de posse.

Na Secção 4.5.3 será demonstrada a aplicação do terceiro e último modelo de gestão de *stocks* proposto, o modelo (s, S).

4.5.3. Modelo (s, S)

O modelo (s, S) é um modelo de revisão contínua que utiliza como variáveis o ponto de encomenda, s, e o nível máximo de *stock*, S. À semelhança do modelo da CUF e do modelo QEE, no instante em que os níveis de *stock* atingem um valor inferior ao do ponto de encomenda é colocada uma nova encomenda. No entanto, a quantidade de encomenda é variável ao longo do tempo uma vez que esta é calculada subtraindo o nível máximo pela quantidade em *stock* no momento da encomenda.

Ao contrário dos modelos anteriores, o modelo (s, S) não foi aplicado utilizando equações, mas sim através de experimentação no Excel. Foi programada uma folha de cálculo com uma simulação da realidade como no modelo QPR e fizeram-se variar os parâmetros s e S por experimentação até se atingirem valores de *stock* e custos elevados, atingido esse ponto já não se justificava continuar a aplicar o modelo.

Os critérios de avaliação para o desempenho do modelo com os diferentes parâmetros são o nível de serviço obtido, tendo sido considerados como aplicáveis apenas os parâmetros que garantiam um nível de serviço superior a 95% e o custo total (soma entre os custos de posse totais e os custos de encomenda totais).

De seguida será demonstrada a programação das folha de cálculo Excel, a lógica foi utilizada para todos os produtos:

- Se o valor do *stock* final (Sf) fosse inferior ao ponto de encomenda (s) então seria colocada uma encomenda;
- A quantidade a encomendar (Q) era igual à subtração entre o *stock* máximo (S) e o valor de Sf, arredondando ao valor mais próximo do múltiplo definido pelos fornecedores;
- O nível médio de *stock*, tal como no modelo QPR, era calculado fazendo a média entre Si e Sf;
- Os valores de s e S foram simulados segundo a seguinte lógica:
 - Elétrodo: s a variar em intervalos de 10, começando em 20 e terminando em 50. S em intervalos de 5, começando no valor de s e terminando em 100;
 - Ureterorrenoscópio: s a variar em intervalos de 1, começando em 2 e terminando em 6. S em intervalos de 1, começando no valor de s e terminando em 10;
 - Cone Laser: s igual a 20, 25, 30 e 40. S em intervalos de 5, começando no valor de s e terminando em 60;
 - Cassete: a mesma lógica que o Elétrodo;
 - Fibra laser: S em intervalos de 2, começando em 12 e terminando em 20. s a variar em intervalos de 2, começando em 2 e terminando no valor de S.

Apresentados os pressupostos considerados para a experimentação e aplicação do modelo (s, S) serão apresentados todos os resultados obtidos para o Elétrodo. Na discussão dos resultados da Secção 4.6 apenas serão apresentados os melhores valores para os parâmetros de s e S para os restantes quatro produtos. As tabelas com os resultados da experimentação serão colocadas em anexo.

As tabelas 4.16-4.19 são o resultado da experimentação com os valores de s e S, onde serão apresentadas todas as tentativas realizadas, destacando os parâmetros que respeitam os requisitos da CUF e apresentam os melhores resultados. No fim será apresentada uma tabela

semelhante à Tabela 4.13 com os parâmetros que permitiram obter o menor custo total, mantendo um nível de serviço superior a 95%.

Tabela 4.96 - modelo (s, S) Elétron, s igual a 20

s	S	CT (€)	Nível de Serviço (%)
20	20	1378,92	54
	25	1581,26	74
	30	1740,67	71
	35	2017,51	77
	40	2029,31	83
	45	2308,35	86
	50	2592,9	91
	55	2574,73	80
	60	2791,65	94
	65	2916,19	94
	70	3216,95	94
	75	3400,05	94
	80	3847,61	89
	85	4140,41	89
	90	4424,95	97
	95	4377,94	97
	100	4635,27	97

Tabela 4.87 - modelo (s, S) Elétron, s igual a 30

s	S	CT (€)	Nível de Serviço (%)
30	30	1857,54	77
	35	2067,55	80
	40	2319,93	94
	45	2555,53	94
	50	2622,87	94
	55	2870,02	94
	60	3171,06	100
	65	3110,01	94
	70	3344,25	97
	75	3446,52	97
	80	3799,24	97
	85	4049,7	97
	90	4424,95	97
	95	4701,25	97
	100	4988,28	100

Tabela 4.108 - modelo (s, S) Elétron, s igual a 40

s	S	CT (€)	Nível de Serviço (%)
40	40	2450,55	97
	45	2648,48	97
	50	2912,68	100
	55	3110,35	97
	60	3371,79	100
	65	3424	100
	70	3748,41	100
	75	3671,41	97
	80	3918,85	97
	85	3987,57	100
	90	4372,46	100
	95	4625,39	100
	100	4988,28	100

Tabela 4.119 - modelo (s, S) Elétron, s igual a 50

s	S	CT (€)	Nível de Serviço (%)
50	50	3003,15	97
	55	3223,35	100
	60	3490,02	100
	65	3685,2	100
	70	3949,13	100
	75	4001,34	100
	80	4325,75	100
	85	4224,01	97
	90	4479,69	100
	95	4564,91	100
	100	4949,8	100

CT corresponde ao custo total obtido através da soma do custo de posse total e do custo total de colocação de encomendas.

Foram realizadas 56 experiências, das quais se destacam 35 combinações que garantiram um nível de serviço superior a 95% para o período em análise. Não foram realizadas mais experiências pois, como é possível verificar, não se justifica continuar a aumentar o ponto de encomenda ou o nível máximo de *stock* acima dos 50 visto que existem outras combinações de parâmetros que permitem obter o mesmo nível de serviço a um custo mais reduzido.

Das combinações de parâmetros destacadas, as únicas que serão consideradas na discussão de resultados da Secção 4.6 serão:

- s = 40 e S = 40;
- s = 40 e S = 50.

Pois são as combinações que devolvem o custo mais baixo para um nível de serviço de 97% e 100% respetivamente.

Com esta combinação de parâmetros, o nível médio de *stock* de Elétrodo é de 34 unidades, mais duas que no modelo QEE, resultando num custo também superior ao obtido com o modelo QEE. Desta forma é possível afirmar que, para o caso do Elétrodo, o modelo QEE é o que devolve os melhores resultados e, caso seja do interesse da CUF aplicar um dos modelos demonstrados nesta dissertação, este é o modelo mais adequado para gerir produtos com características e comportamentos a nível de consumo semelhantes aos do Elétrodo.

A tabela 4.20 ilustra a simulação realizada com recurso ao Excel, à semelhança das simulações realizadas para os modelos anteriores.

Tabela 4.20 - Simulação do funcionamento do modelo (s, S) com s e S igual a 40 para o Elétrodo

Semana	Procura semanal	Qrec	Si	Sf	QF	Q	Smed	cposse (€)	Ca (€)	
0						0				
1	0	40	40	40	0	0	40	65,98	0,00	
2	19	0	40	21	0	20	30,5	50,31	22,00	
3	16	0	21	5	0	35	13	21,44	22,00	
4	22	20	25	3	0	35	14	23,09	22,00	
5	2	35	38	36	0	5	37	61,03	22,00	
6	15	35	71	56	0	0	63,5	104,75	0,00	
7	12	5	61	49	0	0	55	90,73	0,00	
8	11	0	49	38	0	0	43,5	71,76	0,00	
9	30	0	38	8	0	30	23	37,94	22,00	
14	2	0	8	6	0	35	7	11,55	22,00	
15	17	30	36	19	0	20	27,5	45,36	22,00	
16	11	35	54	43	0	0	48,5	80,00	0,00	
17	12	20	63	51	0	0	57	94,02	0,00	
18	3	0	51	48	0	0	49,5	81,65	0,00	
19	24	0	48	24	0	15	36	59,38	22,00	
20	12	0	24	12	0	30	18	29,69	22,00	
21	23	15	27	4	0	35	15,5	25,57	22,00	
22	15	30	34	19	0	20	26,5	43,71	22,00	
23	11	35	54	43	0	0	48,5	80,00	0,00	
24	12	20	63	51	0	0	57	94,02	0,00	
25	5	0	51	46	0	0	48,5	80,00	0,00	
26	28	0	46	18	0	20	32	52,79	22,00	
40	12	0	18	6	0	35	12	19,79	22,00	
41	10	20	26	16	0	25	21	34,64	22,00	
42	22	35	51	29	0	10	40	65,98	22,00	
43	18	25	54	36	0	5	45	74,23	22,00	
44	11	10	46	35	0	5	40,5	66,81	22,00	
45	29	5	40	11	0	30	25,5	42,06	22,00	
46	10	5	16	6	0	35	11	18,15	22,00	
47	30	30	36	6	0	35	21	34,64	22,00	
48	4	35	41	37	0	5	39	64,33	22,00	
49	33	35	72	39	0	0	55,5	91,55	0,00	
50	32	5	44	12	0	30	28	46,19	22,00	
51	23	0	12	0	11	40	6	9,90	22,00	
52	0	30	30	30	0	10	30	49,49	22,00	
Total (€)								1922,55	528,00	2450,55

A aplicação do modelo (s, S) aos restantes produtos gerou resultados semelhantes. Na maioria dos casos este modelo permite reduzir os níveis médios de *stock* face aos do modelo QPR. Na tabela 4.21 estão apresentadas apenas as combinações de parâmetros que exibiram os melhores resultados. À semelhança da situação do Elétrodo, para cada um destes produtos foram destacadas duas combinações de parâmetros, a que devolvia os menores custos para

um nível de serviço de 97% e a que devolvia os menores custos para um nível de serviço de 100%.

Todos estes resultados serão abordados e comparados com maior rigor na Secção 4.6.

Tabela 4.21 - Custo de posse do *stock* médio com o modelo (s, S)

Código	Descrição	s	S	SM	Custo de posse (€)	Custo de posse <i>stock</i> médio (35 semanas) (€)
110004580	ELETRODO	40	40	34	1,65	1 922,55
110049794	URETERORRENOSCOPIO	4	5	5	18,46	2 990,14
110074669	CONE LASER	20	25	24	2,20	1 880,79
110024053	CASSETTE	42	106	61	0,74	1 581,90
110007115	FIBRA	8	18	15	4,67	2 431,65
Total (€)						10 807,03

4.6. Análise e discussão de resultados

Finalizada a aplicação dos três modelos de gestão de *stocks* aos cinco produtos, resta comparar os resultados obtidos por cada um destes modelos para se poder dar resposta ao problema da CUF que levou à realização desta dissertação: “Será o nosso modelo o mais adequado para a gestão dos produtos em armazém, se este não for o caso, qual o modelo mais adequado?”

Independentemente dos possíveis ganhos em termos de custos de posse, qualquer modelo que não garantisse um nível de serviço superior a 95% foi rejeitado. Tratando-se de material com elevado grau de criticidade, o material cirúrgico, é imperativo que a CUF consiga ser capaz de responder a todos os pedidos sem ocorrência de roturas de *stock*. Para tal, embora os modelos QEE e QPR considerem a procura como sendo constante, foi realizada uma simulação dos consumos reais numa folha Excel de forma a avaliar o nível de serviço garantido por estes modelos. Com a análise do modelo QEE concluiu-se que apenas no caso do Eléctrodo e do Cone Laser era garantido um nível de serviço de 100%. Relativamente ao Ureterorrenoscópio, à Cassete e à Fibra Laser, o modelo ficava aquém das expectativas, garantindo níveis de serviço de 94%, 91% e 94% respetivamente. Perante estes resultados, rejeita-se a hipótese de aplicar o modelo QEE a estes três produtos.

Para facilitar a exposição dos resultados finais e a leitura desta dissertação foi criada uma tabela resumo com os parâmetros dos modelos aplicados a cada um dos produtos, os custos de posse totais no fim das 35 semanas de consumo, os níveis de *stock* médio e o nível de serviço para cada um dos modelos.

Tabela 4.22 - Resultados da aplicação dos modelos de GS aos cinco produtos

Produto	Modelo		SM	Custo de posse <i>stock</i> médio (35 semanas) (€)	Nível de serviço (%)
Elétrodo	CUF	s = 83 Q = 40	103	5 946,63	100
	QEE	s = 37 Q = 20	32	1 848,00	100
	QPR	T = 2 S = 84	52	3 018,68	97
	(s, S)	s = 40 S = 40	34	1 922,55	97
		s = 40 S = 50	43	2 472,68	100
Ureterorrenoscópio	CUF	s = 18 Q = 9	23	14 858,41	100
	QEE	s = 5 Q = 2	5	3 230,50	94
	QPR	T = 2 S = 10	7	4 549,81	100
	(s, S)	s = 4 S = 5	5	2 990,14	97
		s = 5 S = 8	7	4 623,64	100
Cone Laser	CUF	s = 49 Q = 30	64	4 959,36	100
	QEE	s = 24 Q = 20	27	2 079,00	100
	QPR	T = 2 S = 47	33	2 654,59	94
	(s, S)	s = 20 S = 25	24	1 880,79	97
		s = 40 S = 40	39	2 997,76	100
Cassete	CUF	s = 84 Q = 42	105	2 712,15	100
	QEE	s = 46 Q = 36	42	1 087,80	91
	QPR	T = 2 S = 106	62	1 611,79	100
	(s, S)	s = 40 S = 70	61	1 581,90	97
		s = 40 S = 80	70	1 816,96	100
Fibra Laser	CUF	s = 17 Q = 9	22	3 597,25	100
	QEE	s = 9 Q = 6	9	1 471,05	94
	QPR	T = 2 S = 20	14	2 258,79	97
	(s, S)	s = 8 S = 18	15	2 431,65	97
		s = 10 S = 20	17	2 758,67	100

Da análise desta tabela é possível retirar as informações necessárias para se dar este estudo por concluído. Para cada um dos cinco produtos selecionados neste estudo é possível apresentar o(s) modelo(s) que minimiza os custos de posse, mantendo os níveis de serviço no intervalo desejável.

As conclusões e propostas de parametrização dos modelos serão feitas de seguida e para cada produto individualmente.

4.6.1. Proposta de modelo para Elétrodo

Caso a CUF pretenda aplicar algum dos modelos desenvolvidos nesta dissertação ao Elétrodo, a recomendação é a aplicação do modelo QEE uma vez que este garante um nível de serviço de 100%, tal como o modelo que a CUF utiliza. Contudo possibilita uma redução do *stock* médio e dos custos de posse de cerca de 70%. A parametrização do modelo deve ser a calculada na Secção 4.5.1: o ponto de encomenda deverá ser de 37 unidades e no momento em que os níveis de *stock* atinjam um valor inferior, deve ser colocada uma encomenda de 20 unidades.

A Figura 4.13 ilustra a situação atual da CUF, mostra a discrepância existente entre a procura e os níveis de *stock* e compara com o nível de *stock* médio com a aplicação do modelo QEE proposto.

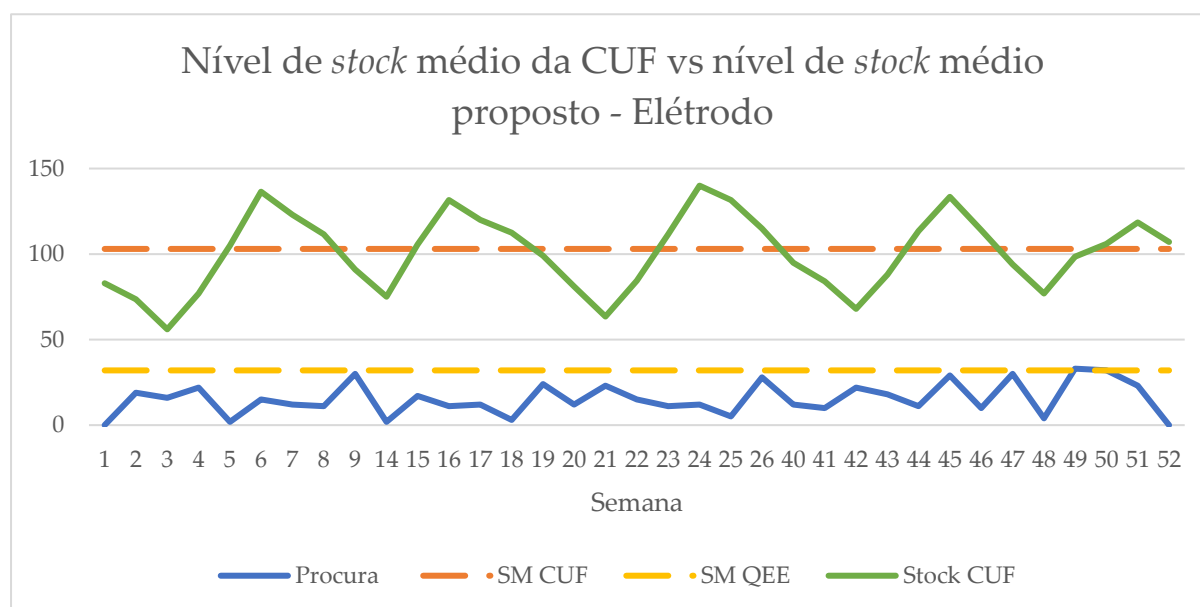


Figura 4.13 - Nível de stock médio da CUF vs nível de stock médio proposto - Elétrodo

4.6.2. Proposta de modelo para Ureterorrenoscópio

Devido à variabilidade da procura deste produto, o modelo QEE não é o modelo mais adequado porque considera a procura média e não a procura real, não conseguindo evitar as roturas de *stock* nos períodos em que a procura é bastante superior ao valor médio. Caso a CUF se encontre disposta a baixar o nível de serviço médio para 97%, o modelo mais adequado para a gestão do Ureterorrenoscópio é o modelo de revisão contínua (s, S) parametrizado para um ponto de encomenda de 4 e um nível máximo de *stock* de 5, uma vez que este possibilita uma redução do nível médio de *stock* e dos custos de posse em cerca de 80%. É importante salientar que as roturas de *stock* também acarretam custos, estes custos não foram considerados na realização desta dissertação, mas devem ser estimados na tomada de decisão de forma a ter uma perceção mais realista dos custos totais obtidos com a aplicação de um modelo que não garanta um nível de serviço de 100%.

Se a CUF não estiver disposta a baixar de um nível de serviço de 100%, o modelo de gestão recomendado é o modelo de revisão periódica (QPR) parametrizado para um período entre encomendas (T) de duas semanas e um nível máximo de *stock* de 10 unidades. Embora este segundo modelo não registre um nível médio de *stock* e custos de posse tão baixos como o modelo (s, S), o modelo QPR não deixa de ser uma melhoria face ao modelo da CUF. O modelo QPR permite uma redução do *stock* médio e dos custos de posse de cerca de 70%, constitui uma melhoria significativa face à realidade da CUF.

Tal como no caso anterior, analisando a Figura 4.14, é clara a discrepância entre o *stock* e o *stock* médio atuais e a procura, a aplicação de um dos dois modelos propostos, ou de um semelhante, é encorajada para dar resposta ao problema apresentado pela CUF.

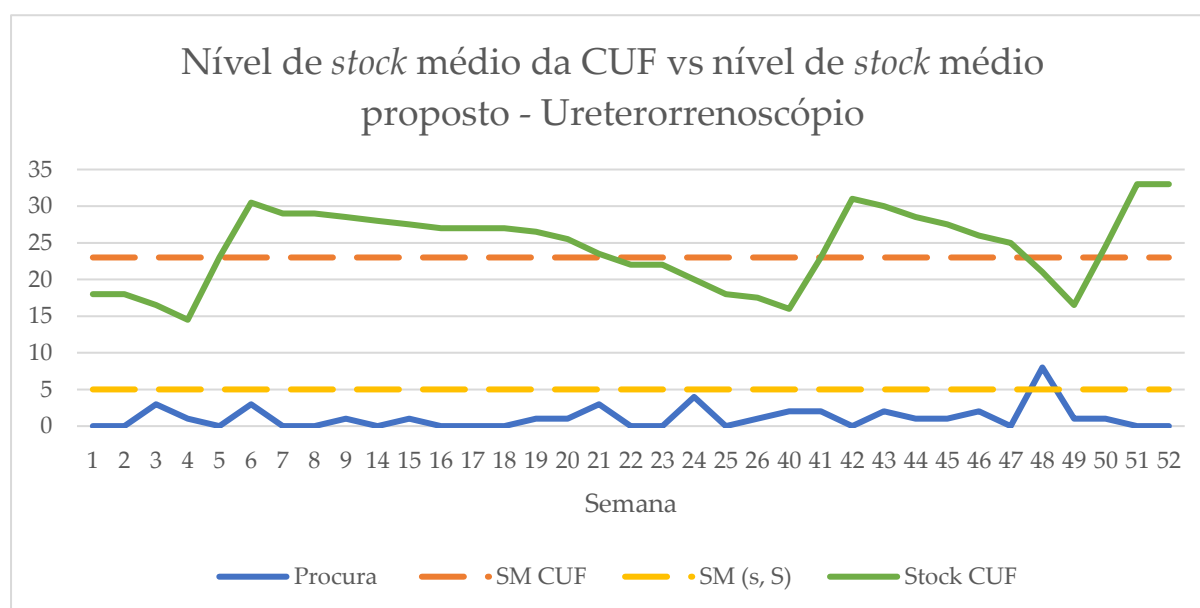


Figura 4.14 - Nível de stock médio da CUF vs nível de stock médio proposto - Ureterorrenoscópio

4.6.3. Proposta de modelo para Cone Laser

À semelhança do que acontece com o Ureterorrenoscópio, se a CUF se encontrar disposta a baixar o nível de serviço médio de 100% para cerca de 97%, o modelo mais adequado para a gestão do Cone Laser é o modelo de revisão contínua (s, S) parametrizado para um ponto de encomenda de 20 e um nível máximo de *stock* de 25, visto que este é o modelo que minimiza os custos de posse e os níveis médios de *stock*. Verifica-se uma redução de cerca de 63% quando comparado com o modelo que a CUF utiliza. Caso a CUF pretenda manter um nível de serviço de 100%, o modelo recomendado para a gestão do Cone Laser é o modelo QEE parametrizado para um ponto de encomenda (s) de 24 unidades e uma quantidade de encomenda fixa de 20 unidades. Este modelo, apesar de não registar o melhor resultado dos três modelos propostos, continua a ser uma grande melhoria quando comparado com o modelo que a CUF utiliza, garantindo uma redução dos níveis de *stock* e dos custos de cerca de 58%.

A Figura 4.15 ilustra o ganho em nível médio de *stock* com a aplicação do modelo (s, S).

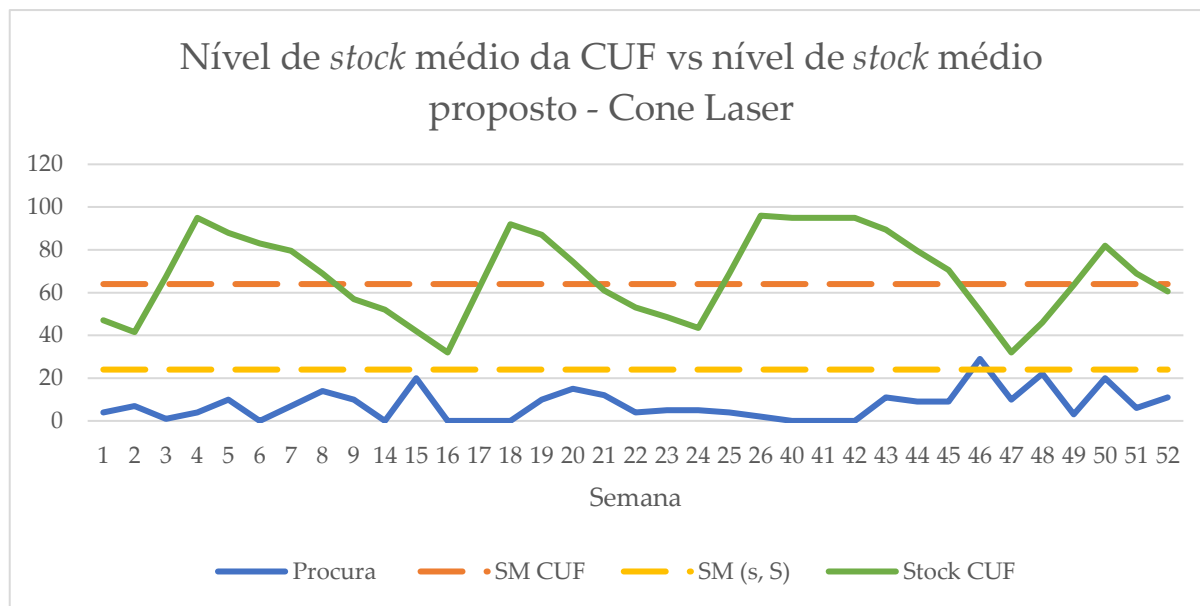


Figura 4.15 - Nível de stock médio da CUF vs nível de stock médio proposto - Cone Laser

4.6.4. Proposta de modelo para Cassete

A procura da Cassete também apresenta alguma variabilidade a que o modelo QEE não consegue dar resposta, isto é visível pois este modelo apresenta o nível de serviço mais baixo de todas as possíveis propostas, apenas 91%, o que leva à sua rejeição imediata independentemente da redução dos custos que este modelo apresenta.

No caso da Cassete, o modelo recomendado é o modelo de revisão contínua (s, S) parametrizado para um ponto de encomenda (s) 40 unidades e um nível de *stock* máximo (S) de 70 unidades, caso a CUF esteja disposta a reduzir o seu nível de serviço para 97%. Caso contrário, recomenda-se a aplicação de um modelo de revisão periódica parametrizado para um período entre encomendas (T) de duas semanas e um nível máximo de *stock* (S) de 106 unidades. A aplicação deste modelo iria permitir à CUF uma redução dos níveis médios de *stock* e dos custos de posse de cerca de 60%.

A Figura 4.16 ilustra o ganho em nível médio de *stock* com a aplicação do modelo (s, S) com os parâmetros recomendados.

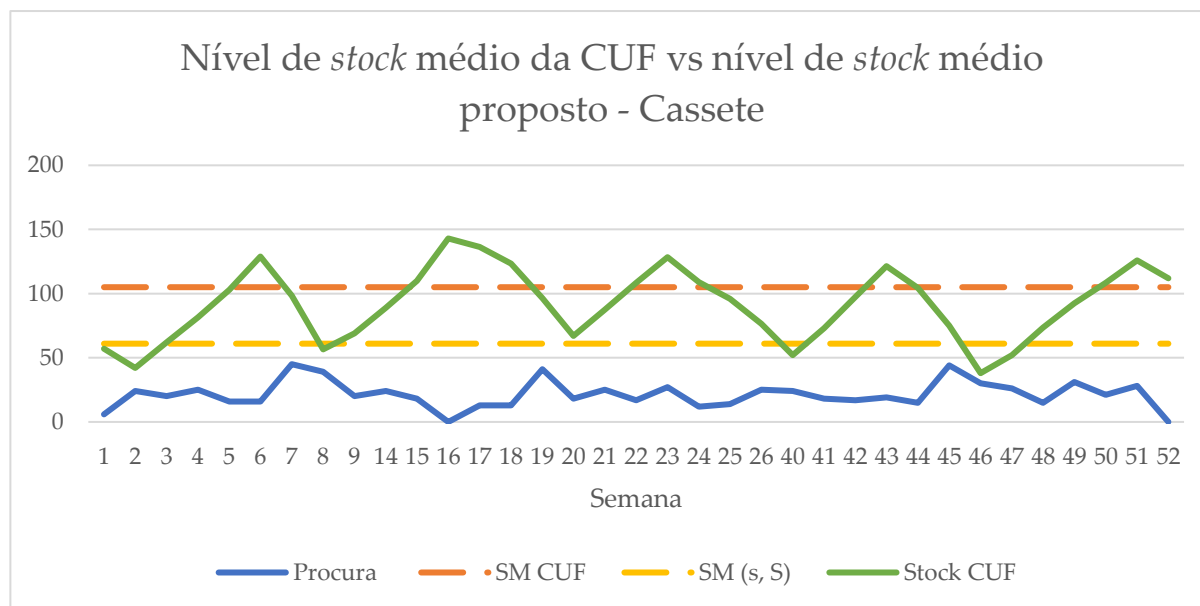


Figura 4.16 - Nível de stock médio da CUF vs nível de stock médio proposto - Cassete

4.6.5. Proposta de modelo para Fibra Laser

Tal como para os outros quatro produtos, dois modelos de gestão de *stocks* são recomendados para a gestão da Fibra Laser, um para um nível de serviço de 97% e outro um pouco mais dispendioso, mas que garante um nível de serviço de 100%. Para um nível de serviço de 97%, recomenda-se à CUF que considere aplicar um modelo de revisão periódica parametrizado para um tempo entre revisões (T) igual a duas semanas e um nível máximo de *stock* (S) de 20 unidades. Este modelo permite à CUF manter um nível médio de *stock* de 14 unidades, uma redução de 37% face ao modelo que está a ser utilizado atualmente, também os custos de posse são reduzidos em cerca de 37%. Caso a CUF prefira manter um nível de serviço médio de 100%, então, a recomendação para a gestão da Fibra Laser é a aplicação de um modelo de revisão contínua do tipo (s, S) parametrizado para um ponto de encomenda (s) de 10 unidades e um nível máximo de *stock* de 20 unidades. Este segundo modelo não fornece resultados tão favoráveis quando comparado com o primeiro, contudo mostrou ser uma melhoria face ao modelo da CUF, reduzindo os níveis médios de *stock* e os custos de posse em 23%.

A Figura 4.17 ilustra o ganho em nível médio de *stock* com a aplicação do modelo de revisão contínua recomendado.

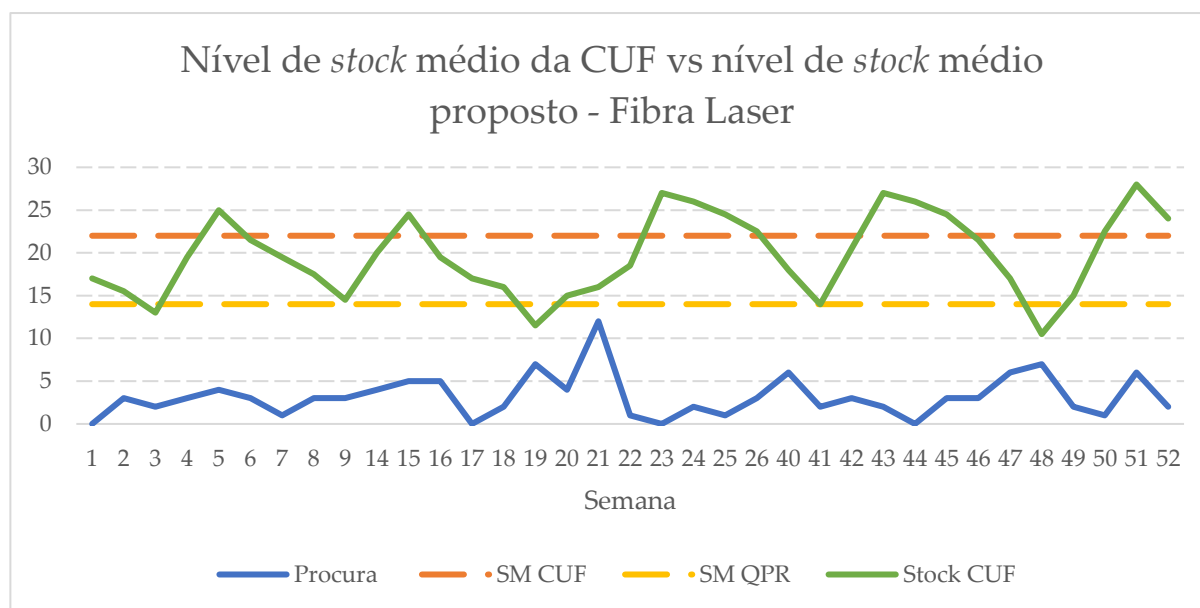


Figura 4.17 - Nível de stock médio da CUF vs nível de stock médio proposto - Fibra Laser

Para concluir, a tabela 4.23 resume as opções que a CUF pode retirar deste estudo e aplicar a estes cinco produtos e a outros produtos com características e comportamentos de consumo semelhantes.

Tabela 4.23 - Comparação de resultados

Produto	SM modelo CUF	SM opção 1	SM opção 2	Custos CUF (€)	Custos opção 1 (€)	Custos opção 2 (€)
Eléctrodo	103	32	32	5 946,63	1 848,00	1 848,00
Ureterorrenoscópio	23	5	7	14 858,41	2 990,14	4 549,81
Cone Laser	64	24	27	4 959,36	1 880,79	2 079,00
Cassete	105	61	62	2 712,15	1 581,90	1 611,79
Fibra Laser	22	14	17	3 597,25	2 258,79	2 758,67
Total	317	136	145	32 073,80	10 559,63	12 847,27
Redução (%)		57	54		67	60

À exceção do Eléctrodo, a que foi recomendado apenas um modelo que garantia um nível de serviço de 100% e minimizava os *stocks* médios e os custos de posse, a opção 1 é constituída pelos modelos que minimizam os custos de posse e os níveis de *stock*, mas que não asseguram um nível de serviço superior a 97%. Constam da opção 2 os modelos que garantem um nível de serviço de 100%.

Caso a CUF opte pela opção 1 irá reduzir os níveis de *stock* médios destes cinco produtos em 57% e os custos totais de posse em 67%. Se optar pela opção 2, terá uma redução de níveis de *stock* médios de 54% e uma redução dos custos de posse totais de 60%.

Deixa-se, assim, à CUF como sugestão a aplicação da segunda opção uma vez que permite garantir o nível de serviço de 100% que garantido atualmente, mas com uma eficiência bastante superior. No entanto, antes de aplicar os modelos sugeridos a CUF deve comparar os pontos fortes e fracos de cada uma das opções.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No capítulo final desta dissertação serão apresentadas as conclusões da dissertação. Serão, também, apresentadas propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

5.1. Conclusões

A presente dissertação teve como objetivo rever a política de gestão de *stocks* da CUF e propor modelos adequados às suas necessidades a fim de melhorar o desempenho do seu armazém central. De forma a ir ao encontro do objetivo proposto e dar resposta ao problema que levou à realização deste estudo, foram revistos e estudados alguns modelos de gestão de *stocks*, tendo sido selecionados três para serem aplicados a um número limitado de produtos. Os dados utilizados como ponto de partida para este estudo eram relativos à realidade vivida pela CUF nos anos de 2019 e 2020.

Do ponto de vista da CUF é de extrema importância perceber quais os parâmetros de gestão que se adequam às características dos produtos em *stock*. Através do modelo de gestão de *stocks* é possível solucionar problemas como o excesso ou a rotura de *stock* permitindo, assim, a redução de custos associados às operações de gestão dos produtos em armazém.

Os produtos selecionados para testar os modelos propostos eram pertencentes à Classe A de acordo com o sistema de classificação ABC. Este sistema teve um papel significativo na seleção de produtos para a realização deste estudo pois permitiu agrupar e selecionar aqueles com graus de criticidade idênticos. A estratificação dos produtos ajudou a simplificar o processo de escolha das políticas de gestão de *stocks*, uma vez que elimina a necessidade de estudar as características dos produtos individualmente e passa a tratar-se os produtos pertencentes à mesma Classe como um único e com base nisso aplica-se a mesma política de gestão a todos os produtos com características e graus de criticidade semelhantes.

O armazém da CUF possui cerca de 4000 produtos que podem ser divididos em dois grandes grupos: produtos de consumo clínico (produtos utilizados na prestação de cuidados de saúde que poderão ser de uso único e que tenham contacto direto com os utentes das unidades de saúde) e produtos de consumo não clínico (economato e material hoteleiro, dispositivos médicos, equipamentos de manutenção, etc.). Dentro destes grupos, devido ao elevado número de produtos de características, funções e consumos semelhantes, os produtos foram agrupados em famílias para facilitar a sua estratificação e análise. Depois de agrupados em famílias, foi selecionada uma amostra de produtos para um estudo mais rigoroso, o grupo de material cirúrgico. Este grupo de produtos representava a maioria do valor de consumo e

por isso foram considerados, no âmbito desta dissertação, como os produtos de maior criticidade. O consumo de cada um destes produtos foi analisado ao dia, estratégia já utilizada pela CUF, no entanto, para eliminar a sazonalidade semanal e procurar eliminar períodos de consumo nulo, os dados de consumo foram agrupados à semana. Com esta alteração verificou-se uma menor variação na procura.

Após a análise do consumo de cada um dos produtos, foram selecionados os modelos de gestão de *stocks* mais adequados às características de cada um. Embora a CUF esteja equipada com o MRP do SAP, tendo à sua disposição modelos de gestão de *stocks* dinâmicos e melhor capazes de acompanhar grandes variações na procura, a sua aplicação manual mostrou-se demasiado complexa para a realização desta dissertação. Assim, selecionaram-se três modelos propostos na literatura, também eles disponíveis em SAP, que foram aplicados a cada um dos cinco produtos selecionados. Para cada produto foram calculados os parâmetros mais adequados ao seu tipo de consumo.

Os resultados obtidos são representativos de uma percentagem bastante reduzida dos produtos em armazém. Porém, foi possível comprovar que o modelo que a CUF utiliza se encontra inadequado aos consumos da maioria dos seus produtos. Ao parametrizar os modelos com base nos produtos considerados *fast-movers* a CUF garante que não existirão roturas deste tipo de produtos. Contudo, estes representam uma pequena porção dos produtos existentes em armazém. Os produtos com uma taxa de rotação significativamente mais baixa ou com uma maior variabilidade de consumo encontram-se parametrizados para um excesso de *stock* que não é consumido por longos períodos de tempo, resultando em elevados custos de manutenção, obsolescência e falta de espaço que poderia ser alocado a produtos com uma maior rotação.

Concluindo, é possível afirmar que uma análise mais aprofundada à tipologia de produtos e ao tipo de procura de cada família irá trazer à CUF melhorias significativas, o que pode ser validado com os resultados obtidos da aplicação dos modelos aos cinco produtos selecionados. Para estes cinco produtos, a metodologia aplicada nesta dissertação permitiu uma redução média de 55,5% dos níveis de *stock* em armazém, traduzindo numa redução de 63,5% no custo.

Salienta-se que esta dissertação foi desenvolvida em contexto real, permitindo aplicar diversos conceitos académicos num ambiente empresarial. Devido à pandemia de Covid-19, e aos anos atípicos de 2020 e 2021, sentiram-se algumas dificuldades ao longo da realização desta dissertação. Apesar destas dificuldades, alcançaram-se os objetivos propostos para a dissertação, uma vez que os modelos de gestão de *stocks* propostos permitem reduzir os níveis médios de *stock*, assim como os custos de posse associados. De acordo com os resultados obtidos, acredita-se que a aplicação destes modelos aos restantes produtos iria promover uma melhor eficiência e eficácia do armazém do Centro Logístico da CUF.

Espera-se que esta dissertação possa servir de apoio a outros trabalhos desenvolvidos neste âmbito. Na secção seguinte serão descritas algumas sugestões para trabalhos futuros.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

O estudo apresentado ao longo desta dissertação fornece algumas bases que a CUF pode implementar nas suas estratégias de gestão de maneira a otimizar as operações do armazém do Centro Logístico. Caso sejam implementadas as metodologias propostas, o funcionamento e gestão do armazém irá sofrer melhorias significativas.

Contudo, a CUF deverá ter presente a noção de que o acompanhamento das operações logísticas deverá ser visto como um processo contínuo, de modo a proporcionar as condições necessárias à sua melhoria, evolução e sucesso. Desta forma, serão agora apresentadas propostas de trabalho futuro que iriam certamente complementar e amplificar os ganhos produzidos nesta dissertação.

Numa primeira fase, recomenda-se à CUF que utilize as metodologias apresentadas nesta dissertação como base para o estudo dos restantes produtos das Classes A, B e C, procurando aplicar um dos modelos de revisão contínua aos produtos pertencentes à Classe A devido à sua criticidade e o modelo QPR de revisão periódica, ou um similar, aos produtos pertencentes à Classe C que apresentam um menor valor de consumo e uma taxa de rotação bem mais reduzida. É importante salientar que uma aplicação do modelo (s, S) tal como foi feita nesta dissertação não é prática para uma grande quantidade de artigos visto que iria necessitar de um técnico de logística dedicado a inúmeras experiências de simulação. Uma alternativa seria recorrer a programação, onde se procurava encontrar os valores para o ponto de encomenda e nível máximo de *stock* que permitiam minimizar os níveis de *stock* e manter o nível de serviço desejado.

A aplicação dos modelos referidos partiu do pressuposto de que os dados de consumo dos produtos analisados seguia uma distribuição próxima da normal. Antes da aplicação destes mesmos modelos, recomenda-se à CUF a realização de uma análise estatística mais rigorosa ao consumo de cada de produto, de forma a selecionar com uma maior exatidão os modelos de gestão de *stocks* mais adequados a cada um.

No tema da criticidade, a CUF pode procurar utilizar outras técnicas de classificação de *stock* além da técnica de classificação ABC utilizada nesta dissertação. Um exemplo é a utilização da análise de VED que classifica os produtos em Vitais, Essenciais e Desejáveis de acordo com a sua criticidade. Na realização desta dissertação, este critério não foi utilizado uma vez que seriam necessários o conhecimento e experiência de um especialista, de forma a classificar e estratificar os produtos com base na sua criticidade. Uma estratégia comum e recomendada é a utilização de uma classificação ABC-VED, uma técnica multicritério que combina a técnica ABC, baseada no princípio de Pareto, com a análise de VED.

Tirando casos de extrema urgência, é raro haver cirurgias não planeadas nos hospitais da CUF. Este tipo de conhecimento prévio sobre a existência e planeamento de cirurgias cria uma oportunidade de considerar cada cirurgia como um produto. Deixa-se à CUF a recomendação de analisar as necessidades, em termos de produtos, de cada tipo de cirurgia e criar uma *Bill of Materials* para cada tipo. As cirurgias iriam representar um produto final e

cada produto necessário seria um componente que teria de ser encomendado nas quantidades adequadas ao número de cirurgias registadas.

Por fim, à medida que os dados de consumo voltam a valores mais próximos do normal e o impacto do Covid-19 deixa de se sentir de forma tão significativa, a CUF poderia tentar combinar os modelos aplicados nesta dissertação com a ferramenta automática de gestão de *stocks* presente no MRP do SAP. Esta ferramenta iria poupar tempo e recursos nas operações de gestão de *stocks*, uma vez que determina os parâmetros mais adequados à gestão de cada produto automaticamente e os ajusta em tempo real à medida que novos dados de consumo são adicionados ao sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Altay, A., Toy, A. O., & Ekinçi, Y. (2016). Fuzzy heuristic solution approaches for the warm/cold lot sizing problem. *Applied Soft Computing*, 48, 691–702.
- Altay Guvenir, H., & Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research*, 105, 29–37.
- Axsäter, S. (2006). *Inventory control* (2nd ed). New York: Springer.
- Bodt, M. A., & Wassenhove, L. N. (1983). Cost increases due to demand uncertainty in MRP lot sizing. *Decision Sciences*, 14, 345–362.
- Bogataj, D., Aver, B., & Bogataj, M. (2016). Supply chain risk at simultaneous robust perturbations. *International Journal of Production Economics*, 181, 68–78.
- Bošnjaković, M. (2010). Multicriteria inventory model for spare parts. *Technical Gazette*, 17(4), 499–504.
- Bushuev, M. A., Guiffrida, A., Jaber, M. Y., & Khan, M. (2015). A review of inventory lot sizing review papers. *Management Research Review*, 38, 283–298.
- Çalışkan, C. (2020). The economic order quantity model with compounding. *Omega* 102(1), 102307.
- Chaharsooghi, S. K., & Heydari, J. (2010). LT variance or LT mean reduction in supply chain management: Which one has a higher impact on SC performance? *International Journal of Production Economics*, 124, 475–481.
- Curtois, A., Pillet, M., & Chantal, M.-B. (2011). *Gestão da Produção* (7th ed). Lisboa: Lidel.
- DeMatteis, J. J. (1968). An economic lot-sizing technique, I: The part-period algorithm. *IBM Systems Journal*, 7, 30–38.
- Dolgui, A., & Prodhon, C. (2007). Supply planning under uncertainties in MRP environments: A state of the art. *Annual Reviews in Control*, 31, 269–279.

- Eroglu, C., & Hofer, C. (2011). Lean, leaner, too lean? The inventory-performance link revisited. *Journal of Operations Management*, 29, 356–369.
- Ghamari, A., & Sahebi, H. (2017). The stochastic lot-sizing problem with lost sales: A chemical-Petrochemical case study. *Journal of Manufacturing Systems*, 44, 53–64.
- Gonçalves, J. N. C., Sameiro Carvalho, M., & Cortez, P. (2020). Operations research models and methods for safety stock determination: A review. *Operations Research Perspectives*, 7, 100164.
- Guptah, S. M. (1993). A structured analysis of material requirements planning systems under combined demand and supply uncertainty, *International Journal of Production Research*, 31, 1689-1707.
- Heizer, J., & Render, B. (2010). *Operations Management* (10th ed). New Jersey: Pearson.
- Ho, C., & Lau, H.-S. (1994). Evaluating the impact of lead time uncertainty in material requirements planning systems, *European Journal of Operations Research*, 75, 89-99.
- Howells, R. (2020, Junho). SAP BrandVoice: Will COVID-19 Change Global Supply Chains Forever? Obtido 20 de Janeiro de 2021, de Forbes website: <https://www.forbes.com/sites/sap/2020/06/03/will-covid-19-change-global-supply-chains-forever/>
- Jeunet, J., & Jonard, N. (2000). Measuring the performance of lot-sizing techniques in uncertain environments. *International Journal of Production Economics*, 64, 197–208.
- Karimi, B., Fatemi Ghomi, S. M. T., & Wilson, J. M. (2003). The capacitated lot sizing problem: A review of models and algorithms. *Omega*, 31, 365–378.
- Kiran, D. R. (2019). Material requirement planning. Em *Production Planning and Control* (pp. 429–439). Elsevier.
- Louly, M.-A., & Dolgui, A. (2012). A note on analytic calculation of planned lead times for assembly systems under POQ policy and service level constraint. *Sixteenth international working seminar on production economics, Innsbruck, 2010*, 140, 778–781.

- Louly, M.-A., & Dolgui, A. (2013). Optimal MRP parameters for a single item inventory with random replenishment lead time, POQ policy and service level constraint. *International Journal of Production Economics*, 143, 35–40.
- Mabert, V. A. (2007). The early road to material requirements planning. *Journal of Operations Management*, 25, 346–356.
- Mohan, R. P., & Ritzman, L. P. (1998). Planned Lead Times in Multistage Systems. *Decision Sciences*, 29, 163–191.
- Molinder, A. (1997). Joint optimization of lot-sizes, safety stocks and safety lead times in an MRP system. *International Journal of Production Research*, 35, 983–994.
- Nenes, G., Panagiotidou, S., & Tagaras, G. (2010). Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 205, 313–324.
- Olsen, K. W., Gopal, G., & Calleja, J. (2018). Inventory Stratification Optimizes Results | APICS Magazine. Obtido 18 de Fevereiro de 2021, de <https://www.apics.org/apics-for-individuals/apics-magazine-home/magazine-detail-page/2018/04/24/inventory-stratification-optimizes-results>
- Partovi, F. Y., & Anandarajan, M. (2002). Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers & Industrial Engineering*, 41, 389–404
- Pund, S., Kuril, B., Hashmi, S., Doibale, M., & Doifode, S. (2016). ABC-VED matrix analysis of Government Medical College, Aurangabad drug store. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 469–472.
- Ruiz-Torres, A. J., Mahmoodi, F., & Juan, S. (2010). Safety stock determination based on parametric lead time and demand information. *International Journal of Production Research*, 48, 2841–2857.

- Syntetos, A. A., Babai, Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., & Nikolopoulos, K. (2016). Supply chain forecasting: Theory, practice, their gap and the future. *European Journal of Operational Research*, 252, 1-26.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2009). ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs. *Production and Operations Management*, 19, 343-352.
- Verhoef, P. C., & Sloot, L. M. (2006). Out-of-Stock: Reactions, antecedents, management solutions, and a future perspective. *Retailing in 21st century: Current and future trends*, 3, 239-253.
- V.W., N., & Namusonge, G. S. (2015). Role of Inventory Management on Competitive Advantage among Manufacturing Firms in Kenya: A Case Study of Unga Group Limited. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 5, 87-104.
- Wagner, H. M., & Whitin, T. M. (1958). Dynamic Version of the Economic Lot Size Model. *Management Science*, 5, 89-96.
- Wight, O. (1984). Manufacturing Resource Planning: MRP2. Oliver Wight Publications, Vermont.
- Wilson, R.H. (1934). A scientific routine for stock control. *Harvard Business Review* 13 (1), 116-128.
- Harris, F. W. (1913). How Many Parts to Make at Once. *Factory, The Magazine of Management*, 10(2) 135-136.

ANEXOS

A. Procura média diária dos produtos em estudo

Código	Descrição	Procura média diária (μD)	Desvio padrão da procura (σD)	Custo unitário
110049794	URETERORRENOSCOPIO	1	1	1 230,51 €
110074669	CONE LASER	4	3	147,60 €
110024053	CASSETTE	8	5	49,20 €
110007115	FIBRA LASER	1	1	311,45 €

B. Custo de posse dos produtos em estudo

Código	Descrição	Custo de posse (€)
110004580	ELETRODO	1,65
110049794	URETERORRENOSCOPIO	18,46
110074669	CONE LASER	2,21
110024053	CASSETTE	0,74
110007115	FIBRA LASER	4,67

C. Resultados simulação do modelo (s, S) para Ureterorrenoscópio

s	S	CT	Nível de Serviço
2	3	1 906,73 €	74%
	4	2 324,17 €	86%
	5	2 833,90 €	89%
	6	3 993,19 €	86%
	7	4 949,45 €	83%
	8	5 540,09 €	94%
	9	5 126,94 €	94%
	10	5 403,80 €	97%

s	S	CT	Nível de Serviço
3	3	2 143,79 €	83%
	4	2 620,89 €	89%
	5	3 047,56 €	94%
	6	3 535,29 €	86%
	7	4 672,58 €	86%
	8	5 540,09 €	94%
	9	6 158,42 €	97%
	10	5 745,27 €	97%

s	S	CT	Nível de Serviço
4	4	2 779,18 €	89%
	5	3 276,14 €	97%
	6	3 702,81 €	97%
	7	4 153,62 €	97%
	8	5 327,83 €	94%
	9	6 158,42 €	97%
	10	6 804,44 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
5	5	3 434,43 €	97%
	6	3 931,39 €	97%
	7	4 358,06 €	97%
	8	4 799,64 €	100%
	9	5 983,08 €	94%
	10	6 804,44 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
6	6	4 089,67 €	97%
	7	4 586,63 €	97%
	8	5 013,30 €	97%
	9	5 445,66 €	100%
	10	6 638,32 €	94%

D. Resultados simulação do modelo (s, S) para Cone Laser

s	S	CT	Nível de Serviço
20	20	1 834,82 €	91%
	25	2 276,79 €	97%
	30	2 482,01 €	97%
	35	2 920,11 €	94%
	40	3 226,89 €	91%
	45	2 920,25 €	97%
	50	3 773,89 €	97%
	55	3 833,95 €	97%
	60	4 104,06 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
25	25	2 332,14 €	94%
	30	2 592,29 €	97%
	35	2 886,34 €	97%
	40	3 235,61 €	94%
	45	3 646,45 €	97%
	50	3 479,43 €	97%
	55	4 136,99 €	100%
	60	4 104,06 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
30	30	2 647,64 €	94%
	35	3 085,04 €	97%
	40	3 290,26 €	97%
	45	3 712,73 €	97%
	50	3 973,01 €	97%
	55	3 994,18 €	97%
	60	4 524,44 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
40	40	3 393,76 €	100%
	45	3 759,21 €	100%
	50	4 036,38 €	100%
	55	4 402,39 €	100%
	60	4 723,56 €	100%

E. Resultados simulação do modelo (s, S) para Cassete

s	S	CT	Nível de Serviço
20	20	982,96 €	37%
	25	1 088,41 €	57%
	30	1 134,08 €	69%
	35	1 054,98 €	74%
	40	1 133,12 €	80%
	45	1 214,21 €	80%
	50	1 239,81 €	80%
	55	1 295,22 €	74%
	60	1 360,53 €	77%
	65	1 537,33 €	83%
	70	1 598,58 €	80%
	75	1 680,87 €	80%
	80	1 730,69 €	83%
	85	1 905,13 €	83%
	90	1 950,52 €	91%
	95	1 962,70 €	89%
	100	1 882,63 €	89%

s	S	CT	Nível de Serviço
30	30	1 255,15 €	69%
	35	1 293,71 €	74%
	40	1 275,00 €	80%
	45	1 378,37 €	77%
	50	1 431,05 €	86%
	55	1 527,49 €	89%
	60	1 632,06 €	86%
	65	1 688,94 €	89%
	70	1 715,42 €	89%
	75	1 756,52 €	89%
	80	1 843,23 €	91%
	85	1 929,07 €	89%
	90	2 056,37 €	97%
	95	2 181,88 €	94%
	100	2 280,41 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
40	40	1 387,49 €	77%
	45	1 482,74 €	83%
	50	1 514,02 €	83%
	55	1 648,98 €	94%
	60	1 734,36 €	91%
	65	1 810,89 €	94%
	70	1 889,90 €	97%
	75	2 010,43 €	94%
	80	2 124,96 €	100%
	85	1 938,80 €	91%
	90	2 074,96 €	97%
	95	2 163,01 €	100%
	100	2 292,16 €	100%

s	S	CT	Nível de Serviço
50	50	1 577,07 €	86%
	55	1 737,58 €	91%
	60	1 801,84 €	94%
	65	1 894,74 €	94%
	70	1 955,90 €	97%
	75	2 044,37 €	100%
	80	2 209,32 €	97%
	85	2 262,82 €	100%
	90	2 383,26 €	100%
	95	2 201,53 €	97%
	100	2 332,16 €	100%

F. Resultados simulação do modelo (s, S) para Fibra

Laser

S	s	CT	Nível de Serviço
12	2	1 720,01 €	83%
	4	1 861,14 €	86%
	6	2 000,91 €	86%
	8	2 192,07 €	91%
	10	2 324,46 €	94%
	12	2 324,46 €	94%

S	s	CT	Nível de Serviço
14	2	2 324,03 €	83%
	4	2 331,04 €	86%
	6	2 132,10 €	89%
	8	2 433,43 €	89%
	10	2 534,47 €	94%
	12	2 682,82 €	97%
	14	2 702,87 €	94%

S	s	CT	Nível de Serviço
16	2	2 046,06 €	86%
	4	2 408,12 €	89%
	6	2 226,90 €	91%
	8	2 634,32 €	91%
	10	2 580,59 €	94%
	12	2 864,81 €	94%
	14	3 019,19 €	97%
	16	3 019,19 €	97%

S	s	CT	Nível de Serviço
18	2	2 750,52 €	83%
	4	2 870,62 €	91%
	6	2 950,04 €	94%
	8	2 607,65 €	97%
	10	3 008,06 €	100%
	12	3 008,06 €	100%
	14	3 158,15 €	100%
	16	3 346,21 €	100%
	18	3 346,21 €	100%

S	s	CT	Nível de Serviço
20	2	3 002,79 €	89%
	4	3 135,94 €	91%
	6	3 206,99 €	97%
	8	3 206,99 €	97%
	10	2 934,67 €	100%
	12	3 335,08 €	100%
	14	3 335,08 €	100%
	16	3 485,17 €	100%
	18	3 673,23 €	100%
	20	3 673,23 €	100%

G. Simulação do modelo QPR para o Elétrodo com

T=3

semana	Procura semanal	Qrec	Si	Sf	QF	Q	Smed	qposse	ca	
0						0				
1	0	62	62	62	0	45	62	102,27 €	22,00 €	
2	19	0	62	43	0	0	52,5	86,60 €	0,00 €	
3	16	45	88	72	0	0	80	131,96 €	0,00 €	
4	22	0	72	50	0	55	61	100,62 €	22,00 €	
5	2	0	50	48	0	0	49	80,83 €	0,00 €	
6	15	55	103	88	0	0	95,5	157,53 €	0,00 €	
7	12	0	88	76	0	30	82	135,26 €	22,00 €	
8	11	0	76	65	0	0	70,5	116,29 €	0,00 €	
9	30	30	95	65	0	0	80	131,96 €	0,00 €	
14	2	0	65	63	0	40	64	105,57 €	22,00 €	
15	17	0	63	46	0	0	54,5	89,90 €	0,00 €	
16	11	40	86	75	0	0	80,5	132,79 €	0,00 €	
17	12	0	75	63	0	40	69	113,82 €	22,00 €	
18	3	0	63	60	0	0	61,5	101,45 €	0,00 €	
19	24	40	100	76	0	0	88	145,16 €	0,00 €	
20	12	0	76	64	0	40	70	115,47 €	22,00 €	
21	23	0	64	41	0	0	52,5	86,60 €	0,00 €	
22	15	40	81	66	0	0	73,5	121,24 €	0,00 €	
23	11	0	66	55	0	50	60,5	99,80 €	22,00 €	
24	12	0	55	43	0	0	49	80,83 €	0,00 €	
25	5	50	93	88	0	0	90,5	149,28 €	0,00 €	
26	28	0	88	60	0	45	74	122,07 €	22,00 €	
40	12	0	60	48	0	0	54	89,08 €	0,00 €	
41	10	45	93	83	0	0	88	145,16 €	0,00 €	
42	22	0	83	61	0	45	72	118,77 €	22,00 €	
43	18	0	61	43	0	0	52	85,78 €	0,00 €	
44	11	45	88	77	0	0	82,5	136,09 €	0,00 €	
45	29	0	77	48	0	55	62,5	103,10 €	22,00 €	
46	10	0	48	38	0	0	43	70,93 €	0,00 €	
47	30	55	93	63	0	0	78	128,66 €	0,00 €	
48	4	0	63	59	0	45	61	100,62 €	22,00 €	
49	33	0	59	26	0	0	42,5	70,11 €	0,00 €	
50	32	45	71	39	0	0	55	90,73 €	0,00 €	
51	23	0	39	16	0	90	27,5	45,36 €	22,00 €	
52	0	0	16	16	0	0	16	26,39 €	0,00 €	
Total								3 718,09 €	264,00 €	3 982,09 €

H.Simulação do modelo QPR para o Elétrodo com

T=4

Semana	Procura semanal	Qrec	Si	Sf	QF	Q	Smed	qposse	Ca	
0						0				
1	0	62	62	62	0	65	62	102,27 €	22,00 €	
2	19	0	62	43	0	0	52,5	86,60 €	0,00 €	
3	16	65	108	92	0	0	100	164,96 €	0,00 €	
4	22	0	92	70	0	0	81	133,61 €	0,00 €	
5	2	0	70	68	0	60	69	113,82 €	22,00 €	
6	15	0	68	53	0	0	60,5	99,80 €	0,00 €	
7	12	60	113	101	0	0	107	176,50 €	0,00 €	
8	11	0	101	90	0	0	95,5	157,53 €	0,00 €	
9	30	0	90	60	0	65	75	123,72 €	22,00 €	
14	2	0	60	58	0	0	59	97,32 €	0,00 €	
15	17	65	123	106	0	0	114,5	188,87 €	0,00 €	
16	11	0	106	95	0	0	100,5	165,78 €	0,00 €	
17	12	0	95	83	0	45	89	146,81 €	22,00 €	
18	3	0	83	80	0	0	81,5	134,44 €	0,00 €	
19	24	45	125	101	0	0	113	186,40 €	0,00 €	
20	12	0	101	89	0	0	95	156,71 €	0,00 €	
21	23	0	89	66	0	60	77,5	127,84 €	22,00 €	
22	15	0	66	51	0	0	58,5	96,50 €	0,00 €	
23	11	60	111	100	0	0	105,5	174,03 €	0,00 €	
24	12	0	100	88	0	0	94	155,06 €	0,00 €	
25	5	0	88	83	0	45	85,5	141,04 €	22,00 €	
26	28	0	83	55	0	0	69	113,82 €	0,00 €	
40	12	45	100	88	0	0	94	155,06 €	0,00 €	
41	10	0	88	78	0	0	83	136,91 €	0,00 €	
42	22	0	78	56	0	70	67	110,52 €	22,00 €	
43	18	0	56	38	0	0	47	77,53 €	0,00 €	
44	11	70	108	97	0	0	102,5	169,08 €	0,00 €	
45	29	0	97	68	0	0	82,5	136,09 €	0,00 €	
46	10	0	68	58	0	70	63	103,92 €	22,00 €	
47	30	0	58	28	0	0	43	70,93 €	0,00 €	
48	4	70	98	94	0	0	96	158,36 €	0,00 €	
49	33	0	94	61	0	0	77,5	127,84 €	0,00 €	
50	32	0	61	29	0	95	45	74,23 €	22,00 €	
51	23	0	29	6	0	0	17,5	28,87 €	0,00 €	
52	0	95	101	101	0	0	101	166,60 €	0,00 €	
Total								4 559,36 €	198,00 €	4 757,36 €



2021

FILIPE COSTA PAULO DE OLIVEIRA

MODELO DE GESTÃO DE STOCKS PARA O CENTRO
LOGÍSTICO DA CUF