



Gestão de Stocks de Produtos em Fim de Vida

GONÇALO MANUEL LOPES PEREIRA

Setembro de 2025

Gestão de *Stocks* de Produtos em Fim de Vida

Gonçalo Manuel Lopes Pereira

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

Orientador: Eduardo Gil da Costa (EGC)

Júri:

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

Especialista Eduardo Gil da Costa, Professor Adjunto, ISEP

Porto, setembro 2025

Agradecimentos

A conclusão desta dissertação encerra um ciclo da minha vida, encerra o meu percurso académico. Termino assim a etapa mais difícil do mesmo e quero deixar um agradecimento a todos aqueles que contribuíram, estiveram presentes e me ajudaram a completar este desafio. Deixo ainda um agradecimento especial:

À Leica Portugal, por me ter proporcionado a oportunidade de desenvolver este projeto no seu ambiente empresarial e ao chefe do departamento da Logística, Victor Costa, por me ter dado a possibilidade de integrar a sua equipa, que me acolheu da melhor forma possível e se mostrou sempre disposta a ajudar quando necessário.

Ao Diogo Silva, o meu orientador na empresa, por toda a sua disponibilidade e conhecimento transmitido, que me permitiram aprender através da sua experiência. Esteve sempre presente para me esclarecer e ajudar com as minhas questões, apoiando-me em todos os momentos.

Ao meu orientador, Engenheiro Eduardo Gil da Costa, por toda a sua disponibilidade, auxílio e conselhos preciosos que me ajudaram a concluir esta etapa.

A toda a minha família e amigos, por todos os momentos, apoio, dicas e experiências partilhadas.

Por fim, aos meus pais, por todos os valores que me transmitiram, por toda a paciência e por estarem sempre lá para me apoiar e aconselhar. Um enorme obrigado por todas as oportunidades que me proporcionaram. Sem vocês nada disto seria possível.

A todos, obrigado!

Resumo

Esta dissertação propõe e valida uma metodologia prática para o dimensionamento do *stock* remanescente de materiais exclusivos durante a fase de fim do ciclo de vida de um produto, com o objetivo de reduzir custos e mitigar o risco de obsolescência.

Esta abordagem engloba uma árvore de decisão para classificar casos operativos, uma tabela de decisão que aplica percentagens de ajuste do *stock* final em função de fatores críticos, cálculos de equilíbrio de *stocks* e de lotes mínimos (adaptados ao horizonte temporal do processo de descontinuação) e um critério de arredondamentos que adequa as quantidades teóricas obtidas à realidade prática dos fornecedores.

Esta metodologia parte do *stock* remanescente associado à última encomenda sugerida pelo sistema de planeamento *SAP* e aplica percentagens operacionais para redução do mesmo, definidas a partir da análise de dados históricos e do trabalho com responsáveis das áreas envolvidas.

A sua aplicação ao caso de estudo do binóculo *Ultravid 10x25 Leathered Black (406-07)* evidenciou reduções do custo total original de cerca de 14,7% pela estratégia de entradas múltiplas e cerca de 15,0% com *LTB*. Isto demonstra que é possível conciliar a redução de custos com a diminuição do risco de obsolescência.

Palavras-chave: Gestão de *Stocks*, Produtos em Fim de Vida, Obsolescência, Planeamento, Cadeia de Abastecimento

Abstract

This dissertation proposes and validates a practical methodology for sizing the residual inventory of exclusive parts during a product's end-of-life phase, aiming to reduce costs and mitigate obsolescence risk.

The approach includes a decision tree to classify operational cases, a decision table that applies percentage-based adjustments to final stock according to critical factors, stock equilibrium and minimum-lot calculations adapted to the discontinuation time horizon, and a rounding rule that converts theoretical quantities into supplier-feasible practical values.

The method is based on the residual stock remaining after the last order suggested by the company's ERP system SAP and applies operational reduction percentages defined from historical data analysis and collaboration with area managers.

The application to the case study of the Ultravid 10x25 Leathered Black binocular (406-07) led to total procurement cost reductions of approximately 14,7% with a multiple-entry strategy and about 15,0% under a last-time-buy strategy, demonstrating that cost reduction can be reconciled with reduced obsolescence risk.

KEYWORDS: Stocks Management, End-of-Life Products, Obsolescence, Planning, Supply Chain

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização do Tema	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Apresentação da Empresa.....	3
1.4.1. Leica – Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.	3
1.4.2. Clientes e Fornecedores.....	4
1.4.3. Secções Produtivas	5
1.4.4. Logística	6
1.5. Estrutura do Relatório.....	7
2. Revisão Bibliográfica	9
2.1. Gestão de Dados na Cadeia de Abastecimento	9
2.1.1. Importância da Gestão Eficaz de Dados	9
2.1.2. Tecnologias Emergentes na Gestão de Dados	10
2.1.3. Desafios na Recolha e Análise de Dados.....	10
2.2. Logística Interna	12
2.2.1. Introdução à Logística Interna	12
2.2.2. Componentes Principais da Logística Interna.....	17
2.2.3. Tecnologias e Sistemas	19
2.2.4. Estratégias de Otimização.....	20
2.2.5. Desafios e Tendências Futuras.....	21
2.3. Planeamento da Produção.....	22
2.3.1. Introdução ao Planeamento da Produção	22
2.3.2. Importância do Planeamento da Produção	22
2.3.3. Componentes do Planeamento da Produção	23
2.3.4. Técnicas para o Planeamento da Produção.....	24

2.3.5. Desafios.....	24
2.3.6. Tendências Atuais	25
2.3.7. Metodologias no Planeamento da Produção	26
2.4. Gestão de <i>Stocks</i> no Fim do Ciclo de Vida de um Produto	27
2.4.1. Introdução ao Ciclo de Vida de um Produto.....	27
2.4.2. Processo de Fim do Ciclo de Vida do Produto	28
2.4.3. Importância da Gestão de <i>Stock</i> no Final do Ciclo de Vida.....	29
2.4.4. Impactos Financeiros: Custos de Excesso e Obsolescência e Custos de Rutura. 30	
2.4.5. Integração com Sistemas <i>ERP</i> e Ferramentas de Planeamento	32
2.4.6. Previsão da Procura Residual e Métodos de <i>Forecast</i>	33
2.4.7. Estratégias de Aprovisionamento e Gestão de <i>Stock</i> em <i>EoL</i>	35
2.4.8. Gestão em Cadeias de Abastecimento Complexas e Multinível.....	37
2.4.9. Tendências Futuras na Gestão de Produtos em Fim do Ciclo de Vida.....	40
3. Métodos e Aplicação.....	43
3.1. Análise da Situação Inicial da Empresa	43
3.1.1. Plano de Descontinuação.....	43
3.1.2. Limitações dos Procedimentos Existentes.....	45
3.2. Metodologia Desenvolvida	46
3.2.1. Análise de Exemplo Específico.....	47
3.2.2. Árvore de Decisão	47
3.2.3. Tabela de Decisão	50
3.2.4. Tratamento e Gestão de Dados	52
3.2.5. Cálculo do Volume e Número de Encomendas	53
3.2.6. Critério de Arredondamentos.....	55
3.2.7. Cálculo dos Preços de Encomenda	56
4. Resultados e Discussão	57
4.1. Classificação dos Materiais	57
4.2. Tabela de Decisão.....	58
4.3. Objetivo de <i>Stock</i> Final.....	59
4.4. Volume de Encomendas.....	60
4.5. Número de Encomendas.....	62
4.6. Volume de Entradas Distribuídas	64
4.7. Aplicação do Critério de Arredondamentos.....	67
4.8. Cálculo dos Custos Totais das Encomendas.....	68
5. Conclusão.....	73
5.1. Conclusões finais.....	73
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	74
Referências.....	75

Declaração de Integridade	81
Apêndice A – Árvore de Produto	83
Apêndice B – Árvore de Decisão	84
Anexo A – Mapas de Processo do Plano de Descontinuação	85

Lista de Figuras

Figura 1 - Instalações da Leica Camera em Famalicão, Portugal	4
Figura 2 - Exemplos de Produtos Leica	4
Figura 3 - Organograma da Secção Logística	6
Figura 4 - Processos na Gestão Logística (Christopher, 2016)	12
Figura 5 - Venda de novos produtos, procura por peças substitutas e produtos no mercado durante o seu ciclo de vida (Zhang W. et al., 2025).....	29
Figura 6 - Quantidade de Materiais que compõem o Binóculo 406-07, de acordo com o Grupo MRP.....	47
Figura 7 - Identificação dos diferentes casos relativos aos materiais exclusivos	50
Figura 8 - Percentagem de redução de <i>stock</i> por caso	52

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização dos Sistemas <i>ERP</i> , <i>TMS</i> e <i>WMS</i>	11
Tabela 2 - Exemplo de verificação de materiais comuns e exclusivos, através das necessidades dos materiais 434-201.001-006 (exclusivo) e 434-201.001-007 (comum)	48
Tabela 3 - Tabela de Decisão: Percentagem de redução de <i>stock</i> de acordo com o tipo de caso	50
Tabela 4 - Definição do Critério de Arredondamentos	56
Tabela 5 - Distribuição dos materiais pelos diferentes casos, conforme a árvore de decisão ..	57
Tabela 6 - Percentagem de cada tipo de caso	58
Tabela 7 - Exemplos de cálculo da percentagem de redução de <i>stock</i>	58
Tabela 8 - Tabela de Decisão: Percentagem de redução de <i>stock</i> de acordo com o tipo de caso	59
Tabela 9 - Exemplos de cálculo do objetivo de <i>stock</i> final.....	59
Tabela 10 - Objetivo de <i>stock</i> final de cada material.....	60
Tabela 11 - Somatório das necessidades dos materiais exclusivos no respetivo período de estudo	60
Tabela 12 - Exemplos de cálculo do volume total de entradas necessárias	61
Tabela 13 - Volume total de entradas necessárias para cada material	61
Tabela 14 - Exemplos de cálculo do custo de posse, de acordo com o período em estudo	62
Tabela 15 - Exemplos de cálculo da quantidade económica de encomenda (EOQ).....	62
Tabela 16 - Quantidade económica de encomenda (EOQ) para cada material	63
Tabela 17 - Exemplos de cálculo do número de encomendas necessárias	63
Tabela 18 - Número de encomendas necessárias por material.....	64
Tabela 19 - Exemplos de cálculo do volume de entradas distribuídas	64
Tabela 20 - Volume de entradas distribuídas dos materiais exclusivos	65
Tabela 21 - Exemplo de cálculo do volume final de entradas distribuídas para os materiais exclusivos	65
Tabela 22 - Dados originais do material 434-201.001-006	66
Tabela 23 - Modificação das entradas do material 434-201.001-006, alterando valores relativos aos atrasos	66
Tabela 24 - Modificação das entradas do material 434-201.001-006, alterando apenas as entradas	66
Tabela 25 - Volume de entradas distribuídas final dos materiais exclusivos, aplicando LTB	67
Tabela 26 - Critério de arredondamentos aplicado aos materiais exclusivos, através de entradas múltiplas.....	67
Tabela 27 - Critério de arredondamentos aplicado aos materiais exclusivos, através de LTB..	68
Tabela 28 - Exemplos de cálculo do preço das encomendas originais e após aplicação da metodologia com entradas múltiplas ou LTB, para o material 434-201.001-006	68
Tabela 29 - Preço original dos materiais exclusivos.....	69
Tabela 30 - Preços dos materiais exclusivos após a implementação da metodologia desenvolvida, através de entradas múltiplas	69

Tabela 31 - Preços dos materiais exclusivos após a implementação da metodologia desenvolvida, através de LTB.....	70
Tabela 32 - Preços totais das encomendas originais e das encomendas após aplicação da metodologia, através de entradas múltiplas e LTB.....	70

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

<i>AGV</i>	<i>Automated Guided Vehicle</i>
<i>AS/RS</i>	<i>Automated Storage and Retrieval Systems</i>
<i>CC</i>	<i>Customer Care</i>
<i>E.M.</i>	<i>Entradas Múltiplas</i>
<i>EoL</i>	<i>End-of-Life</i>
<i>ERP</i>	<i>Enterprise Resource Planning</i>
<i>IA</i>	<i>Inteligência Artificial</i>
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>
<i>ISEP</i>	<i>Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
<i>JIT</i>	<i>Just In Time</i>
<i>LCP</i>	<i>Leica Camera Portugal</i>
<i>LCW</i>	<i>Leica Camera Wetzler</i>
<i>LTB</i>	<i>Last Time Buy</i>
<i>MRP</i>	<i>Material Requeirements Planning</i>
<i>OEE</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<i>P.Porto</i>	<i>Instituto Politécnico do Porto</i>
<i>RFID</i>	<i>Radio-Frequency Identification</i>
<i>TMS</i>	<i>Transportation Management System</i>
<i>UM</i>	<i>Unidades Monetárias</i>
<i>WMS</i>	<i>Warehouse Management System</i>
<i>KPI</i>	<i>Key Performance Indicator</i>
<i>SAP</i>	<i>Systems, Applications, and Products in Data Processing</i>

Lista de Símbolos

$\%Red_{Stock}$	<i>Percentagem de Redução de Stock</i>	%
C	<i>Custo Unitário do Produto</i>	UM
C_{Uni}	<i>Custo Unitário</i>	UM
D	<i>Procura Total Anual</i>	unid.
D_x	<i>Procura Total do Período</i>	unid.
EOQ	<i>Quantidade Económica de Encomenda</i>	unid.
EOQ_x	<i>Quantidade Económica de Encomenda do Período</i>	unid.
H	<i>Custo de Posse Anual</i>	UM
H_{anual}	<i>Custo de Posse Anual</i>	UM
H_x	<i>Custo de Posse de x meses</i>	UM
i	<i>Taxa de Posse Anual</i>	%
N	<i>Número de Encomendas no Período</i>	unid.
$Objetivo_{Sf}$	<i>Objetivo de Stock Final</i>	unid.
P	<i>Preço</i>	UM
S	<i>Custo por Encomenda</i>	UM
S_i	<i>Stock Inicial</i>	unid.
$S_{f_{desejado}}$	<i>Stock Final Desejado</i>	unid.
$S_{f_{periodo}}$	<i>Stock Final do Período em Estudo</i>	unid.
V_{ED}	<i>Volume Total de Entradas Distribuídas no Período</i>	unid.
V_{Entr}	<i>Volume Total de Entradas Necessárias no Período</i>	unid.
x	<i>Número de meses em estudo</i>	unid.

1. Introdução

Neste capítulo é apresentado o tema que será debatido e investigado ao longo do presente relatório. Mais especificamente, este estudo será centrado na gestão de *stocks* de um produto que se encontra no fim do seu ciclo de vida. Desta forma, será apresentada uma contextualização da relevância deste tópico para a sociedade dos dias de hoje, destacando a importância de uma gestão eficiente do *stock* de uma empresa para a sua sobrevivência e competitividade.

Adicionalmente, serão descritos os objetivos do desenvolvimento deste trabalho, bem como a metodologia utilizada e a estrutura que este documento apresenta.

1.1. Contextualização do Tema

Nos dias de hoje, em que o cenário industrial está cada vez mais volátil e exigente, as organizações têm de lidar com pressões cada vez maiores, para adotarem práticas que sejam mais sustentáveis e eficientes, enquanto necessitam também de manter competitividade e capacidade de resposta às variações e exigências do mercado. Neste contexto, a gestão do ciclo de vida dos produtos, surge como uma abordagem essencial para que seja possível assegurar resiliência e desempenho a nível económico, ambiental e logístico das diferentes operações. Este referido ciclo compreende as fases de: conceção e *design*, produção, distribuição e uso, e fim de vida, sendo esta última frequentemente subvalorizada, mas contendo uma elevada importância estratégica (Baumann & Rydberg, 2002) (Chen Y. et al., 2022).

A fase de fim de vida de um produto, também conhecida como *End-of-Life (EoL)*, representa o momento em que se toma a decisão de parar a produção e as vendas do produto em questão. Esta transição encerra uma série de desafios operacionais, nomeadamente a nível da gestão de materiais, na garantia de assistência técnica ao cliente e na coordenação entre os diversos intervenientes da cadeia de abastecimento (Zhang S. et al., 2021). Apesar de ser frequentemente encarada de uma forma superficial, apenas como sendo o encerramento da comercialização do produto, a fase de *EoL* implica, na realidade, vários desafios que exigem um planeamento detalhado, coordenação eficiente e, para além disso, elevada adaptabilidade por parte das organizações (Pourakbar M., 2011).

A abordagem ao *EoL* tem sido bastante alterada devido ao avanço das tecnologias digitais e também pelo facto de estarem a emergir cada vez mais novos modelos de negócio, baseados na economia circular. A integração de ferramentas como sistemas *ERP* e métodos de previsão baseados em dados históricos ou falhas (como os modelos de *Croston* ou de *Weibull*), bem

como a utilização de sensores *IoT* na monitorização dos ativos, oferecem às empresas formas mais eficazes e eficientes para a gestão desta fase (Zhang S. et al., 2021). Por outro lado, a gestão de *stocks* assume um papel realmente crítico, uma vez que é necessário garantir que existam peças disponíveis para garantir a satisfação do cliente. Para além disso, é necessário evitar a acumulação de materiais obsoletos em *stock*, já que implicam elevados custos financeiros e riscos a nível logístico (Ozyoruk E. et al., 2022) (Pourakbar M., 2011).

Assim, cria-se uma questão central na gestão dos produtos *EoL*, pois é necessário que haja o equilíbrio entre os custos de excessos e os custos de escassez. De forma a mitigar riscos e otimizar recursos, torna-se fulcral utilizar algumas estratégias como por exemplo a *Last Time Buy (LTB)*, o *pooling* logístico e a utilização de fontes alternativas de fornecimento (Behfard S. et al., 2015). Estas práticas, ao estarem integradas num planeamento coordenado diretamente com os fornecedores, com os diferentes departamentos internos e sistemas digitais, permitem que se tomem decisões informadas e sustentadas.

Deste modo, neste relatório, é aprofundado o estudo da gestão de *stocks* durante o fim do ciclo de vida dos produtos, mantendo um foco especial na forma como esta pode ser orientada para a minimização de desperdícios, garantia da continuidade do serviço e a sua contribuição para uma transição eficaz para modelos mais circulares e sustentáveis. Diversos autores destacam que a gestão eficiente do *EoL* representa não só a oportunidade de redução de custos, mas também um fator de diferenciação competitiva, especialmente em cadeias de abastecimento cada vez mais complexas e digitalizadas (Ozyoruk E. et al., 2022) (Zhang S. et al., 2021). Trata-se, assim, de um tema de elevada relevância na atualidade, com diversas implicações diretas na performance operacional das empresas e na sua capacidade de adaptação a um mercado que se encontra em constante mudança.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é avaliar e demonstrar como uma gestão de dados eficiente pode suportar decisões operacionais que melhorem a gestão de *stocks* de produtos que se encontram no final do seu ciclo de vida (*EoL*). Com base numa análise aplicada ao caso prático específico do binóculo *Ultravid 10x25 Leathered Black*, pretende-se validar uma metodologia que permita, para os materiais exclusivos dos produtos que se encontram em *EoL*, determinar uma quantidade final de *stock* a armazenar de cada um destes, de modo a otimizar a gestão de materiais e todos os componentes que estejam associados a produtos em fim de vida, para minimizar desperdícios e perdas.

1.3. Metodologia

Relativamente à metodologia adotada para a elaboração desta dissertação, é possível dividi-la nas seis fases seguintes:

Pesquisa bibliográfica: como primeiro passo, foi realizada uma pesquisa geral acerca do tema. Esta pesquisa centrou-se em artigos científicos e relatórios consultados a partir de plataformas credíveis, cujos artigos são aprovados e validados, como *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *Web of*

Science e *ResearchGate*. Neste caso, um critério para a seleção das fontes, foi a relevância da informação, focando nas publicações que estão diretamente relacionadas com os tópicos referentes à dissertação.

Análise das fontes: após a seleção das fontes, identificou-se os principais conceitos, teorias e práticas de cada um. Posteriormente, avaliou-se as contribuições dos diferentes autores de forma a compreender os elementos que constituem a gestão de dados na cadeia de abastecimento, a logística interna e o planeamento da produção, bem como estes influenciam a gestão de *stocks* dos produtos que se encontram em fim de vida.

Organização do Relatório: após a conclusão da pesquisa e análise bibliográficas, realizadas no âmbito da Unidade Curricular de Metodologias de Investigação e Planeamento, procedeu-se à organização deste relatório, fazendo a divisão dos diferentes capítulos e subcapítulos, assim como se realizou a estruturação do seu conteúdo. Sempre que necessário, estes capítulos estariam sujeitos a alterações durante o desenvolvimento do trabalho.

Avaliação da Situação Inicial: já em ambiente empresarial, procedeu-se à análise da situação inicial adotada pela organização acerca do processo de fim de ciclo de vida dos produtos, de forma a compreendê-lo e a retirar conclusões, com vista à sua otimização.

Desenvolvimento da Metodologia Proposta: com base no estudo feito sobre o processo adotado para o fim do ciclo de vida dos produtos, foi desenvolvida uma metodologia capaz de otimizar a gestão de materiais e todos os componentes associados a produtos em fim de vida, de forma a conseguir minimizar desperdícios e perdas.

Escrita da Dissertação: por fim, procedeu-se à redação deste relatório, de forma a integrar todos os pontos referidos anteriormente.

1.4. Apresentação da Empresa

Com o intuito de contextualizar o ambiente empresarial em que este projeto foi desenvolvido, apresenta-se, nesta secção, uma caracterização da organização, na qual se destacam os seus principais elementos e áreas importantes.

1.4.1. Leica – Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.

A história da Leica começou em 1849, onde surge uma empresa denominada de “*Optisches Institut*”, em *Wetzlar*, na Alemanha. Inicialmente, esta empresa dedicava-se à produção de microscópios, que, desde cedo, se destacaram pela sua extrema qualidade e precisão. Mais tarde, com a evolução da tecnologia e já sob a gerência de Ernst Leitz, a empresa alterou o seu nome para *Ernst Leitz – Optische Werke*.

Em Portugal, no ano de 1973, em Vila Nova de Famalicão, fundou-se a Leica Portugal – Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A. (LCP), previamente designada de Leitz Portugal – Aparelhos Ópticos de Precisão, S.A.R.L., como uma filial da atual Leica Camera AG (LCW). A empresa dispunha de 84 colaboradores no final do ano da sua laboração. Em 1986, devido à força da marca, ocorreu essa transição de nome, em que a Leitz passou a denominar-se Leica, pela

Introdução

junção de Lei-tz e Ca-mera. Na data de comemoração dos seus 40 anos, em 2013, dá-se um ponto marcante para a organização, ao fundar novas instalações em Lousado, Vila Nova de Famalicão (Figura 1). Nesta altura, a Leica contava com cerca de 700 colaboradores, tendo crescido até cerca de 850 nos dias de hoje.



Figura 1 - Instalações da Leica Camera em Famalicão, Portugal

Assim, verificou-se que a filial portuguesa, que inicialmente apenas produzia componentes mecânicos e óticos, progrediu de forma bastante significativa até à montagem de diversos grupos de produtos acabados e semiacabados, como binóculos, monóculos, objetivas, miras telescópicas e máquinas fotográficas (Figura 2). Mais recentemente, a LCP ficou também encarregue de todo o *Customer Care* da gama de produtos *Sport Optics*, ou seja, o apoio ao cliente e manutenção de todos os produtos de observação, tirando câmeras e objetivas.



Figura 2 - Exemplos de Produtos Leica

1.4.2. Clientes e Fornecedores

A Leica é uma empresa multinacional, que mantém uma vasta rede de parcerias pelo mundo inteiro. Mesmo tendo vários clientes, aquele que se torna crucial para a LCP é a sua própria “casa-mãe”, a LCW. Esta última é responsável pela colocação de requisições que poderão, ou não, dar origem a encomendas de produtos semiacabados ou mesmo até de produtos finais. A LCW assume também o papel de fornecedor, já que abastece a LCP com componentes necessários que são exclusivamente produzidos na Alemanha, uma vez que apenas lá se encontra a tecnologia necessária para o seu fabrico.

Existem outros fornecedores, que apresentam uma menor expressividade, os denominados “terceiros”, cuja principal função é balancear a produção sempre que se verifica uma quebra de encomendas por parte da “casa-mãe”.

A LCW define a maioria dos fornecedores. Sendo alemã, a maioria do volume de compras provém da Alemanha e correspondem a cerca de 43%, Portugal apresenta cerca de 35% e por fim 22% dividem-se por empresas localizadas pela Europa e Ásia.

A LCP tem autonomia para negociar e gerir alguns fornecedores que realizam serviços de *outsourcing*. Este regime de subcontratação é utilizado de forma estratégica quando, por exemplo, não há capacidade de produção a nível interno ou mesmo por questões de conveniência operacional.

1.4.3. Secções Produtivas

Atualmente, a Leica Camera Portugal está dividida em três grandes departamentos produtivos, denominados de secções, que são geridas de uma forma praticamente independente. Estas secções são a mecânica, a ótica e a montagem, sendo que as duas primeiras secções referidas funcionam como fornecedores da última.

A mecânica é composta por duas áreas produtivas: a maquinagem e os tratamentos de superfície. A maquinagem está equipada com máquinas CNC e concentra a maioria dos processos de torneamento e fresagem, transformando a matéria-prima mecânica (normalmente alumínio, magnésio e latão). Os tratamentos de superfície englobam os processos de polimento, anodização, cromagem, KTL e pintura, que conferem o acabamento aos diferentes produtos.

Na ótica, tal como na mecânica, existem duas áreas produtivas: a ótica plana e a ótica esférica. Na ótica plana produzem-se prismas para binóculos, monóculos e máquinas fotográficas, na qual se distinguem os processos de fresagem, esmerilagem e polimento. No caso da ótica esférica, esta é responsável pela produção de lentes para objetivas, miras, monóculos e binóculos, destacando-se, neste caso, as operações de fresagem, esmerilagem, polimento e centragem.

A montagem trata-se da secção da empresa em que são montados os vários elementos mecânicos, óticos e eletrónicos, de forma a obter um produto final ou semiacabado com qualidade de excelência, encomendado pelo cliente.

Para além destas três secções, existem outras que não estão ligadas diretamente à produção, mas possuem um papel igualmente importante e cooperam diretamente com as mesmas. Trata-se do caso, por exemplo, da ferramentaria, que é responsável por criar e fornecer ferramentas necessárias para a produção; da qualidade de entrada e saída, que efetua o controlo dos diversos parâmetros de qualidade acerca dos produtos que chegam ou saem da organização (quer para a “casa-mãe”, quer para terceiros); e da logística que é responsável pela elaboração do plano diretor de produção em conjunto com a LCW, pela compra das matérias-primas e também pela receção e expedição de material.

1.4.4. Logística

O foco deste relatório enquadra-se na secção da Logística. Desta forma, torna-se relevante explorar melhor esta secção.

Na sua constituição, esta apresenta o seu Chefe de Secção, bem como pessoas responsáveis, os *Team Leaders*, que também lideram e orientam os restantes colaboradores, com o objetivo de conseguir alcançar todos os objetivos propostos. A secção da Logística encontra-se dividida em duas áreas operativas distintas: a Logística de Armazéns e a Logística de Planeamento/Compras. (Figura 3)

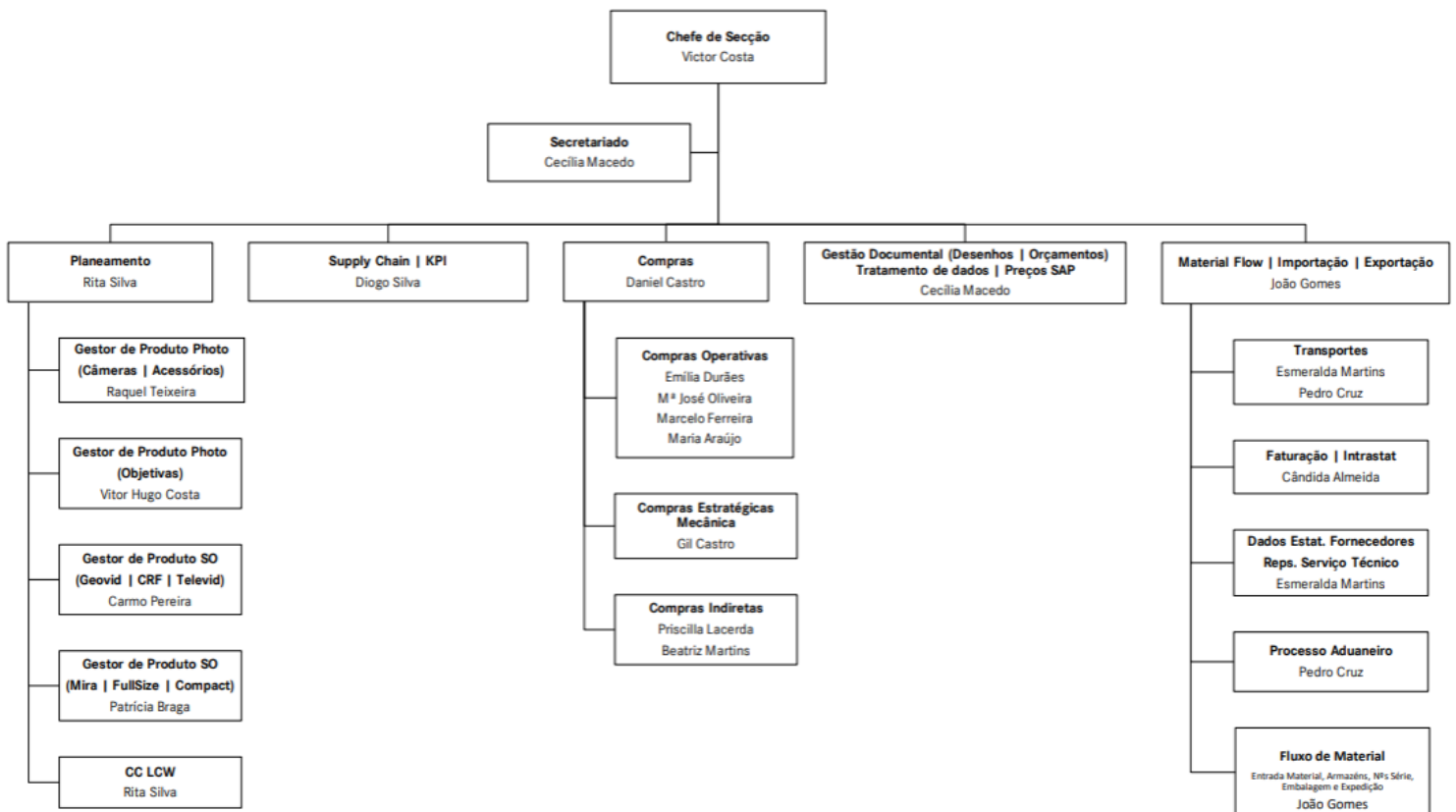


Figura 3 - Organograma da Secção Logística

A Logística de Armazéns está encarregue de quatro atividades, as quais são cruciais para o bom funcionamento da fábrica. Tratam-se, portanto, da Entrada de Mercadorias, da Gestão de Armazéns, da Embalagem e da Expedição. No caso da primeira, dá-se o processamento dos materiais recém-chegados e estes são, também, conferidos. Para além disso, dá-se a entrada dos materiais em sistema e é feita a sua preparação para serem armazenados. Posteriormente, já na parte da Gestão de Armazéns, existem duas opções: os materiais são diretamente armazenados no respetivo armazém, ou então seguem para a secção da Qualidade de Entrada para que a conformidade das suas características seja verificada (a Qualidade tem os seus próprios parâmetros, que indicam quando se deve fazer a verificação do material, de acordo com o nível de confiança no fornecedor). A Gestão de Armazéns é responsável, também, por

entregar os materiais às linhas de produção, de acordo com as listas de *picking* (listas individuais para cada linha de produto, que apresentam as necessidades de cada material). De seguida, aquando do final da produção, os produtos prontos são entregues na Embalagem, de forma a que estes fiquem prontos para seguirem para a Expedição. Já na Expedição, são preparados de acordo com as respetivas encomendas e são, desta forma, enviados para entrega.

Na Logística de Planeamento/Compras, estão concentrados, como o nome indica, o planeamento e as compras. No caso do planeamento, as funções desta área passam por planear a produção dos diferentes produtos, vendidos à casa-mãe e fazer a correspondente orçamentação. Ou seja, os planeadores, através de uma solicitação de entrada por parte de LCW, planeiam a produção do produto, o que de seguida gera uma ordem planeada (e/ou uma requisição de compra, caso não haja em *stock* os componentes necessários) e é convertida numa ordem de produção. Relativamente às Compras, esta encontra-se dividida entre Compras Operativas, Estratégicas e Indiretas. As Compras Operativas, que apresentam contactos, fornecedores e preços já definidos por LCW, colocam as encomendas e mantêm contacto com o fornecedor, assegurando o *tracking*, para saber sempre o estado e local da encomenda. As Compras Estratégicas, incidem maioritariamente na subcontratação da produção de produtos mecânicos. Utiliza-se esta estratégia devido à lotação máxima da mecânica. Ao recorrer a fornecedores externos, produzem-se as peças mais complexas em LCP e as mais simples, nesses fornecedores estratégicos, de forma a que a capacidade não fique lotada, equilibrando, assim, a capacidade produtiva. Por fim, as Compras Indiretas, de forma resumida, são responsáveis pela compra de todo o tipo de material que seja necessário para o bom funcionamento da fábrica, bem como de todos os recursos de apoio à produção.

É de salientar, para além disto, a existência de um responsável pela cadeia de abastecimento e *KPI*, que monitoriza o desempenho da empresa relativamente a essa área, de forma a conseguir propor melhorias e dar suporte nas tomadas de decisão.

1.5. Estrutura do Relatório

Este relatório encontra-se dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo centra-se numa introdução ao tema da dissertação, sendo apresentada uma contextualização do mesmo, os seus objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura deste relatório, assim como é feita uma descrição da empresa na qual o tema foi desenvolvido.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica, na qual se encontram aprofundados os temas centrais relacionados com o tema em análise, nomeadamente a gestão de dados na cadeia de abastecimento, a logística interna, o planeamento da produção e a gestão de *stocks* de produtos que se encontram no fim do seu ciclo de vida.

O terceiro capítulo é referente aos métodos e aplicações. Neste capítulo, apresenta-se uma análise da situação inicial da empresa, na qual se expõe o plano de descontinuação em vigor na organização, bem como as limitações aos procedimentos existentes. Para além disso, são referidos os procedimentos realizados, bem como as opções tomadas para desenvolver a

Introdução

metodologia proposta de dimensionamento do *stock* remanescente dos produtos em fim de vida.

No quarto capítulo, são apresentados os diversos resultados obtidos e uma breve discussão acerca dos mesmos.

No quinto e último capítulo, apresenta-se a conclusão do trabalho realizado, no qual se aborda as suas limitações e se indica quais os aspetos a considerar para possíveis trabalhos futuros.

2. Revisão Bibliográfica

Neste segundo capítulo do presente relatório, é feita uma introdução acerca do conceito de ciclo de vida de um produto, com foco na fase final, ou seja, no fim de ciclo de vida de um produto (*End-of-Life – EoL*), na qual surgem desafios importantes e relevantes para a gestão de *stocks*. Para além disso, é analisada a importância desta fase para a continuidade das linhas de produção e da eficiência operacional das diferentes organizações. Por fim, também se apresentam as metodologias utilizadas para estudar o problema e encontrar soluções adequadas.

2.1. Gestão de Dados na Cadeia de Abastecimento

A gestão de dados dentro da cadeia de abastecimento é uma questão crucial, uma vez que afeta diretamente o nível de eficiência operacional e a capacidade de resposta das empresas às procuras do mercado. Esta secção aborda a relevância da gestão de dados, as tecnologias que estão a evoluir neste campo e que o moldam, bem como os desafios que as organizações enfrentam com a recolha e análise de dados.

2.1.1. Importância da Gestão Eficaz de Dados

Uma gestão eficaz de dados é essencial para que haja sucesso em qualquer cadeia de abastecimento. Isto deve-se a diferentes razões, como:

Melhoria na tomada de decisão: a capacidade de tomar decisões informadas depende fortemente de informações bem estruturadas e confiáveis. As empresas que se baseiam em dados e os utilizam para realizar análises, conseguem, desta forma, antecipar as suas necessidades e reestruturar o seu modelo de negócios. Um exemplo é quando, após analisar os dados históricos de vendas, uma empresa consegue ajustar os seus níveis de *stock* de forma a evitar falta ou excesso de produtos. Assim, minimizam-se custos e é possível melhorar a satisfação do cliente (Chopra & Meindl, 2016) (Ballou, 2006).

Aumento da Eficiência Operacional: a gestão de dados permite que as empresas poupem tempo e não desperdicem recursos nos seus processos. Ao realizar análise de dados, as empresas conseguem revelar os pontos críticos dos processos, o *bottle neck* (gargalo), no sistema logístico; possibilita o planeamento do transporte de uma forma otimizada e, também, uma melhor supervisão dos níveis de *stock* existente. Esta melhoria não só reduz os custos

operacionais, como, para além disso, diminui o tempo de espera, o que proporciona um benefício competitivo significativo (Simchi-Levi D. et al., 2004).

Melhoria na Colaboração entre Parceiros: a cadeia de abastecimento atual envolve diversos parceiros, como fornecedores, distribuidores e até retalhistas. Uma gestão eficaz de dados facilita a interação entre os diferentes parceiros, com o objetivo de garantir que haja informação em tempo real. Trata-se de algo bastante relevante e importante, por exemplo, em casos em que a agilidade da cadeia é algo fundamental para a coordenação das atividades logísticas (Mentzer J. et al., 2001).

2.1.2. Tecnologias Emergentes na Gestão de Dados

Atualmente as tecnologias emergentes desempenham um papel transformador e inovador na gestão de dados nas cadeias de abastecimento. Algumas dessas tecnologias são:

Internet of Things (IoT): A “Internet das Coisas” é a interconexão de dispositivos físicos, que são capazes de recolher dados e comunicá-los através da internet. Na cadeia de abastecimento, é possível o uso de sensores *IoT* para monitorizar o ponto de situação dos produtos, incluindo temperatura e humidade durante o transporte. Isto não melhora apenas a rastreabilidade dos produtos, mas também permite que, caso seja necessário, haja rápidas intervenções para solucionar problemas (Du, 2022).

Big Data: é o processamento e análise de grandes volumes de dados que não são suscetíveis a uma gestão de maneira tradicional. Na cadeia de abastecimento, isto permite às empresas analisar padrões complexos nas operações, prever tendências futuras e tomar decisões que se baseiam em análises aprofundadas. Por exemplo, as empresas podem fazer uso de *Big Data* para estudar o comportamento dos consumidores e modificar as políticas de marketing e de *stock* (Guimarães, 2016).

Inteligência Artificial (IA): devido à utilização crescente da inteligência artificial, a gestão da cadeia de abastecimento tem sido realizada de uma forma mais eficaz e rápida. Graças aos algoritmos cada vez mais elaborados, há uma maior capacidade para prever a procura com mais precisão, a reorganização da logística e a automatização das operações é feita de maneira mais eficiente. A inteligência artificial é capaz de fazer análise das diferentes variáveis, como por exemplo o clima ou alguns padrões usuais, de forma a oferecer melhores previsões e aumentar a eficiência (Bixby, 2002).

2.1.3. Desafios na Recolha e Análise de Dados

Apesar da gestão de dados proporcionar diversos benefícios, e significativos, as diferentes empresas necessitam de enfrentar desafios consideráveis. Dentro destes, destacam-se:

Integração de Sistemas: a comunicação e a integração dos diferentes sistemas que compõem a cadeia de abastecimento, surge como um dos principais desafios. Normalmente, as empresas utilizam diferentes softwares, para diferentes funções (como *ERP*, *TMS* e *WMS* – na Tabela 1 encontra-se a caracterização destes sistemas), o que geralmente dificulta a passagem eficiente

de informação e a colaboração entre os diferentes departamentos e as empresas (Assumpção M. , 2003).

Tabela 1 - Caracterização dos Sistemas *ERP*, *TMS* e *WMS*

Sistema	Caracterização
<i>ERP</i>	Planeamento dos Recursos da Empresa (<i>Enterprise Resource Planning - ERP</i>) é um sistema que proporciona um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa, através apenas uma base de dados. É um sistema que tem em vista a otimização de processos como: a produção, compras ou distribuição, com informações em tempo real. Ou seja, o <i>ERP</i> permite o acesso completo a todas as transações efetuadas na empresa, proporcionando uma visão abrangente de todas as operações (Chopra & Meindl, 2016).
<i>TMS</i>	Sistema de Gestão de Transportes (<i>Transportation Management System - TMS</i>) é um sistema dedicado à gestão do transporte, responsável pelo planeamento, execução e monitorização das operações logísticas. Este tipo de sistema ajuda as empresas a otimizar rotas e custos dos transportes, garantindo que as entregas são feitas de forma eficiente (Reis M. , 2021).
<i>WMS</i>	Sistema de Gestão de Armazéns (<i>Warehouse Management System - WMS</i>) é um sistema integrado de gestão de armazéns que otimiza todas as atividades e o fluxo de informações associados ao processo de armazenamento. Estas atividades incluem: receção, inspeção, armazenamento, separação, embalagem, carregamento, expedição, entre outras. Atuando de forma integrada, este sistema responde às necessidades logísticas, evitando que ocorram falhas e maximizando os recursos da empresa (Guarnieri P. et al., 2006).

Qualidade dos Dados: a qualidade dos dados é um fator que pode influenciar de forma negativa a operação de toda a cadeia de abastecimento, sendo, assim, um grande risco. A gestão de uma empresa de acordo com dados ou estatísticas que não estejam corretos ou que sejam desfasadas, pode culminar em danos para a infraestrutura, como custos extra ou insatisfação do cliente. Deste modo, com vista a manter a confiança e para que a integridade dos dados recolhidos se mantenha, torna-se necessário que se implementem processos rigorosos para que estes sejam garantidos (Christopher, 2016).

Segurança da Informação: considerando a realidade atual, em que há uma intensa expansão da digitalização e da utilização de tecnologias emergentes, a segurança da informação tornou-se uma questão crítica. Assim, as empresas devem proteger os seus dados contra acessos não autorizados e ciberataques, de forma a garantir que, por exemplo, informações sensíveis sobre clientes e operações estejam seguras (Moura, 2006).

2.2. Logística Interna

A logística interna é extremamente importante no que se refere às atividades relacionadas com o fluxo e armazenamento de materiais dentro de uma organização. Não se trata apenas do simples transporte de materiais ou produtos, mas também inclui diversas operações que moldam a eficiência geral da empresa, bem como os diferentes atributos competitivos (Fernandes, 2022).

2.2.1. Introdução à Logística Interna

A logística interna envolve uma série de atividades que se interconectam, formando a chamada “espinha dorsal” para que haja operações eficientes. Assim, nesta secção, será analisado cada um destes fatores, começando pela Figura 4, que demonstra, de forma simplificada, quais os processos envolvidos na gestão logística:

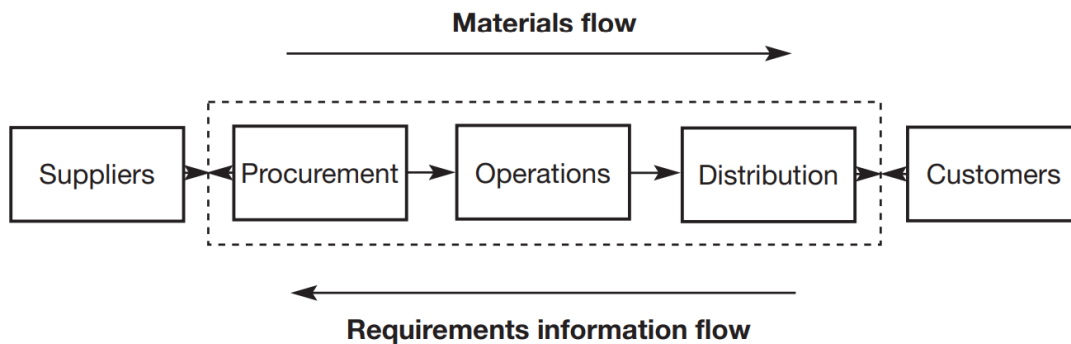


Figura 4 - Processos na Gestão Logística (Christopher, 2016)

Processo de recepção de materiais: a recepção dos materiais trata-se de um processo crítico na logística interna, uma vez que envolve não só a descarga física dos mesmos, mas também várias verificações e procedimentos (Rodrigues L. A., 2021), como:

- **Inspeção:** utilizam-se tecnologias avançadas como scan 3D e sistemas de reconhecimento visual, para facilitar inspeções rápidas dos materiais recebidos, com vista à verificação rápida e também precisa da qualidade e quantidade dos mesmos (Martins, 2019).
- **Sistemas de agendamento:** implementação de novos sistemas inteligentes que realizam o agendamento coordenado com os fornecedores das entregas, de modo a reduzir cada vez mais os tempos de espera e o congestionamento dos locais de descarga (Baldesin J. et al., 2014).
- **Cross Docking:** esta prática consiste em encaminhar diretamente os produtos recebidos para os pedidos em aberto, sem que haja necessidade de armazenamento. Este método reduz custos, acelera entregas e melhora a eficiência. Com o uso de novas tecnologias, como a inteligência artificial, é possível identificar rapidamente

oportunidades para aplicar o *cross docking*, garantindo, assim, que os materiais são enviados para o destino final no menor tempo possível (Gimenes A. et al., 2019)).

Armazenamento: nos dias correntes, o armazenamento dos diferentes materiais e produtos vai muito além de apenas colocá-los no seu respectivo local, envolvendo diferentes estratégias que ajudam a maximizar o uso do espaço disponível, de forma a garantir maior acessibilidade ao produto (Gimenes A. et al., 2019), das quais se destacam:

- **Sistemas Dinâmicos:** há a introdução de algoritmos que vão ajustando, de forma contínua, o *layout* de armazenamento, de acordo com a procura e a sazonalidade (Thieblemont H. et al., 2017).
- **Armazenamento Automatizado:** Este conceito refere-se à utilização de sistemas automatizados que aproveitam ao máximo o espaço vertical dos armazéns. É ideal para áreas urbanas onde o espaço disponível é limitado e valioso. Alguns exemplos incluem sistemas de elevação e estantes automáticas, que organizam e movimentam os materiais verticalmente, permitindo uma gestão eficiente e reduzindo a necessidade de grandes áreas horizontais (Zhang W. et al., 2025).
- **Controlo do Ambiente:** esta função é compreendida através de um conjunto de sistemas inteligentes que controlam fatores como temperatura, humidade, entre outros, ajustando as condições ambientais para diferentes tipos de produtos, de forma a manter a sua qualidade e prolongar a sua vida útil, enquanto permanecem armazenados (Geest M. et al., 2021).

Transporte de Materiais: de forma a aumentar a eficiência, é crucial compreender a movimentação dos diferentes materiais e produtos a nível logístico. Desta forma, torna-se importante a implementação de alguns sistemas, como:

- **Sistemas de Transporte Inteligente:** a utilização de veículos automatizados, como AGV, equipados com inteligência artificial, pode ser fulcral, uma vez que estes conseguem aprender e ajustar as suas rotas, evitar obstáculos de forma autónoma e colaborar com outros AGV, tornando o transporte interno mais eficiente, seguro e adaptável às necessidades das diferentes operações (Nguyen T. et al., 2024).
- **Tapetes Rolantes Modulares:** este tipo de transporte flexível, que pode ser facilmente ajustado ou reconfigurado para acompanhar alguma alteração no layout ou no fluxo de trabalho, permite uma maior agilidade nas operações, já que se adapta rapidamente às necessidades da empresa (Freitas, 2022).
- **Collaborative Robots:** os robôs colaborativos, também conhecidos como *cobots*, foram projetados para trabalhar em conjunto com o ser humano, de forma a realizar tarefas repetitivas ou que fossem mais exigentes a nível físico. A integração dos mesmos, permite um aumento da eficiência, reduzindo o esforço físico dos trabalhadores e contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro e, ao mesmo tempo, mais confortável (Zhang & Grosse, 2024).

Controlo do Inventário: a gestão de um inventário de forma precisa e sempre atualizada em tempo real, fornece os elementos necessários para que haja uma elevada eficácia das operações (Calle M. et al., 2016). Assim, como práticas mais importantes, destacam-se:

- **Precisão Inteligente:** através da utilização de inteligência artificial e análise de dados, consegue-se prever de forma mais exata as necessidades da empresa, evitando que haja excesso ou rutura de *stock* (Jin & Karki, 2024).
- **Etiquetas *RFID*:** com a implementação de etiquetas *RFID* (tecnologia que utiliza ondas de rádio para identificar e rastrear objetos, de forma automática) é crucial, uma vez que rastreia a localização exata dos diferentes materiais e produtos, bem como consegue monitorizar a sua temperatura e humidade, ou seja, aquilo que é imprescindível para determinados produtos mais sensíveis (Alwadi A. et al., 2017).
- **Inventário em Tempo Real:** recorrendo a sensores *IoT* e sistemas integrados, obtêm-se atualizações contínuas frequentes, que possibilitam o acesso em tempo real ao inventário da empresa (Calle M. et al., 2016).

Seleção e Embalamento do Produto: a rapidez e precisão na seleção e embalamento dos produtos é essencial para satisfazer o nível de satisfação dos clientes (Santos M. et al., 2010). Para otimizar estas etapas, salientam-se algumas soluções:

- **Sistemas de Luz e Voz:** com vista a aumentar a precisão, estas ferramentas proporcionam aos trabalhadores uma maneira mais fácil e eficiente de executar a sua função (Balog M. et al., 2024).
- **Embalamento por Medida:** através de sistemas automatizados, são criadas embalagens personalizadas para cada pedido, de forma a reduzir desperdícios de material e custos de envio (Santos M. et al., 2010).
- **Robôs Adaptáveis de Seleção:** com intervenção de inteligência artificial, este tipo de robôs é extremamente útil, já que conseguem reconhecer e manusear diferentes tipos de produtos, adaptando-se de forma automática a diversas formas e tamanhos (Licardo J. et al., 2024).

Gestão de Informação: a gestão eficaz da informação adquirida, une todos os elementos da logística interna (Carvalho R. et al., 2007). Para alcançar melhor eficácia, destacam-se as seguintes estratégias:

- **Plataformas de Integração:** trata-se da implementação de sistemas que reúnem informações de diferentes fontes, como *ERP*, *TMS* e *WMS*, apenas numa interface. Desta forma, o gestor consegue obter uma visão completa e integrada das operações, facilitando, assim, as suas decisões, bem como a coordenação dos processos (Carvalho R. et al., 2007).
- **Previsão Inteligente:** utilizam-se tecnologias de *machine learning*, uma área da inteligência artificial que permite aos sistemas aprenderem de acordo com as diferentes situações, de forma a melhorarem automaticamente, não sendo necessário serem programados para concretizar tarefas que diferem das anteriores já realizadas.

Com estas tecnologias, consegue-se antecipar problemas antes de estes ocorrerem, prever e identificar tendências, obter sugestões de otimizações e prever potenciais problemas (Alwadi A. et al., 2017).

- **Blockchain na Cadeia de Abastecimento:** *blockchain* é uma tecnologia que armazena dados em blocos de informação interligados numa cadeia, de forma segura e imutável. A sua implementação na cadeia de abastecimento permite que haja a garantia de transparência ao tornar visíveis todas as etapas de cada processo (Chang A. et al., 2022).

Ballou (2006) enfatiza que a utilização destes elementos não melhora apenas a eficiência operacional das empresas, mas também cria uma distinta vantagem competitiva sustentável. Quando bem executada, a logística interna dos dias correntes torna-se um diferencial estratégico, que permite que as organizações respondam de forma mais rápida às diferentes mudanças do mercado, reduzam custos e ainda melhorem a interação e satisfação do cliente.

No entanto, a importância estratégica da logística interna é muito mais ampla do que apenas o que é acima referido. Desta forma, inclui também:

Impacto financeiro: é evidente que a logística interna gerida de forma eficiente afeta diretamente vários indicadores financeiros. Assim, esta eficiência contribui para o desempenho financeiro da empresa de várias formas, incluindo:

- **Redução do Capital de Giro:** o capital de giro representa os recursos financeiros que são necessários para as operações diárias de uma empresa (como o pagamento de despesas e a compra de materiais). Uma gestão eficiente do inventário reduz o valor gasto em *stock*, libertando capital, que pode ser usado noutras áreas da organização, aumentando, desta forma, a flexibilidade financeira (Júnior, 2013).
- **Melhoria de Margens:** com uma maior eficiência operacional, reduzem-se custos, o que aumenta diretamente as margens de lucro. Por exemplo, com sistemas de embalamento personalizados (mencionados anteriormente), há uma redução de até 30% no custo da mão de obra e cerca de 2% em produtos que são mal embalados (Freire, 2014).
- **Valorização de Ativos:** a organização eficiente de sistemas tecnologicamente avançados e modernos, das operações internas, aumentam o valor da organização (Freire, 2014).

Vantagem Competitiva: uma boa gestão da parte logística de uma empresa, fortalece a sua posição competitiva perante o mercado, destacando-se em áreas como:

- **Capacidade de Resposta:** com sistemas logísticos ágeis, as empresas conseguem adaptar-se rapidamente às mudanças na procura. Por exemplo, ao reorganizar o espaço de armazenamento de forma eficiente, é possível lançar novos produtos no mercado até 50% mais depressa do que a concorrência, garantindo, desta forma, uma vantagem significativa (Khan M. et al., 2024).
- **Customização:** devido a sistemas logísticos avançados, é possível oferecer produtos personalizados em larga escala, sem penalizar a eficiência (Bouchard S. et al., 2023).

- **Sustentabilidade:** operações mais sustentáveis por um lado reduzem alguns custos e, por outro lado, atraem novos consumidores preocupados com o meio ambiente. Por exemplo, como já referido anteriormente, a utilização de sistemas de embalagem sob medida, pode diminuir o consumo de materiais até 20%, sendo, desta forma, mais económico e mantendo as expectativas dos clientes (Alsehaimi, et al., 2024).

Inovação e Desenvolvimento: a logística interna não é apenas uma função operacional, é também uma grande oportunidade estratégica para inovação, desenvolvimento e competências (Petraglia J. et al., 2012), através de:

- **Ambiente de Testes:** o ambiente controlado dos diferentes centros de armazenamento e distribuição, acaba por ser ideal para realizar testes e experiências com novas tecnologias, antes de as implementar em grande escala. Um caso onde ocorrem este tipo de testes é na empresa *Amazon*, que testa inovações relacionadas com automação nos armazéns de distribuição, antes de as utilizar globalmente (Bell J. et al., 2014).
- **Desenvolvimento de Competências:** a formação contínua dos colaboradores de uma empresa torna-os mais qualificados e versáteis.
- **Melhoria Contínua:** alguns tipos de operações, que são mais detalhadas, mas também repetitivas, são ideais para a aplicação de metodologias de melhoria contínua, como *Kaizen* (metodologia focada na melhoria contínua), que envolve todos os colaboradores, desde a direção até à linha de montagem, cujo objetivo é eliminar desperdícios e aumentar a produtividade, de forma a tentar alcançar a perfeição (Thomaz, 2015) e *Six Sigma* (metodologia cujo objetivo é alcançar excelência competitiva, através da melhoria contínua de processos, produtos e serviços, em que se procura uma taxa mínima de falhas de apenas 3,4 defeitos por cada milhão (Gois & Gasparotto, 2020)).

Flexibilidade Operacional: para uma empresa conseguir fortalecer a sua capacidade em resistir e se adaptar a imprevistos, necessita de ter uma logística interna que promova resiliência (Lawson & Onuoha, 2024). Assim, destacam-se três estratégias que tornam isso possível:

- **Adaptabilidade a Crises:** qualquer organização que tenha sistemas flexíveis consegue ajustar-se rapidamente para resolver os diferentes problemas (Kamalahmadi & Parast, 2016).
- **Redundância Inteligente:** é essencial que uma empresa implemente sistemas de *backup* que não acarretem elevados custos, de forma que, caso ocorra algum acidente, os dados importantes se encontrem sempre em plataformas como a *cloud*, onde poderão ser recuperados (Kamalahmadi & Parast, 2016).
- **Gestão de Riscos:** como referido anteriormente, mas sendo crucialmente importante, sistemas de análise inteligentes conseguem antecipar problemas antes de estes ocorrerem, fazendo com que possam ser tomadas ações preventivas (Bixby, 2002).

Experiência do Cliente: embora a logística envolva operações realizadas longe dos olhos do cliente, apresenta um elevado impacto na sua experiência. Desta forma, existem diversas

maneiras pelas quais contribui diretamente para melhorar essa experiência (Hui G. et al., 2025), salientando-se:

- **Consistência na Entrega:** a garantia de prazos e padrões é algo extremamente importante. Gigantes da logística como a *Amazon*, são muito elogiados devido às suas estratégias logísticas bem-sucedidas, uma vez que oferecem prazos de entrega curtos e consistentes, aumentando os níveis de satisfação do cliente (Fleury & Hijjar, 2000).
- **Transparência:** outro ponto bastante importante para uma boa satisfação do cliente, trata-se do acesso ao acompanhamento do processo. Alguns sistemas permitem o rastreamento de cada etapa do pedido do cliente, desde que sai do armazém até ao local de entrega (Leite, 2010).
- **Personalização:** a capacidade de atender a necessidades e pedidos específicos traz bastantes benefícios para a relação empresa-cliente (Leite, 2010).

Christopher (2016) argumenta que tanto a redução de custos, como a criação de valor adicional para os clientes, ao se destacar no mercado, exigem que as empresas tenham uma estrutura logística excepcional. O autor menciona que, por exemplo, a empresa *Zara*, cuja logística, reportada como altamente eficiente, permite que a mesma traga rapidamente novos *designs* do papel para as lojas em semanas, algo que é um fator de diferenciação no qual que está muito à frente dos seus concorrentes.

A importância estratégica da logística interna apresenta uma tendência de se tornar cada vez mais importante com o passar dos anos, à medida que as cadeias de abastecimento se tornam cada vez mais complexas e a procura dos consumidores também continua a aumentar. Assim, as empresas investem cada vez mais recursos nesta área, não só para melhorar os seus processos, mas também para estabelecer uma base sólida para crescimento e inovação no futuro (Reis P. R., 2004).

2.2.2. Componentes Principais da Logística Interna

A logística interna engloba diversas atividades fundamentais para a eficiência operacional das organizações. Esta foca-se em certas áreas estratégicas, como a gestão de práticas de armazenamento, a movimentação de materiais, a gestão de pedidos e outras práticas avançadas que vão sendo alteradas graças às novas inovações tecnológicas (Miranda, 2016). Essas áreas constituem, então, uma base essencial para operações mais rápidas, precisas e alinhadas com os requisitos do mercado dos dias de hoje (Engesystems, 2023).

Gestão do Armazenamento: Quanto ao armazenamento, pode-se afirmar que esta é uma das funções mais relevantes dos aspetos chave na gestão de *stocks*, uma vez que o domínio da estrutura e do layout do inventário são condições que podem garantir a sua eficiência (Miranda, 2016). Tendo em conta a rápida evolução das novas tecnologias, este campo está a passar por algumas transformações, que permitem maximizar a utilização da área disponível e ainda melhorar o fluxo dos materiais dentro dos armazéns (Botelho, 2022). O uso das novas tecnologias permite aumentar a competitividade das empresas, já que possibilitam uma melhor

e mais detalhada visão do desempenho das operações, criando também oportunidades para melhorias contínuas (Moreira, 2019).

Em relação a este aspeto, a relevância da pesquisa torna-se mais interessante considerando algumas das ferramentas e técnicas emergentes que estão a evoluir os processos relacionados à gestão dos armazéns, como:

- **Simulação de Armazéns:** através da utilização de *digital twins* (são representações virtuais precisas de objetos ou sistemas físicos), com vista à otimização dos layouts e fluxos, antes da implementação física do mesmo. Assim, virtualmente, consegue-se verificar como se sucederia e quais seriam os possíveis fluxos e picos de procura (MECALUX, 2022) (MECALUX, 2023).
- **Sistemas WMS:** estes tipos de sistemas de gestão de armazéns são cruciais para a organização do inventário, uma vez que permite obter uma visão clara do *stock*, de forma a otimizar a preparação das diferentes encomendas (KAIZEN, 2024).
- **Automatização:** com a utilização de robôs que conseguem repor e armazenar materiais e produtos, consegue-se aumentar a eficiência e reduzir os custos das operações (KAIZEN, 2024).

Movimentação dos Materiais: A movimentação dos materiais está-se a tornar cada vez mais autónoma, inteligente e precisa. Isto deve-se à integração de sistemas automatizados e tecnologias que permitem o rastreio dos mesmos, contribuindo ativamente para a otimização dos diferentes recursos, bem como a redução de erros (Rodrigues E. et al., 2010). Desta forma, as diversas operações relacionadas com a receção, expedição e transporte tornam-se ainda mais confiáveis, estando de acordo com um mercado que cada vez mais valoriza a agilidade e precisão (Arima & Capezzutti, 2002).

Dentro dos elementos que influenciam este processo, torna-se importante mencionar os seguintes:

- **Sistemas RFID:** estes sistemas permitem rastrear os diferentes artigos, de forma a diminuir os riscos de roubo ou perda de material, otimizando, desta forma, as operações relacionadas com a movimentação do produto (Rangel, 2023).
- **Sistemas de Transporte Inteligentes:** ao serem implementados sistemas de transporte inteligentes, as empresas conseguem obter uma maior eficiência na movimentação dos materiais, uma vez que esta se torna mais organizada e ordenada (KAIZEN, 2024).

Gestão de Pedidos: A gestão dos diferentes pedidos foi gradualmente sendo transformada, evoluindo para uma abordagem mais estratégica e orientada através de dados, permitindo às empresas prever melhor a procura e a gestão de *stocks*. Ferramentas analíticas avançadas, bem como inteligência artificial, permitem que as organizações realizem operações mais precisas, minimizem desperdícios e aumentem a satisfação do cliente. Esse novo tipo de gestão de pedidos tornou-se essencial para enfrentar os desafios do mercado atual (Medeiros A. et al., 2018) (D'Andrea F. et al., 2015).

Algumas das principais inovações que impulsionam essa transformação incluem:

- **Análise Avançada de Dados:** esta análise permite que se consigam fazer análises cada vez mais precisas da procura do mercado e também uma melhor gestão do inventário (KAIZEN, 2024).

Inteligência Artificial: a sua implementação permite que se realizem análises de grandes volumes de dados ao mesmo tempo, conseguindo, como referido também no ponto anterior, obter uma previsão mais exata da procura e alcança-se uma maior otimização do *stock* (Engesystems, 2023).

2.2.3. Tecnologias e Sistemas

Digitalização e Integração das Tecnologias: Nos dias de hoje, a digitalização está a revolucionar a logística interna. Tecnologias como *Internet of Things (IoT)*, Inteligência Artificial e *Cloud Computing*, têm desempenhado papéis fulcrais:

- **IoT:** atualmente estão a ser muito utilizados novos sensores que se conectam com diferentes fatores como temperatura, humidade e localização (sendo estes uma das bases da Internet das Coisas - *IoT*), uma vez que estes conseguem fornecer dados, em tempo real, acerca do estado do inventário e dos diversos equipamentos. Assim, esta tecnologia permite às empresas monitorizar processos, obtendo uma maior eficiência (Rego, 2011).
- **Inteligência Artificial (AI):** de forma a otimizar rotas, prever a procura do mercado e ao mesmo tempo conseguir fazer uma manutenção preditiva, a inteligência artificial demonstra ser algo bastante útil, garantindo qualidade nas operações e aumentando a eficiência das mesmas (Santos V. et al., 2018).
- **Cloud Computing:** este tipo de sistemas estão a ser utilizados cada vez mais pelas empresas, uma vez que permitem que haja flexibilidade e uma gestão mais ágil dos recursos logísticos, uma vez que os dados são guardados em nuvem, existindo sempre acesso aos mesmos (Li X. et al., 2012).

Sustentabilidade: a logística interna está a evoluir com práticas mais sustentáveis, focando-se na redução do impacto ambiental e na eficiência operacional. Assim, destacam-se algumas das principais iniciativas nesta área:

- **Veículos Elétricos:** a adoção de, por exemplo *AGV* elétricos está cada vez mais em ascensão, uma vez que reduz bastante as emissões de carbono. O estudo de Oliveira, et al., (2022) menciona os benefícios do transporte verde e como este reduz o consumo de energia e emissões para a atmosfera.
- **Otimização de Rotas:** uma prática que se está a tornar bastante geral, é a utilização da inteligência artificial para minimizar as distâncias a percorrer, reduzindo, também o consumo de energia (Rodrigues B. F., 2018).
- **Embalagens ECO:** Oliveira, et al., (2022) referem também o conceito de embalagens verdes, que vai no mesmo sentido da implementação de hábitos sustentáveis no embalamento, nas empresas.

Colaboração e Parcerias: de forma a conseguir aumentar a eficiência, as colaborações entre diferentes empresas tornam-se essenciais para conseguir enfrentar os desafios da logística moderna. A seguir, mencionam-se algumas práticas que estão a transformar este cenário:

- **Parcerias Estratégicas e Ecossistemas Digitais:** Marques (2007) demonstra como a interação entre empresas parceiras pode ser relevante e importante para ambas, de forma a otimizar a cadeia de abastecimento.
- **Partilha de Recursos:** as plataformas de colaboração entre as empresas estão a ganhar cada vez mais destaque, uma vez que permitem a partilha de espaço de armazenamento e de capacidade de transporte, ajudando, assim, a maximizar a utilização dos recursos disponíveis e a reduzir desperdícios (Oliveira, 2024).

Estas tendências acabam por redefinir a logística interna, mas num bom sentido, uma vez que a tornam mais eficiente, mais sustentável e também adaptável às diversas mudanças do mercado. Assim, se as empresas adotarem estas inovações, colocar-se-ão numa melhor posição para conseguir enfrentar os desafios futuros da logística e, ao mesmo tempo, manter-se em vantagem competitiva (Fareed A. et al., 2024).

2.2.4. Estratégias de Otimização

Lean Logistics 2.0: *Lean Logistics* é uma abordagem que tem como objetivo otimizar os processos logísticos e melhorar a eficiência, tendo em foco alguns pontos como a redução de custos, do tempo de entrega e a utilização de recursos (Wronka, 2016). Este conceito evoluiu, dando origem ao *Lean Logistics 2.0* que combina os princípios de eficiência e a eliminação de desperdícios, com a inteligência artificial e a automação. Este contem:

- **Kanban digital:** são sistemas eletrónicos que, utilizando sensores *IoT*, automatizam processos de forma a monitorizar níveis de *stock* em tempo real. Rodrigues A. R (2014) demonstra que um armazenamento *lean*, focado em otimização de espaço, inventário e numa rápida resposta ao cliente, pode ser melhorado através da implementação de sistemas de controlo de *stock*.
- **Mapeamento do Fluxo:** de forma a identificar *bottle necks* e oportunidades de melhoria, utilizam-se softwares de simulação que conseguem criar mapas de fluxo de valores dinâmicos. Lima et al., (2016) ilustram como alguns processos de otimização, num exemplo dado na indústria automobilística, podem reduzir os desperdícios e otimizar as movimentações dentro da empresa, salientando que podem ser utilizados por diversas organizações.
- **Kaizen Virtual:** Alves, & Albuquerque (2023) destacam a eficácia da digitalização das metodologias *Lean Six Sigma*, demonstrando o potencial das mesmas para a melhoria contínua.

Otimização Baseada em Dados: as decisões tomadas na logística são influenciadas por análises mais avançadas, que permitem decisões mais sustentadas e ágeis. Alguns dos principais avanços, como também já referido de forma breve anteriormente, são:

- **Análises Preditivas:** Kourentzes, et al., (2017) demonstram como os sistemas de gestão de dados podem ser otimizados através de ferramentas digitais, graças ao uso de algoritmos de *machine learning* que conseguem prever a procura. Também Neto, et al., (2020) falam acerca da utilização do mesmo algoritmo, que aumenta a eficiência logística pois facilita as decisões tomadas em tempo real.
- **Otimização em Tempo Real:** o estudo de Rego (2011) na *Procter & Gamble* mostra a importância da automatização de processos para atualização em tempo real de informações.

Automação Inteligente: a automação inteligente está a transformar a logística de diversas formas. Os *collaborative robots*, como referidos por Sherwani, et al., (2020) foram sendo implementados em empresas de forma a trabalhar lado a lado com os restantes colaboradores humanos, no entanto, estes robôs fazem as tarefas que são mais exigentes a nível físico. Para além disso, os **sistemas de armazenamento e recuperação automáticos (AS/RS)**, de acordo com Zhang, et al., (2025) têm se tornado mais flexíveis, o que possibilita rápidas reconfigurações quando necessário. Já os **AGV** equipados com IA, estão a revolucionar o transporte dentro das empresas, pois apresentam navegação autónoma, bem como otimização de rotas (Ryck M. et al., 2020). A implementação bem-sucedida destas tecnologias pode levar a aumentos na produtividade, como destaca Pesquera (2024), com melhorias de até 50% em certas operações logísticas.

2.2.5. Desafios e Tendências Futuras

Desafios Emergentes:

- **Complexidade Crescente:** Rizzon, et al., (2015) abordam as práticas da melhoria contínua e discute a sua complexidade crescente para a logística interna.
- **Sustentabilidade:** apesar das empresas se estarem a tentar adaptar a um modo de produção e fabrico mais sustentável, não é uma tarefa fácil. Assumpção & Campos (2018) abordam isso mesmo.
- **Escassez de Mão de Obra Qualificada:** Marodin, et al., (2012) destacam a necessidade de existir uma mão de obra cada vez mais qualificada, uma vez que se está num ambiente logístico sempre em transformação.

Tendências Futuras:

- **Logística Autónoma:** Trindade (2022) foca-se principalmente no sistema *WMS*, mencionando aspetos relacionados com a automação e a eficiência nas operações logísticas.
- **Realidade Aumentada e Virtual:** a realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR) estão a ser utilizadas cada vez mais na logística de forma a otimizar as operações. (Cirulis & Ginters, 2013) destacam como estas tecnologias o fazem.

- **Blockchain na Cadeia de Abastecimento:** a tecnologia *blockchain* está a revolucionar completamente a cadeia de abastecimento pois aumenta a transparência e a rastreabilidade das operações logísticas. Chang, et al., (2022) sugerem que esta tecnologia consegue atender à procura do mercado e manter ou até aumentar a eficiência nas transações.
- **Impressão 3D:** com a impressão 3D, é possível fabricar facilmente produtos na própria empresa, que talvez, noutras circunstâncias, seria impossível. Assim, esta está a transformar a produção de acordo com a procura, na logística. Wieczorek (2017) discute o impacto da impressão 3D na logística.

2.3. Planeamento da Produção

O planeamento da produção é um processo essencial que procura organizar e coordenar todas as atividades associadas à produção dos diferentes produtos. O seu principal objetivo é garantir que os recursos, como os materiais, mão de obra e equipamentos sejam utilizados de forma eficiente para satisfazer a procura do mercado, assegurando que haja a produção da quantidade certa, na altura adequada e com a qualidade desejada. A importância deste planeamento reside na sua capacidade de otimizar a cadeia produtiva, reduzir desperdícios, minimizar tempos de inatividade e assegurar o cumprimento dos prazos de entrega. Desta forma, providencia-se maior satisfação aos clientes e competitividade no mercado (Bugor & Filho, 2021).

2.3.1. Introdução ao Planeamento da Produção

O planeamento da produção é um elemento essencial na gestão da cadeia de abastecimento, uma vez que é responsável por garantir que os diferentes produtos são fabricados da forma correta e entregues de maneira eficiente. O planeamento acaba por ser apenas um documento, contudo, apresenta extrema importância pois não define só as quantidades a serem produzidas, mas também programa as atividades que são necessárias e falta realizar, alocando os recursos adequados para atender à procura do mercado (Heizer J. et al., 2016).

Para além disto, a sua importância também reside na capacidade de conseguir integrar diversas áreas, como as diferentes operações, marketing e vendas. Um mau planeamento pode levar a excessos ou rutura de *stock*, o que provoca custos extra e completamente desnecessários, para não falar da insatisfação do cliente, uma vez que terá de esperar mais pela entrega do seu produto. Assim, verifica-se que o desenvolvimento de um bom planeamento da produção é crucial para a competitividade da empresa (Hua Z. et al., 2004).

2.3.2. Importância do Planeamento da Produção

Como referido na secção anterior, um planeamento da produção bem estruturado contribui muito para que haja o sucesso das diferentes operações de uma empresa. Deste modo, destacam-se algumas funções essenciais que este cumpre:

- **Eficiência Operacional:** de acordo com Slack, et al., (2010) uma boa estruturação do planejamento da produção permite a otimização dos processos de uma empresa, já que melhora a utilização dos diferentes recursos e reduz a quantidade de desperdícios. A existência de um planejamento dá origem a um ambiente de trabalho mais fluido e produtivo, uma vez que há uma distribuição mais eficiente dos materiais, da mão de obra e dos diversos equipamentos. Cruz (2018) fala também da importância do planejamento e controle da produção de forma a melhorar a eficiência operacional, através de um estudo em que se utiliza o *Overall Equipment Effectiveness – OEE* (ferramenta que avalia a eficiência de um equipamento através de três fatores fulcrais: disponibilidade, desempenho e qualidade (Stamatis, 2011)), fornecendo sugestões de forma a conseguir melhorar a eficiência operacional.
- **Resposta às Oscilações do Mercado:** um bom planejamento da produção permite que as empresas se consigam adaptar às variações que ocorrem no mercado. Chopra & Meindl (2016) exploram que o planejamento pode ser eficaz para ajudar as organizações a conseguirem se adaptar a essas oscilações.
- **Coordenação entre Departamentos:** a cooperação e coordenação entre os departamentos de uma organização é promovida por um planejamento da produção eficaz. É essencial que ocorra uma comunicação clara entre logística, marketing e vendas, para que se consiga garantir que todos os setores estão alinhados com os mesmos objetivos, evitando problemas possivelmente causados pelo trabalho individual de cada setor (Cruz, 2018).
- **Redução de Custos:** para além de melhorar a eficiência das operações, a resposta às mudanças do mercado e a coordenação entre os diferentes departamentos de uma empresa, um bom planejamento da produção também permite que haja a diminuição dos custos das operações. Ao serem evitados excessos, é possível que as organizações aumentem as suas margens de lucro (Vargas & Formoso, 2019).

2.3.3. Componentes do Planejamento da Produção

Previsão da Procura: este é um dos elementos mais críticos para o planejamento da produção, sendo que esta previsão pode ser realizada através de métodos quantitativos ou qualitativos:

- **Métodos Quantitativos:** estes métodos utilizam formulações matemáticas como médias móveis, exponenciais e análise de séries temporais, sendo úteis quando existem dados de confiança e que são consistentes para análise (Dutra & Erdamann, 2007).
- **Métodos Qualitativos:** no caso dos métodos qualitativos, estes baseiam-se em julgamentos, opiniões de especialistas e pesquisas do mercado, sendo ideais quando não há dados históricos disponíveis, pois conseguem incorporar fatores externos que as formulações matemáticas não conseguem captar (Pereira G. et al., 2012).

De acordo com Ackermann & Sellitto (2022) a precisão da previsão da procura é fundamental para evitar problemas como excesso ou rutura de *stock*, que podem afetar o grau de satisfação do cliente, bem como os custos das operações.

Capacidade de Produção: refere-se à quantidade máxima que uma empresa consegue produzir num determinado período de tempo (Corrêa & Corrêa, 2019). Aqui fica necessário averiguar:

- **Capacidade Máxima:** é importante determinar a capacidade máxima da produção para se conseguirem evitar *bottle necks* (Santos, 2022).
- **Flexibilidade da Capacidade:** a flexibilidade torna-se também importante para se conseguir ajustar a produção de acordo com as mudanças na procura. Tendo uma boa flexibilidade, a empresa consegue-se manter competitiva no mercado (Corrêa & Corrêa, 2019).

Para continuar a garantir a eficiência da capacidade produtiva, é necessário manter uma monitorização à mesma, para não comprometer a qualidade (Corrêa & Corrêa, 2019).

Recursos Necessários: o planeamento da produção deve considerar e organizar todos os recursos necessários para a produção, tais como materiais, mão de obra e equipamentos, de forma a garantir que há materiais prontos caso sejam requeridos, colaboradores prontos e preparados para realizar tarefas nas diferentes etapas dos processos produtivos, bem como maquinaria capaz de efetuar a sua função. Uma gestão eficiente destes recursos garante que não ocorram paragens desnecessárias durante a produção (Corrêa & Corrêa, 2019).

2.3.4. Técnicas para o Planeamento da Produção

Just-In-Time (JIT): trata-se de uma filosofia de gestão, que tem como objetivo minimizar o *stock* e produzir apenas aquilo que é necessário, no momento certo (Ohno, 1988). Monden (2011) refere como esta filosofia contribui para a redução de custos e consegue melhorar a eficiência operacional. Já Towers & Ashford (2001), falam acerca dos desafios da sua implementação e da importância de existir uma grande coordenação entre a empresa e os seus fornecedores.

Planeamento Agregado: este processo combina as previsões da procura com a capacidade produtiva da empresa, de modo a determinar quais serão os níveis adequados de produção da mesma (Monks, 1987), utilizando *softwares* e modelos matemáticos. Com este processo, as empresas conseguem manter o equilíbrio entre a procura e a oferta, uma vez que se consegue ajustar a produção de acordo com a necessidade (Ackermann & Sellitto, 2022).

MRP (Material Requirements Planning): trata-se de um sistema que garante a disponibilidade dos diferentes materiais, na quantidade certa, no momento certo. Este processo envolve, com base no planeamento da produção e nas previsões de procura, o cálculo dos materiais que serão necessários (Towers & Ashford, 2001). O *MRP* ajuda as empresas a conseguir evitar excessos e ruturas de *stock*.

2.3.5. Desafios

Mudanças na Procura do Mercado: por vezes ocorrem flutuações inesperadas na procura do mercado, o que destabiliza o planeamento da produção e leva a um desfaseamento entre a capacidade de produção e a procura. Evidentemente que, como já referido noutras secções, isto pode resultar em excessos ou rutura de *stock*. Deste modo, por vezes, a imprevisibilidade

da procura exige que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças do mercado (Christopher, 2016).

Integração de Diferentes Sistemas: naturalmente, há alguma dificuldade em conseguir sincronizar diferentes áreas funcionais. Devido à falta de comunicação e colaboração entre os diversos departamentos, por vezes não se tomam as melhores decisões. Para mitigar estes problemas, torna-se imprescindível a implementação de sistemas integrados que consigam promover a troca de dados em tempo real (KAIZEN, 2024).

Problemas na Cadeia de Abastecimento: em algumas situações, ocorrem atrasos na entrega de materiais ou até mesmo problemas a nível da logística, que afetam de forma negativa a produção das organizações. As operações tornam-se ainda mais vulneráveis devido à dependência nos fornecedores externos. Assim, as organizações precisam de desenvolver estratégias que consigam gerir da melhor forma estes imprevistos para garantir a continuidade da produção (Corrêa & Corrêa, 2019).

Estes desafios exigem, assim, uma abordagem proativa por parte das empresas, de forma a conseguir garantir que se conseguem adaptar às flutuações do mercado, já que ocorrem, por vezes, de forma rápida e inesperada (Christopher, 2016).

2.3.6. Tendências Atuais

Indústria 4.0: traz novas tecnologias que estão a transformar o modo como se planeia a produção, salientando-se:

- **Automação e Digitalização:** a Indústria 4.0 é caracterizada pela automação e pela digitalização dos processos, em que a introdução aos sistemas automatizados permite uma melhoria bastante significativa da eficiência das operações. Por um lado, automação diminui os erros humanos e o tempo de produção, o que resulta em operações mais precisas. Por outro lado, a digitalização permite que as organizações tenham acesso aos dados em tempo real, o que facilita as decisões, pois todos os colaboradores têm acesso aos mesmos dados, o mais atualizados possível, em tempo real (Khan M. et al., 2024).
- **IoT e Big Data:** ambos são pilares da Indústria 4.0. Por um lado, a *IoT* permite a conexão, por exemplo, de máquinas e outros dispositivos à internet, o que culmina numa recolha de dados em tempo real. Por outro lado, esses dados são analisados graças a técnicas de *Big Data*, que proporciona uma melhor compreensão dos mesmos e possibilita ajustes nos processos (Nagorny K. et al., 2017).

Desta forma, estas tecnologias possibilitam que as empresas realizem ajustes em tempo real nos seus processos, com vista ao aumento da eficiência dos mesmos. Com os sistemas conectados entre si, consegue-se monitorizar o desempenho das máquinas e adaptar as operações conforme seja necessário, para responder às mudanças que ocorram.

Sustentabilidade: a sustentabilidade está a tornar-se um foco central no mundo da produção. As empresas integram cada vez mais práticas sustentáveis nos seus processos de produção, não

apenas para corresponder às expectativas dos consumidores, que estão também cada vez mais ligados à responsabilidade ambiental, mas também porque estas podem culminar em lucros a longo prazo (Porter & Kramer, 2006).

2.3.7. Metodologias no Planeamento da Produção

O planeamento da produção é um processo essencial que envolve três níveis principais: o planeamento estratégico, o planeamento tático e a programação detalhada. Cada um destes níveis desempenha um papel diferente, mas igualmente fulcral para a organização e eficiência da produção.

Planeamento Estratégico: este é o primeiro passo na produção, em que se estabelecem as diferentes diretrizes acerca da produção e como esta se organizará ao longo do tempo. Esta fase inclui:

- **Definição de Objetivos:** os diferentes objetivos devem estar alinhados de acordo com as estratégias da empresa, tendo em conta, naturalmente, fatores como a visão e a missão da mesma (Pereira, 2023). É fundamental, também, que a decisão dos produtos a fabricar seja baseada numa análise detalhada do ambiente competitivo e das capacidades internas da empresa (Kubaski, 2016).
- **Alinhamento de Estratégias:** o planeamento estratégico considera tanto os objetivos da produção, como as metas da organização, o que garante uma abordagem eficiente (Pereira, 2023).

Planeamento Tático: após o primeiro passo, o planeamento estratégico, segue-se o segundo, o qual tem como objetivo alcançar os objetivos previamente estabelecidos. Os principais componentes deste passo são:

- **Desenvolvimento do Plano Principal:** o plano principal detalha em pormenor quais serão os produtos a ser fabricados e quais as quantidades dos mesmos. É uma etapa bastante importante, pois esta dita a quantidade de material que é necessário ter para garantir a produção de acordo com a previsão da procura. Este plano deve ser regularmente atualizado de acordo com as flutuações do mercado (Giacon & Mesquita, 2011).
- **Distribuição de Recursos:** neste nível, são tomadas decisões acerca da utilização de cada um dos recursos (os materiais, a mão de obra e os equipamentos), de forma a otimizar a produção, minimizando os custos (Pereira, 2023).

Programação Detalhada: este último nível envolve a criação de cronogramas para as atividades diárias da produção. Os aspetos que compõe esta fase são:

- **Sequência das Atividades:** esta fase determina as tarefas que irão ser realizadas e a sua sequência, com base nas prioridades das operações, assegurando que os prazos de tempo sejam cumpridos, sem comprometer a qualidade final do produto (Giacon & Mesquita, 2011).

- **Controlo e Monitorização:** para conseguir identificar *bottle necks* e melhorar a eficiência operacional, há um controlo rigoroso das diversas etapas durante os processos da produção. É, assim, importante que o nível de planeamento seja flexível para que se possa adaptar a mudanças inesperadas (Giacon & Mesquita, 2011).

Assim, verifica-se que o planeamento da produção é algo complexo e que requer uma abordagem integrada em todos os diferentes níveis. Desde o planeamento estratégico até à programação detalhada, cada fase é interdependente e crucial para o sucesso das operações de uma empresa. A implementação eficaz destas metodologias dá mais alguma possibilidade de obter uma produção mais eficiente, com menores custos e clientes mais satisfeitos.

2.4. Gestão de *Stocks* no Fim do Ciclo de Vida de um Produto

O conceito de ciclo de vida de um produto, refere-se às diferentes etapas pelas quais o produto transita ao longo da sua existência, desde a sua conceção até ao fim da sua utilização (Baumann & Rydberg, 2002). A compreensão destas etapas é essencial para se definir estratégias que otimizem o desempenho económico, logístico e ambiental dos produtos, durante o seu ciclo de vida (Chen Y. et al., 2022). Nesta secção, parte-se de uma abordagem mais geral acerca do conceito de ciclo de vida de um produto, com o objetivo de contextualizar o papel da fase de fim do ciclo de vida (*End-of-Life - EoL*), onde se concentram diversos desafios que estão associados à gestão de materiais, ao planeamento e à continuidade de serviço (Terzi S. et al., 2010). A partir dessa base, esta secção acaba por se focar mais especificamente na gestão de *stocks* no *EoL*, analisando os principais obstáculos, estratégias do planeamento e quais as tendências futuras que influenciam esta fase crítica (Ozyoruk E. et al., 2022).

2.4.1. Introdução ao Ciclo de Vida de um Produto

Com a crescente preocupação ambiental e a evolução das exigências operacionais das diversas empresas, a compreensão do ciclo de vida de um produto tornou-se, assim, crucial para avaliar os impactos associados a cada fase do mesmo, desde a sua conceção até ao fim da sua utilização (Baumann & Rydberg, 2002). A adoção de estratégias sustentáveis e integradas ao longo de todo este ciclo, permite também melhorar a eficiência operacional, reduzir desperdícios, controlar custos e apoiar o planeamento logístico (Chen Y. et al., 2022). Com a introdução da economia circular (Pearce & Turner, 1990), a gestão do fim de vida dos produtos passou a ser reconhecida como uma fase crítica, do ponto de vista estratégico, económico e também ambiental, dada a necessidade de se tomarem decisões antecipadas acerca do inventário e aprovisionamento, bem como do serviço técnico de apoio ao cliente (Terzi S. et al., 2010). Deste modo, este segmento aborda a definição do ciclo de vida, a sua evolução e a importância da sua gestão de forma eficaz, com especial foco nos desafios colocados na fase final do produto.

Definição e Etapas do Ciclo de Vida

O ciclo de vida de um produto descreve as fases pelas quais o produto passa, desde a sua produção, até ao seu descarte final. Este conceito é fundamental para a compreensão dos impactos associados a cada etapa do processo produtivo, bem como para a definição de estratégias mais sustentáveis. De acordo com Baumann & Rydberg (2002) essas etapas incluem:

- **Conceção e Design:** aqui ocorre um planeamento inicial, em que se define o propósito, as funcionalidades e que materiais irão compor o produto. Estas decisões têm um impacto direto na durabilidade, reciclabilidade e impacto ambiental, ao longo de todo o ciclo de vida do produto.
- **Produção:** refere-se ao fabrico, montagem e transformação dos diferentes materiais no produto final. Normalmente acaba por estar associada a elevados consumos de energia, custos operacionais e necessidade de uma gestão rigorosa do aprovisionamento dos materiais.
- **Distribuição e Uso:** esta etapa envolve o transporte, a comercialização e a utilização (por parte do consumidor). Os fatores como a durabilidade do produto, a assistência técnica e a eficiência energética são determinantes para esta fase.
- **Fim de Vida:** trata-se do momento em que o produto já não é mais necessário e, por isso, já não se utiliza. Com vista a reduzir o desperdício e a prolongar o valor dos recursos, as opções para o seu tratamento centram-se no descarte, na reciclagem ou no acondicionamento e reutilização.

Cada uma das fases do ciclo de vida de um produto acarreta impactos distintos. No entanto, é no fim desse ciclo que se concentram muitos dos desafios relacionados com a gestão de *stocks*, capacidade de resposta ao cliente e, também, minimização de perdas. Desta forma, uma abordagem bem estruturada ao ciclo de vida de um produto, é essencial para garantir não só a sustentabilidade, mas também a eficiência económica e logística das diversas organizações. (Baumann & Rydberg, 2002)

2.4.2. Processo de Fim do Ciclo de Vida do Produto

A fase de fim do ciclo de vida de um produto inicia-se quando ocorre a decisão de parar a produção e as vendas do produto em questão, ou mesmo quando essa decisão entra em vigor. Nesta etapa, a produção regular do produto decresce significativamente, as vendas de produto novo também diminuem e a quantidade de unidades em uso começa a decrescer, enquanto cessa também o fabrico regular de peças de substituição (Zhang S. et al., 2021). No entanto, os clientes que ainda usufruem do produto, continuam a ter necessidades de assistência dos diversos componentes danificados, o que obriga as empresas a manter um *stock* de peças de substituição ao longo desta fase. A discrepância temporal entre o ciclo de vida do produto e o das suas peças de manutenção é várias vezes referida como “desfasamento do ciclo de vida” (“*life-cycle mismatch*”), uma vez que a procura de peças de substituição acompanha a curva de procura do produto, mas com um ligeiro atraso, devido ao número de unidades que ainda se encontram em funcionamento, tal como se pode observar na Figura 5. (Zhang S. et al., 2021)

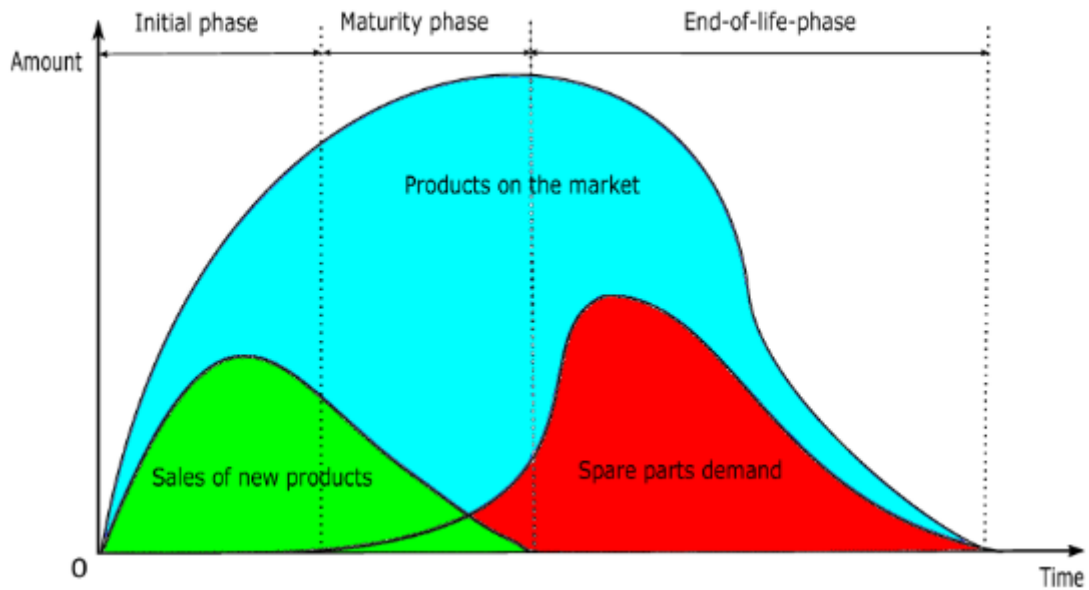


Figura 5 - Venda de novos produtos, procura por peças substitutas e produtos no mercado durante o seu ciclo de vida (Zhang W. et al., 2025)

Durante esta fase, verificam-se diversas dificuldades consideráveis. Geralmente as previsões não conseguem ser muito eficazes, devido a uma procura residual irregular de peças e materiais, muitas vezes de baixo volume (*“slow-moving”*) (Zhang S. et al., 2021). Para além disso, os prazos de assistência ao cliente podem prolongar-se por diversos anos após o encerramento do ciclo produtivo. Um exemplo deste caso, ocorre em setores como o aeronáutico, cujos contratos de serviço estendem-se por cerca de 20 a 30 anos após a venda do equipamento (Pourakbar M., 2011). Durante este extensivo período de serviço, existe bastante incerteza quanto à procura futura, já que esta depende exclusivamente da taxa de falhas dos equipamentos em uso e da velocidade com que os mesmos deixam de ser utilizados (Behfard S. et al., 2015). Como consequência destes problemas, as empresas enfrentam dilemas a nível de *stock* no fim do ciclo de vida dos produtos, já que é necessário manter *stock* suficiente para se conseguirem cumprir as obrigações de serviço e evitar falhas, mas de modo a não se acumular excedentes, uma vez que apresentam uma enorme probabilidade de se tornarem obsoletos e serem descartados (Zhang S. et al., 2021). Graças a estes factos, consegue-se distinguir de forma clara a diferença entre a gestão de *stocks* de produtos em fim do seu ciclo de vida e a gestão durante a fase ativa do produto, já que não ocorre um reabastecimento regular e há uma procura decrescente. (Ozyoruk E. et al., 2022)

2.4.3. Importância da Gestão de *Stock* no Final do Ciclo de Vida

Uma eficiente gestão de *stocks* na fase de fim do ciclo de vida de um produto é crucial para que haja viabilidade económica e para assegurar a reputação das empresas, uma vez que, sobretudo em contextos industriais, onde existem serviços pós-venda e peças de substituição, constituem uma parte relevante para as organizações (Pourakbar M., 2011). Alguns estudos indicam que a venda de peças e serviços pós-venda podem representar uma percentagem significativa da

economia, por exemplo, cerca de 8% do PIB anual dos EUA corresponde ao mercado de peças de substituição e serviços associados, o que ultrapassa o valor anual de muitas indústrias de bens primários (Pourakbar M., 2011). Para as empresas, o mercado de pós-venda oferece lucros de baixo risco ao longo de um elevado período, uma vez que a base instalada de produtos leva a uma procura contínua pela manutenção e peças de reparação para os mesmos (Pourakbar M., 2011). De facto, o chamado “*aftermarket*” tornou-se crucial, pois, em muitos casos, os lucros provenientes de serviços e peças de substituição excedem os das vendas iniciais do próprio produto, o que justifica os elevados investimentos no suporte pós-venda (Pourakbar M., 2011).

Paralelamente, do ponto de vista do cliente, torna-se essencial para a sua satisfação e fidelização, que se assegure a disponibilidade das peças durante toda a vida útil contratual do produto. As organizações geralmente assumem as obrigações do serviço e também os níveis de serviço nos contratos. Um exemplo disto, trata-se da garantia da disponibilidade de peças, bem como os tempos máximos de reparação (Pourakbar M., 2011). A falha do seu cumprimento, seja por rutura de *stock* de peças críticas ou atrasos na assistência, pode culminar com severas penalizações financeiras (Zhang S. et al., 2021). Em setores mais críticos, como a saúde, a defesa ou transportes, a falta de uma peça para reparação pode realmente imobilizar equipamentos que são fundamentais, afetando, assim, operações essenciais. Desta forma, uma gestão adequada do *stock* na fase final de um produto, acaba por ser não apenas uma questão de eficiência, mas também qualidade de serviço e gestão de risco operacional (Pourakbar M., 2011).

De forma resumida, a gestão de *stocks* de materiais *EoL* é determinante para que haja o equilíbrio de dois grandes objetivos: minimizar os custos de inventário e obsolescência e, por outro lado, assegurar a continuidade do serviço pós-venda aos clientes (Zhang S. et al., 2021). A importância deste equilíbrio é enfatizada em alguns exemplos da indústria: no caso da HP, por exemplo, a empresa sofreu custos elevadíssimos graças a quantidades absurdas de inventário obsoleto, devido ao fecho de ciclos de vida mal planeados (Ozyoruk E. et al., 2022). Estas perdas por obsolescência impactam diretamente, de forma negativa, os resultados financeiros, o que demonstra que uma estratégia inadequada de gestão de *stock* pode anular os benefícios esperados do mercado de pós-venda. Por outro lado, uma falta de *stock* de alguma peça de substituição, que seja fulcral, pode obrigar a indemnizações a clientes ou até mesmo à perda de contratos futuros, o que também afeta negativamente a parte financeira das empresas (Zhang S. et al., 2021). Desde modo, verifica-se que a gestão criteriosa do *stock* na fase final, não só é aconselhável, como também é imprescindível para o sucesso a longo prazo, tanto a nível financeiro, como de satisfação do cliente. (Ozyoruk E. et al., 2022)

2.4.4. Impactos Financeiros: Custos de Excesso e Obsolescência e Custos de Rutura

Os impactos financeiros da gestão de *stock* em fim de vida manifestam-se principalmente sobre dois pontos: os custos associados a excedentes e os custos associados à rutura de *stock*. No primeiro caso, encomendar *stock* em quantidades superiores às que são necessárias, de forma a cobrir toda a procura residual, pode resultar em quantidades de material que acabarão por não ser utilizados (Zhang S. et al., 2021). Esse tipo de excessos implica que haja custos de posse

prolongados, o que imobiliza capital ao longo dos anos, e, conseqüentemente, cria custos de descarte ou desvalorização, quando os materiais excedentes são descontinuados ou têm de ser vendidos a preço de saldo. Estes custos de obsolescência podem representar uma parcela significativa dos custos logísticos relacionados com os *stocks* e são frequentemente mencionados como parte do custo total de posse (*Total Cost of Ownership - TCO*) de um produto. (Zhang S. et al., 2021)

Por outro lado, se não houver esse cuidado e forem realizadas encomendas que acabam por ser insuficientes, correm-se riscos igualmente graves. Se a última compra (*Last Time Buy - LTB*) não cobrir a procura necessária do tempo de serviço em questão, ocorre rutura de *stock* dos materiais, antes do final das obrigações contratuais (Zhang S. et al., 2021). Assim, surgem diversas conseqüências, tais como a incapacidade de cumprimento de reparações ou manutenções, penalizações monetárias, abalo na confiança dos clientes e potenciais perdas de lucro futuros (devido a clientes que migram para concorrentes ou por não se renovarem contratos). Em setores críticos, uma falha no fornecimento de peças pode até implicar sanções legais ou a necessidade de intervenções de elevado custo. Deste modo, a decisão acerca do *stock* final representa, essencialmente, um problema de gestão entre os custos de excedentes e custos de escassez de material. (Zhang S. et al., 2021)

Devido à incerteza da procura futura, torna-se, assim, complexo encontrar o ponto ótimo entre estes dois tipos de custos. A variabilidade da procura de peças de substituição durante o *EoL* é elevada e difícil de prever, pois depende de padrões de falhas, que são aleatórias, e do ritmo de desativação/descontinuação dos produtos (Behfard S. et al., 2015). As empresas têm de estimar não só o volume total de peças necessárias até ao final do período de serviço técnico, como também considerar cenários em que ocorrem variações significativas (por exemplo, taxas de falha superiores às previstas). Para conseguir ultrapassar estas incertezas, recorre-se frequentemente a análises de cenários ou mesmo modelos probabilísticos, de forma a estimar a distribuição da procura total e, deste modo, determinar um nível de *stock* final que minimize os custos (Zhang S. et al., 2021).

É importante salientar que, para além dos custos diretos, o impacto financeiro do *stock* de fim de vida não se limita ao balanço final entre excedentes e escassez. A imobilização de capital em inventário durante diversos anos acarreta um custo de oportunidade, já que os recursos que poderiam estar a ser investidos noutra parte, acabam por ficar retidos e com uma rotação muito baixa (Ozyoruk E. et al., 2022). Para além disso, existem custos administrativos e operacionais relativos à gestão desse *stock* (custos pela gestão de armazém, seguros e auditorias). Acrescenta-se também a isso um potencial *downgrade* tecnológico, especialmente em componentes eletrónicos, havendo a possível diminuição do valor de mercado dos materiais com o passar do tempo, o que torna qualquer tentativa de revenda de excessos numa fração pequena do custo original. De forma resumida, os impactos financeiros reforçam a importância de uma abordagem cautelosa e metódica nas decisões relacionadas com os *stocks* de *EoL*, de forma a procurar um equilíbrio entre o custo de excedentes e o custo de escassez. (Zhang S. et al., 2021)

2.4.5. Integração com Sistemas ERP e Ferramentas de Planeamento

A gestão eficaz de *stocks* no final do ciclo de vida, exige que exista informação integrada e processos bem coordenados, em que os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) desempenham um papel fulcral. Os sistemas ERP integram dados de diversas áreas, como registos de inventário, histórico de vendas, consumos, até informações de fornecedores e contratos de serviço. Idealmente, suportam a tomada de decisão sobre quando e quanto se deve aprovisionar, mesmo para cenários de descontinuação de produto (Bazerghi & Mieghem, 2022). Ao integrar a gestão de fim de vida no ERP, significa que mal se coloca um produto para descontinuação, o sistema consegue acionar *workflows* específicos, como por exemplo, de emissão de notificação de LTB aos responsáveis de *procurement*, bloqueio de ordens normais de produção e ativação de parâmetros especiais de planeamento, para as peças exclusivas desse produto (Bazerghi & Mieghem, 2022).

Na prática, muitos ERP modernos (como SAP, Oracle, entre outros) fornecem funcionalidades para gerir os materiais obsoletos ou em fase de saída da linha produtiva. Por exemplo, é comum existir um campo de “status de ciclo de vida” no registo do material, podendo assumir valores como “ativo”, “fase de saída” ou “obsoleto”. Quando um material passa para a “fase de saída”, o ERP consegue gerar relatórios de fim de vida, o que permite identificar todos os produtos finais que utilizam esse material, as quantidades em *stock* e até pode sugerir ações como a transferência de *stock* remanescente para outras utilizações, ou a realizar uma LTB antes que o fornecedor cesse as entregas. Alguns sistemas especializados, ou módulos complementares de ERP, permitem a gestão de componentes com aviso de obsolescência: por exemplo, no caso de componentes eletrónicos, quando o fabricante emite um PCN (*Product Change Notice*), que indica o fim da produção, o sistema consegue sinalizar os componentes afetados na lista de materiais (BOM) dos produtos da empresa e inicia os cálculos de LTB para cada um deles (IHS Technology, 2015).

Ainda assim, a literatura indica que os sistemas ERP genéricos possuem limitações quando é necessário planejar as necessidades de peças de substituição de uma forma otimizada a longo prazo. As ferramentas ERP tradicionais focam-se em requisitos de produção e abastecimento durante o ciclo ativo do produto, e muitas vezes não contemplam funcionalidades avançadas para um período pós-venda que seja prolongado (Stadtler H., 2005). Um exemplo de um caso, trata-se do fator de substituíbilidade das peças, ou seja, durante o ciclo de vida, a existência de novas versões de alguns componentes podem substituir versões antigas. O problema desses casos é que, por vezes, os ERP's típicos nem sempre conseguem tratar automaticamente das substituições complexas ao longo do tempo, o que se trata de algo crítico na fase de *EoL* se existirem peças equivalentes (Stadtler H., 2005). Outra limitação indicada, trata-se da gestão de reparações e devoluções. No serviço pós-venda, uma parte da procura pode ser satisfeita através da reparação de peças que estejam avariadas, as quais foram retornadas pelos clientes, o que cria ciclos logísticos de devoluções e reentradas em *stock*. Sistemas ERP tradicionais não apresentam funcionalidades robustas que consigam prever e planejar esse tipo de fluxos (por exemplo, prever quantas unidades voltam para reparação, qual será a taxa de recuperação,

entre outros), o que exige que ocorra uma extração manual dos dados e um posterior tratamento dos mesmos, por parte de um planeador (Stadtler H., 2005).

Por outro lado, a disponibilidade de dados históricos no sistema *ERP* é um ativo valioso para a previsão e planeamento do fim de vida (Zhang S. et al., 2021). Os dados de falhas de componentes, os históricos de intervenções de carácter técnico e os consumos de peças por parte dos serviços de reparação, todos estes armazenados no sistema, ao longo da vida do produto, são matéria-prima fundamental para realizar as previsões (Stadtler H., 2005). De acordo com Pinçe Ç. et al. (2021), diversos métodos de previsão da procura intermitente de peças, podem e devem ser automatizados pela utilização dos próprios dados já presentes nos sistemas *ERP*, o que evita esforços adicionais durante o processo da recolha de dados. Tal como se sucede em padrões de consumo irregulares registados no *ERP*, estes podem servir de base para modelos estatísticos que conseguem refletir a natureza esporádica da procura (Pinçe Ç. et al., 2021). Para além disso, o *ERP* facilita a integração entre a previsão e a gestão de *stock*, já que os métodos de previsão podem ser configurados para atualizar os parâmetros de *stock* diretamente no módulo de gestão de inventário do *ERP* (Stadtler H., 2005). De forma mais resumida, a integração de um sistema *ERP* proporciona maior visibilidade e controlo sobre o processo de fim de vida. No entanto, pode necessitar de alguns complementos ou adaptações para conseguir ultrapassar as particularidades da gestão de *stocks* de materiais neste contexto. A customização de relatórios e parâmetros no *ERP* são práticas comuns utilizadas para colmatar essas lacunas e assegurar que a fase final do ciclo de vida seja gerida de forma tão rigorosa e informada como as fases iniciais (Stadtler H., 2005).

2.4.6. Previsão da Procura Residual e Métodos de *Forecast*

Prever a procura residual de um produto, ou seja, a procura por peças e materiais após ocorrer a descontinuação do produto principal, é notoriamente mais difícil devido ao carácter intermitente e decrescente dessa mesma procura. A procura por peças de substituição, ao contrário da procura por produtos novos, é desencadeada por falhas aleatórias e pela dimensão da base instalada em utilização. Como resultado, ocorrem em procuras esporádicas, irregulares e muitas das vezes com longos intervalos entre requisições (Zhang S. et al., 2021). Este tipo de série temporal é conhecido como “procura intermitente ou errática” e é caracterizada por muitos períodos sem vendas, seguidos, ocasionalmente, por picos de consumo. Na literatura de gestão de operações, desenvolveram-se vários métodos de previsão, especificamente para lidar com esta procura intermitente de peças de substituição, já que os métodos tradicionais de média móvel ou exponencial simples tendem a subestimar a variabilidade e a produzir erros significativos nesse tipo de casos (Zhang S. et al., 2021).

Entre os métodos clássicos, destaca-se o método de *Croston*, proposto na década de 1970, que se tornou bastante usual e recorrente para este tipo de situação. Este método atualiza a previsão apenas quando ocorre uma procura, estimando de forma separada a quantidade média solicitada e o intervalo médio entre ocorrências. (Xu Q. et al., 2012). Algumas variantes e melhorias propostas para este método, incluem a aproximação de *Syntetos-Boylan*, que ajusta os resultados do método original de forma a melhorar a precisão em padrões de procura

esporádica (Zhang S. et al., 2021). Outras abordagens normalmente utilizadas incluem métodos como a suavização exponencial aplicada a séries intermitentes, métodos de *bootstrapping* (que geram possíveis cenários de procura) e abordagens de aprendizagem automática, que identificam padrões complexos (Zhang S. et al., 2021). Importa realçar que, conforme indicado por Zhang et al. (2021), a eficácia de um modelo de previsão da procura residual, deve ser avaliada não apenas por métricas estatísticas de erro, mas também pelo seu impacto na gestão do *stock*, como por exemplo, o facto de que a previsão influencia o nível de serviço ou os custos totais do inventário (Zhang S. et al., 2021). Isto porque uma previsão pode ter aparentemente um erro médio baixo, mas, no caso de não se captar adequadamente os picos esporádicos de procura, poderão ocorrer ruturas de *stock* indesejadas. Desta forma, os modelos de *forecast* devem ser integrados ao processo de gestão de inventário, de modo a que as suas limitações e incertezas sejam compensadas com políticas de *stock* (Zhang S. et al., 2021).

Uma técnica inovadora para a previsão da procura de um produto em fim do ciclo de vida centra-se em dados de fiabilidade (como taxas de falha ou tempo médio entre avarias) e na base instalada do produto, ou seja, no número de unidades ainda em funcionamento junto dos clientes (Zhang S. et al., 2021). Esta abordagem permite estimar com maior precisão as necessidades futuras de peças de substituição ou assistência técnica. Em vez de se basear em séries temporais de consumo passado, esta abordagem recorre a modelos de fiabilidade (como distribuições de tempo até à falha, *Weibull* ou exponencial) para prever quantas falhas (e, portanto, procura por peças) ocorrerão no futuro, de acordo com o número de unidades em uso e a idade das mesmas. Uma vez que as unidades em funcionamento vão decrescendo ao longo do tempo, este método acaba por requerer que se façam algumas estimativas acerca da taxa de sucata, para não falar da taxa de falhas (Zhang S. et al., 2021). Os modelos deste género conseguem captar, de melhor forma, o declínio que ocorre a nível da procura residual, sobretudo se houverem dados passados acerca do comportamento dos clientes no fim do ciclo de vida útil dos produtos. O *life-cycle mismatch*, mencionado anteriormente, sugere esta abordagem, uma vez que a procura de peças está diretamente relacionada aos equipamentos em uso, e ao acompanhar a sua evolução (nomeadamente as entradas e as saídas de operação) e aplicar modelos baseados em falhas, pode constituir uma estratégia eficiente e eficaz para uma melhor previsão da procura (Zhang S. et al., 2021).

Geralmente, um desafio que surge é a escassez de dados antigos relacionados com o fim do ciclo de vida. Muitas vezes, o produto ao entrar em *EoL* possui poucos registos históricos acerca do consumo de peças. Para além disso, se ocorrerem modificações do projeto ou da qualidade durante a vida do produto, as taxas de falha futuras podem acabar por ser diferentes das do passado. Nesses casos, algumas técnicas como a análise por analogia (utilizar produtos semelhantes que já passaram pelo seu fim de vida e utilizar os seus períodos de procura como referência) ou a incorporação do conhecimento de especialistas de engenharia, de forma a complementarem os modelos quantitativos. A literatura mais recente também explora métodos de *Big Data* e técnicas de previsão avançada, utilizando, por exemplo, dados de sensores *IoT* em equipamentos para antecipar falhas (Zhang S. et al., 2021).

Concluindo, a previsão da procura residual é fulcral para a gestão de *stocks* em fim do ciclo de vida, já que é desta que derivam as decisões das quantidades a encomendar pela última vez e a forma como se devem dimensionar os *stocks* de segurança. Os métodos especializados como *Croston* e os seus derivados têm demonstrado ser úteis para capturar a natureza intermitente da procura (Zhang S. et al., 2021). Contudo, nenhum método elimina completamente a incerteza. Desta forma, as empresas geralmente incorporam margens de segurança nos cálculos ou adotam estratégias mais flexíveis. A chave está em combinar previsão com uma gestão ativa, usando as previsões como guia, mas fazendo a monitorização contínua do consumo real durante o *EoL*, de forma a ajustar as táticas de abordagem conforme seja necessário (Zhang S. et al., 2021).

2.4.7. Estratégias de Aprovisionamento e Gestão de *Stock* em *EoL*

Perante estes desafios, já anteriormente mencionados, as empresas têm à sua disposição diferentes estratégias de aprovisionamento e controlo do *stock* na fase de fim do ciclo de vida dos produtos, as quais podem ser combinadas de acordo com a natureza do produto e também de acordo com a procura. Uma escolha estratégica importante passa por optar entre uma encomenda final única ou diversas encomendas distribuídas ao longo do *EoL* (Zhang S. et al., 2021). Em muitos casos práticos, impõe-se uma decisão de uma *LTB* única, ou devido ao fornecedor do componente, que anuncia uma última oportunidade de compra, ou então porque manter a linha de produção aberta apenas para pequenos lotes futuros não seria algo eficiente. Neste cenário, a empresa deve calcular uma única quantidade final que será adquirida quando a produção cessa, e que servirá para todo o período do serviço de suporte futuro (Zhang S. et al., 2021). Este problema tem sido abordado na literatura através de extensões dos modelos clássicos de inventário: para situações de procura determinística decrescente, existem variações do modelo *EOQ* (*Economic Order Quantity*) que permitem calcular os lotes considerados ótimos e quais os momentos ideais para se realizarem as encomendas, ao longo do período de declínio da procura (Ozyoruk E. et al., 2022). Neste tipo de situações de procura incerta e intermitente, é comum recorrer-se à formulação de um modelo do tipo *newsvendor* (modelo utilizado para determinar a quantidade ótima a encomendar quando a procura é incerta) com um horizonte temporal finito (já que a procura termina ao final de algum tempo), em que a variável aleatória de interesse trata-se da procura total acumulada durante o *EOL*. Com base na distribuição total dessa procura (estimada através de métodos de previsão), determina-se o lote final ótimo que minimiza os custos esperados (Zhang S. et al., 2021).

Uma limitação dos modelos de encomenda única é o facto de esta ser bastante rígida, face à incerteza existente, já que, após a encomenda final ter sido feita, não existe qualquer retorno e qualquer erro que poderá ter ocorrido durante a previsão, poderá traduzir-se diretamente em *stock* excedente ou escassez do mesmo (Ozyoruk E. et al., 2022). Desta forma, alguns autores exploraram a possibilidade de ocorrerem encomendas múltiplas ou até mesmo escalonadas, durante a fase de *EoL*. Por exemplo, Inderfurth & Mukherjee (2008) propuseram políticas em que, em vez de se ter apenas uma encomenda no início do *EoL*, a empresa poderia fazer várias encomendas de menor tamanho ao longo do tempo, caso o fornecedor ou um substituto permitam prolongar o abastecimento. Esta flexibilidade, semelhante a ter pontos de

reabastecimento previamente definidos, permite incorporar a informação recolhida acerca da procura real nos primeiros anos de *EoL*, para ajustar mais eficazmente as encomendas subsequentes (Ozyoruk E. et al., 2022). Os resultados desta prática indicam que, sempre que viável, a possibilidade de realizar várias encomendas contribui para a redução do risco de excesso de *stock*, sobretudo quando os custos fixos associados ao aprovisionamento não são demasiado elevados (Ozyoruk E. et al., 2022). No entanto, este tipo de estratégia pode enfrentar algumas limitações, como, por exemplo, o cessar total da produção por parte dos fornecedores, o que força as empresas a aprovisionar todo o material de uma só vez. Desta forma, foram também surgindo algumas estratégias “híbridas” em que se combina um grande lote final com abastecimentos residuais através de fontes alternativas (por exemplo, terceiros que ainda tenham *stock*, ou produção remanescente sob acordo especial) (Ozyoruk E. et al., 2022). De forma geral, a literatura indica que quando há flexibilidade no aprovisionamento, é bastante vantajoso tentar adiar as decisões e repartir as encomendas ao longo do tempo. Um exemplo disso, será permitir um “momento ótimo” para parar o aprovisionamento, a partir do qual se decide cessar as encomendas (Ozyoruk E. et al., 2022). Contudo, mesmo estas abordagens reconhecem que os ganhos adicionais tendem a ser também limitados, no caso de os custos fixos das encomendas repetidas serem significativos, ou se o prazo de encerramento da produção for muito curto (Ozyoruk E. et al., 2022). Desta forma, na maioria dos casos práticos, a realização de apenas uma encomenda final única continua a ser usual, devendo-se, então, recorrer a outras medidas para tentar enfrentar esta incerteza, conforme se discute a seguir.

Uma vez determinado o *stock* final necessário, torna-se crucial gerir esse *stock* ao longo dos restantes anos de serviço. Uma prática recomendada trata-se do ajuste da política de inventário durante o *EoL*, por exemplo, passar da utilização de políticas de revisão contínua (adequadas na fase de maturidade) para políticas de revisão periódica do *stock* (Zhang S. et al., 2021). Isto ocorre, pois, com a procura mais esporádica, a verificação e o ajuste do *stock* em intervalos definidos pode ser suficiente e, em muitos casos, até mais eficiente. Para além disso, caso existam diversos locais de armazenamento (como alguns armazéns regionais ou centros de serviço), as empresas podem optar por uma centralização gradual do *stock*, à medida que a procura vai diminuindo. Ou seja, em vez de se manter quantidades pequenas distribuídas por vários armazéns (o que aumenta o risco de ocorrerem algumas ruturas localizadas), recolhe-se o *stock* remanescente para menores locais ou, então, para um armazém central. Esta abordagem permite uma partilha mais eficaz entre diferentes regiões, beneficiando do chamado efeito de *pooling* (centralização de recursos dispersos) (Pourakbar M., 2011). Esta centralização beneficia da partilha da procura entre regiões, uma vez que, quando as procuras regionais não estão perfeitamente relacionadas, um armazém central (*pool* de *stock*) requer um menor *stock* de segurança para atingir o mesmo nível de serviço global (Pourakbar M., 2011). Naturalmente, esta estratégia implica considerar tempos adicionais de expedição, já que, ao centralizar o *stock*, uma região que necessite de peças, poderá ter de aguardar que o seu envio seja feito a partir de outra localização. No entanto, estando em *EoL*, considera-se esta troca vantajosa, uma vez que as urgências relativas a este tipo de peça tendem a ser muito menos frequentes (Pourakbar M., 2011). De facto, a literatura acerca da logística das peças de

substituição destaca o potencial do *pooling* para a redução dos níveis de inventário. No entanto, salienta-se que esses ganhos também implicam possíveis atrasos na resposta e custos logísticos mais elevados. Desta forma, fica essencial que cada organização avalie cuidadosamente qual será o ponto ótimo de consolidação do *stock* de produtos *EoL*, fazendo com que haja o equilíbrio entre a disponibilidade imediata a nível local e a eficiência agregada do sistema logístico (Pourakbar M., 2011).

Para além disto, uma outra dimensão estratégica relevante, consiste em diferenciar a gestão entre materiais que são exclusivos apenas de um certo produto (materiais exclusivos) e materiais que fazem parte da composição de vários produtos (materiais comuns). Os materiais exclusivos, acarretam todo o peso do risco de obsolescência quando o produto, do qual fazem parte, entra em *EoL*. No caso dos comuns, estes oferecem uma maior flexibilidade, já que qualquer *stock* remanescente que exista, pode ser reutilizado ou redistribuído para apoiar os outros produtos que ainda estão ativos em produção (Ozyoruk E. et al., 2022). Assim, durante o planeamento do fim do ciclo de vida de um produto, numa fase inicial, é recomendável identificar quais são os materiais exclusivos do mesmo e dedicar-lhes alguma atenção particular, quer através da negociação de possíveis devoluções aos fornecedores, de limitações na última encomenda (*LTB*) ou mesmo através da procura por diferentes alternativas viáveis (Ozyoruk E. et al., 2022). Com os materiais comuns, é possível adotar uma abordagem mais conservadora, como, por exemplo, manter o *stock* remanescente para consumo progressivo noutras linhas produtivas. A tentativa de padronizar os componentes ao nível do design do produto, permite que as organizações sofram menos com a obsolescência, já que o fim do produto não inutilizará totalmente os produtos remanescentes (Menezes M. et al., 2016). Este princípio tem feito com que muitas organizações envolvam as suas equipas de engenharia de produto cada vez mais nesta gestão da fase de *EoL*, com o objetivo de tentar explorar possibilidades de adaptar os produtos substitutos para reutilizar peças já existentes ou, de forma inversa, realizar pequenas alterações na versão final do produto descontinuado, de forma a incorporar mais materiais comuns e, desta forma, reduzir a acumulação de *stock* exclusivo (Mozart B.C. Menezes et al., 2016).

2.4.8. Gestão em Cadeias de Abastecimento Complexas e Multinível

Atualmente, em ambiente industrial, muito dificilmente ocorre a gestão de *stocks* de produtos em fim de vida de forma isolada. Esta insere-se, maioritariamente, em cadeias de abastecimento complexas e frequentemente multinível, o que adiciona mais considerações e complexidade às tomadas de decisão. Uma cadeia multinível (*multi-echelon*) caracteriza-se por vários níveis de armazenamento e distribuição, como por exemplo, um centro de distribuição central que abastece vários armazéns regionais, os quais, por sua vez, acabam por abastecer algum centro de reparação/assistência técnica (oficinas), ou até os próprios clientes finais (Zhang S. et al., 2021). Gerir o *EoL* neste tipo de cadeia implica decidir onde colocar o *stock* final e como se deve coordenar os fluxos entre os diferentes níveis da cadeia. Como já foi referido anteriormente, à medida que a procura diminui, é comum optar pela centralização do *stock* em locais mais elevados da cadeia logística (consolidação de *stock* em níveis superiores), como por exemplo o centro de distribuição principal, em vez de o manter distribuído por diversos pontos,

mais próximos do cliente final. De acordo com Zhang S. et al. (2021), alguns estudos demonstram que a maior parte dos modelos académicos de gestão de *stock* em fim do ciclo de vida, consideram apenas cenários de um único nível, com foco num armazém central. Contudo, na prática, os sistemas *multi-echelon* são bastante mais frequentes, essencialmente no caso dos fabricantes originais (*OEM*), que prestam um suporte global aos seus produtos (ou então para terceiros que fazem a gestão de peças de substituição). Esta discrepância que existe entre a literatura e a realidade prática permite que se destaquem algumas oportunidades de melhoria no planeamento e na otimização do *EoL* de um produto, nomeadamente, o desenvolvimento de políticas mais eficientes e eficazes de redistribuição de *stock* entre os armazéns, ou a incorporação de *transhipments* (transferência de *stock* entre armazéns do mesmo nível), de forma a diminuir as procuras localizadas, sem que se aumente o *stock* total (Zhang S. et al., 2021). Diversos estudos salientam que a transição para este tipo de estruturas mais centralizadas no fim de vida dos produtos, acaba por ser consideravelmente mais benéfica. No entanto, poucas são as ferramentas que abordam quando e como se deve efetuar a transição durante o *EoL* (Zhang S. et al., 2021).

Para além disso, em cadeias de abastecimento globais, é importante ter em consideração os diferentes padrões regionais de fim do ciclo de vida. Por exemplo, um produto pode ser descontinuado em mercados mais desenvolvidos e, ao mesmo tempo, continuar a ser comercializado ou suportado por um período mais alargado em mercados que sejam emergentes. Nestas circunstâncias, as políticas da gestão de *stock* em fim de vida não podem ser sincronizadas a nível global, uma vez que certas subsidiárias poderão já estar na fase de *EoL*, enquanto outras ainda se encontram na fase de maturidade (Ozyoruk E. et al., 2022). Importa ainda referir que a coordenação desses desfasamentos é complexa e acrescenta um desafio acrescido, já que poderá implicar a transferência de excedentes de regiões que já se encontram em declínio, para outras que ainda tenham procuras, ou até mesmo planear as *LTB's*. Questões relacionadas com regulamentações, acabam por entrar igualmente na equação. Assim, verifica-se que a gestão do fim de ciclo de vida de um produto em cadeias multinível requer um planeamento em que haja a colaboração de todos os intervenientes (geralmente suportados por funcionalidades *ERP* que permitem a consulta de *stocks* e necessidades das organizações). (Ozyoruk E. et al., 2022)

A integração de fluxos inversos é, por outro lado, outra característica das cadeias de abastecimento mais complexas. À medida que a procura residual diminui, as empresas podem obter os materiais através de devoluções ou terceiros. Graças a recondiçionamentos e à reutilização, os produtos provenientes dos clientes ou retirados de serviço, podem ser desmontados, de forma a recuperar os componentes que ainda sejam úteis. Deste modo, permite-se que haja a reintegração desses materiais na cadeia de abastecimento (Behfard S. et al., 2015).

De igual modo, para o caso dos fornecedores externos cuja especialidade é tratar peças obsoletas, estes podem funcionar como um nível alternativo na cadeia de abastecimento, através da aquisição de excedentes de diversas empresas e posterior venda, quando há escassez dos mesmos no mercado (Behfard S. et al., 2015). A gestão destas fontes é uma tarefa

desafiante, no entanto, verifica-se ser necessária para as cadeias de abastecimento de alta complexidade. Na literatura são estudados alguns casos e estratégias. Um exemplo disso é retratado por Behfard et al. (2015), que identificam cinco abordagens complementares à encomenda final, utilizadas por *OEM* para assegurar os fornecimentos durante a fase de *EoL*:

- **Reparação de peças devolvidas:** ocorre o recondicionamento de peças que já não cumprem a sua função, devolvidas pelos clientes, colocando-as novamente como peças funcionais (*ready-for-use*).
- **“Canibalização” de sistemas desativados:** ocorre através da desmontagem de produtos, ao recuperar componentes que ainda consigam cumprir a sua função.
- **Compra de peças em segunda mão:** de forma a suprimir necessidades, faz-se a aquisição de peças usadas.
- **Substituição por peças compatíveis:** utilizar uma versão alternativa que cumpra a mesma função da peça obsoleta.
- **Atualização do produto:** implementar modificações a nível da engenharia da peça, de forma a não ficar dependente na peça em causa (através, por exemplo, da utilização de componentes alternativos).

Este tipo de estratégias permite que haja uma maior flexibilidade na gestão do fim do ciclo de vida de um produto, uma vez que permitem que se altere, ou até mesmo, se adie, uma encomenda final única de grandes dimensões. Por exemplo, com a reutilização de peças anteriormente danificadas, mas posteriormente reparadas, as empresas conseguem reduzir as suas necessidades e não necessitam de manter um volume tão elevado de peças em *stock* (Behfard S. et al., 2015).

Todavia, é pertinente referir que a combinação de várias destas estratégias exige que haja uma coordenação cuidada e também da existência de ferramentas e modelos de apoio às diferentes decisões que considerem os *trade-offs* entre elas. Behfard et al. (2015) destacam também, que muitas das vezes as organizações carecem dos modelos de apoio à decisão, essenciais para determinar o melhor equilíbrio possível entre a encomenda de material e a cinco abordagens complementares à encomenda (referidas anteriormente).

De facto, surge um tema que ainda falta explorar: algoritmos de otimização que, por exemplo, calculem simultaneamente a quantidade económica de encomenda (*EOQ*) e as reparações necessárias ao longo do tempo, com vista à minimização dos custos totais (Behfard S. et al., 2015). Alguns autores estudaram decisões acerca do fim de vida de produtos. No caso de Pourakbar M. (2011), estudou as decisões de fim do ciclo de vida de produtos eletrónicos de consumo, combinando a produção de peças com a possibilidade de haver a substituição das mesmas por modelos novos. Kleber R. et al. (2011) exploraram políticas de *buy-back* de produtos usados anteriormente, para a obtenção de peças. Ozyoruk E. et al. (2022) discutiram cenários em que não ocorria uma encomenda final, mas sim a utilização exclusiva de fontes alternativas.

Por fim, é importante destacar que a gestão de fim do ciclo de vida de produtos em cadeias de abastecimento complexas, deve estar alinhada com as estratégias a longo prazo das empresas (*long-term goals*), nomeadamente naquilo que diz respeito à sustentabilidade (a reutilização de materiais e a otimização do *stock* em *EoL* contribuem para a redução de desperdícios e a maximização do reaproveitamento) e à relação com os fornecedores (a forma como as organizações gerem o *EoL* dos produtos influencia as suas parcerias, uma vez que alguns fornecedores disponibilizam a extensão da vida útil de certos materiais e outros assumem as recolhas dos excedentes). Um planeamento conjunto, aliado a uma comunicação transparente, permitem que se melhore substancialmente os resultados (Mansik H. et al., 2018).

Concluindo, a gestão de *stocks* no fim do ciclo de vida, em cadeias de abastecimento, exige maior foco, que vá para além de um mero cálculo das quantidades finais de *stock*, uma vez que é necessário integrar decisões acerca da localização do mesmo, fontes alternativas para o fornecimento do material e a coordenação entre os diferentes intervenientes (Zhang S. et al., 2021). Práticas de gestão eficientes combinam um planeamento rigoroso com flexibilidade operacional e uma colaboração eficaz entre os diferentes departamentos internos, bem como com os parceiros externos. Perante a crescente complexidade dos diferentes produtos e das cadeias de abastecimento globais, este realmente continuará a ser um tópico bastante relevante, que oferece espaço para o desenvolvimento de novas e inovadoras tecnologias, capazes de apoiar as organizações na gestão eficiente e sustentável do encerramento do ciclo de vida dos seus produtos (Zhang S. et al., 2021).

2.4.9. Tendências Futuras na Gestão de Produtos em Fim do Ciclo de Vida

No seguimento da análise previamente feita, consegue-se identificar um conjunto de tendências futuras que apontam para uma gestão dos produtos em fim do seu ciclo de vida, cada vez mais eficaz, eficiente e colaborativa. Estas tendências combinam as estratégias operacionais e logísticas com os novos avanços tecnológicos, e estão progressivamente mais orientadas para a sustentabilidade, bem como para a redução de custos. Destas destacam-se:

- **Integração da logística *EoL* nos sistemas *ERP*:** faz-se através de módulos que conseguem mostrar automaticamente quais são os produtos que vão entrar em *EoL*, ajustando os parâmetros necessários do planeamento e evitando que se façam aquisições desnecessárias (Zhang S. et al., 2021).
- **Previsão avançada da procura residual:** com recurso a modelos estatísticos e algoritmos de *machine learning* treinados com dados operacionais (como falhas, número de utilizações, manutenções, entre outros) de forma a melhorar a definição do volume necessário de material a manter em *stock* (Ozyoruk E. et al., 2022).
- **Alinhamento estratégico do planeamento com parceiros externos:** há a partilha das previsões da procura e de *LTB* com os fornecedores e distribuidoras, para promover uma gestão mais integrada e flexível do *stock* (Behfard S. et al., 2015).
- **Reforços de estratégias alternativas à *LTB*:** através da reparação de peças devolvidas, “canibalização” de sistemas desativados, compra de peças em segunda mão,

substituição por peças compatíveis e atualizações da engenharia do produto (Behfard S. et al., 2015).

- **Consolidação logística e redistribuição multinível:** dá-se com a centralização do *stock* remanescente nos armazéns centrais e através da adoção de mecanismos de redistribuição (*transshipment*) para se conseguir manter a produção com o menor inventário possível. (Menezes M. et al., 2016).

Assim, revela-se que ocorre uma mudança de paradigma, já que se passa de uma abordagem mais reativa e bastante orientada para o descarte, para uma gestão mais estratégica, suportada por dados e tecnologias avançadas, capaz de prolongar o valor dos recursos, e reduzir e reforçar a fiabilidade do serviço pós-venda.

3. Métodos e Aplicação

Neste capítulo é feita uma análise inicial da empresa, em que se identifica e expõe os problemas com que esta se depara, evidenciando aquele que será alvo de estudo. De seguida, descreve-se a metodologia desenvolvida para a resolução do referido problema.

3.1. Análise da Situação Inicial da Empresa

Inicialmente, procedeu-se à análise da documentação interna da empresa, com a finalidade de compreender a sua abordagem atual em relação ao fim do ciclo de vida dos produtos. Deste modo, foi possível identificar os processos atualmente em vigor, bem como perceber algumas lacunas e limitações nos mesmos, que justificam uma reflexão crítica e também propostas de melhoria.

3.1.1. Plano de Descontinuação

A partir do acesso à plataforma *BIC CLOUD*, foi possível obter três mapas de processo, que representam as fases de início, desenvolvimento e implementação do plano de descontinuação. Estes mapas são intitulados de “*M05.06.01 Initiate Phase-Out Plan*”, “*M05.06.02 Develop a Phase-Out Plan*” e “*M05.06.03 Implement Phase-Out Plan*”, respetivamente e, na mesma correspondência, encontram-se no Anexo A.

Segue-se uma descrição estruturada destes documentos, que sintetiza as diferentes fases do plano de descontinuação da empresa:

M05.06.01 Initiate Phase-Out Plan:

Tem como objetivo principal dar o início formal do processo, estruturando quais serão as primeiras decisões a tomar, bem como quais os responsáveis de cada setor e as áreas afetadas. Para tal, inicia-se com as seguintes etapas:

- **Identificar os produtos a descontinuar:** o *Product Manager* determina quais são os produtos que se deve descontinuar, bem como as áreas da empresa que serão afetadas, iniciando, assim, o processo.
- **Criar um plano de descontinuação na plataforma *Confluence*:** esta página funcionará como um repositório central de documentação, em que se insere dados importantes

como um resumo do produto, a razão para se descontinuar, datas críticas (fim de vida, fim de serviço de suporte técnico (CC)), impacto nos clientes e possíveis alternativas do produto.

- **Definir os *stakeholders* envolvidos:** estabelecem-se os parceiros de trabalho entre LCP e LCW.
- **Elaborar um plano inicial de *phase-out*:** é preparado um rascunho do plano, com apoio dos planeadores, em que se incluem as estimativas iniciais sobre os fluxos a nível da logística e os prazos envolvidos no processo.
- **Briefing do plano:** todas as equipas são informadas e alinhadas acerca do processo, fechando-se, assim, a fase da iniciação.

M05.06.02 Develop a Phase-Out Plan:

Este plano tem como propósito detalhar e quantificar o plano de descontinuação no seu todo, definindo responsabilidades, volumes, prazos e garantias do suporte técnico. Assim, as etapas chave são:

- **Determinar *stock* e peças para CC:** avalia-se a necessidade de peças, de forma a garantir que o serviço técnico possui o material necessário para reparações.
- **Definir estratégias de venda e períodos de reparação:** define-se oficialmente a data da última venda e o período de reparação do CC.
- **Definir o scope e os prazos das entregas:** clarifica-se as funcionalidades que fazem parte do produto, as responsabilidades de cada parte envolvida e o que estará dentro ou fora do âmbito do projeto.
- **Definir os requisitos totais e as quantidades de material a ser descontinuado:** através dos dados de produção e das vendas, consegue-se definir as quantidades finais a produzir e a transferir para o CC.
- **Criar um plano para informar os *stakeholders*:** desenvolve-se o plano de comunicação que notifica as subsidiárias, distribuidores e todas as equipas internas envolvidas, de forma a garantir que haja o total alinhamento acerca de prazos, estratégias e impactos do *phase-out*.
- **Aprovar o plano numa reunião de *PSI* e fazer ajustes se necessário:** nesta reunião (*PSI* – *Production Status Information* – reunião mensal em que se verificam vendas e *stocks*) o plano é submetido para aprovação. No caso de não ser validado, fazem-se os devidos ajustes.

M05.06.03 Implement Phase-Out Plan:

A fase de implementação visa colocar o plano aprovado em prática, monitorizando todo o progresso. Esta constitui também a gestão dos recursos remanescentes e a continuidade do CC até ao final da fase. A sua execução assenta nas seguintes etapas:

- **Comunicar de forma oficial o início da descontinuação:** após a aprovação do plano, comunica-se oficialmente a data do seu lançamento.
- **Monitorizar e reportar os materiais a ser descontinuados:** faz-se uma avaliação contínua do inventário, bloqueia-se, caso necessário, a entrada de novos pedidos e enviam-se relatórios de execução às equipas.
- **Gerir o *stock* restante:** é feita a identificação dos materiais sem utilidade futura, ou seja, materiais obsoletos, procedendo-se ao seu encaminhamento para serem sucitados. Para garantir o controlo do inventário, são aplicados bloqueios no sistema *SAP*, de forma a impedir a sua utilização ou movimentação não autorizada.
- **Compras finais e suporte técnico:** criam-se as encomendas finais junto dos fornecedores para garantir que haja manutenção ao longo do período de suporte técnico. São definidos os prazos para reparações e o apoio técnico a prestar, bem como se fazem os ajustes necessários nos *status* dos materiais no *SAP*, adequando-os para a fase de descontinuação.

De uma forma concisa, o processo já definido na organização para a gestão do fim do ciclo de vida dos diferentes produtos, encontra-se bem estruturado, dividido nas fases de início, desenvolvimento e implementação. Cada uma delas contempla procedimentos específicos, bem como ferramentas associadas, com o objetivo de se conseguir estruturar e executar o *phase-out* do modo mais organizado e claro possível. No entanto, a análise destas diferentes fases permitiu identificar pontos de melhoria, bem como algumas fragilidades e pequenos aspetos que não se encontravam suficientemente detalhados, que podem comprometer a eficiência e a eficácia destes planos. Deste modo, estas limitações serão abordadas na secção a seguir.

3.1.2. Limitações dos Procedimentos Existentes

Como referido anteriormente, a análise dos processos documentados no âmbito da descontinuação dos produtos, revelou algumas lacunas. Assim, de uma forma semelhante à realizada na secção anterior, faz-se, divididas por fase, a identificação das mesmas:

M05.06.01 Initiate Phase-Out Plan:

- **Falta de Critérios Objetivos e Dados de Suporte**

Não estão definidos critérios técnicos, comerciais ou estratégicos que sustentem a decisão de iniciar o processo de *phase-out*. Não há a referência clara a um processo de decisão baseado em dados.

Não se apresenta elementos cruciais para o plano de descontinuação, como: breve descrição do produto, motivo para a descontinuação, cronograma para o *phase-out* (final das vendas, final do serviço técnico), impacto para os clientes e possíveis alternativas do produto.

- **Ausência de Análise de Risco Inicial**

Não foi encontrada qualquer análise de risco associada à decisão da descontinuação de um produto, nomeadamente acerca de impactos nos fornecedores, clientes, continuidade de produção e obsolescência. A ausência de uma matriz de risco acaba por limitar a capacidade de se poder antecipar efeitos adversos, bem como mitigar consequências.

M05.06.02 Develop a Phase-Out Plan:

- **Service Concept Pouco Detalhado**

Apesar de ser feita uma referência a *Service Concept* (o conceito de serviço trata-se daquilo que o serviço oferece e as necessidades que satisfaz ao cliente), não existe nenhum modelo ou guia padrão para o que deve existir no mesmo, como peças críticas, tempo de suporte de serviço técnico e meios de assistência.

- **Ausência de Estratégia de Dimensionamento de Stock**

Embora o plano mencione a necessidade de se ajustarem as quantidades de *stock* e, caso necessário, definir novas entradas de materiais, não existe um modelo ou estratégia claramente definida para o efeito. Esta ausência pode resultar numa aquisição excessiva de materiais, que origina excedentes ou, pelo contrário, numa escassez, que leva à rutura de *stock*.

- **Falta de Plano de Substituição**

Faz-se a referência à criação de um plano de comunicação para informar os *stakeholders*, contudo, não se faz nenhuma abordagem de forma a direcionar consumidores para alternativas que possam existir dentro da empresa.

M05.06.03 Implement Phase-Out Plan:

- **Decisões Críticas sem Critérios Aparentes**

Entre as ações previstas, surge a instrução para eliminar *stock* obsoleto (sucatar os materiais). No entanto, não são apresentados critérios claros que orientem esta decisão. A falta de um processo formal, dificulta a padronização da execução entre projetos.

- **Falta de KPI**

O desenvolvimento do processo ocorre sem que haja uma verificação formal do cumprimento de objetivos ou avaliação de falhas. Não se definem *KPI's* que permitam medir a eficácia/sucesso do processo de descontinuação.

3.2. Metodologia Desenvolvida

Após a análise dos procedimentos atualmente adotados pela empresa, na gestão de fim do ciclo de vida dos produtos, verificou-se que, apesar da existência de processos bem estruturados, acabam por subsistir algumas limitações que podem comprometer a eficácia das decisões que

são tomadas. Entre os problemas previamente identificados, este relatório incide especificamente na ausência de uma estratégia clara para o planeamento das quantidades finais a aprovisionar. Esta problemática é importante e requer atenção, pois está associada a dois riscos críticos: a acumulação de *stock* obsoleto e a rutura de materiais. Uma gestão inadequada dos mesmos, pode aumentar os custos logísticos e comprometer a continuidade do CC.

Neste contexto, o objetivo desta secção é apresentar a metodologia desenvolvida para otimizar a gestão de materiais e todos os componentes associados a produtos em fim de vida, de forma a minimizar desperdícios e perdas. A proposta visa disponibilizar uma ferramenta simples, mas eficaz, que apoia a tomada de decisão no dimensionamento deste tipo de *stock*, contribuindo, deste modo, para uma abordagem mais racional, sustentável e alinhada com os objetivos da organização.

3.2.1. Análise de Exemplo Específico

De modo a identificar de uma forma mais prática e também facilitar a compreensão do problema, fez-se a análise de um produto específico, que já apresenta uma data para o seu fim de vida. Assim, a partir deste caso, foi possível desenvolver uma metodologia abrangente para o processo.

O produto em estudo trata-se do binóculo *Ultravid 10x25 Leathered Black* (referência interna: 406-07), cujo *EoL* está previsto para 10/2025.

Inicialmente, através do sistema *SAP*, verificou-se quais os materiais que constituíam o produto. Dos 158 materiais, existem 99 que são comprados e os restantes 59 têm origem nas secções internas da Mecânica (30), Ótica (12) e Montagem (9), havendo também alguns provenientes de subcontratação (8) (Figura 6). A partir daqui, elaborou-se a árvore de produto do mesmo, a qual está presente no Apêndice A.

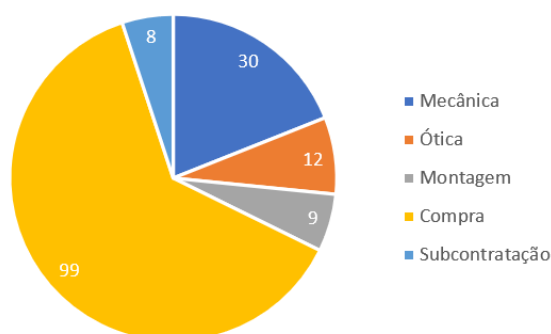


Figura 6 - Quantidade de Materiais que compõem o Binóculo 406-07, de acordo com o Grupo MRP

3.2.2. Árvore de Decisão

Com os materiais pertencentes ao binóculo 406-07 identificados, foi necessário distingui-los. Nesse intuito, procedeu-se à diferenciação dos mesmos através de 4 fatores: lista técnica, tipo

de suprimento, tipo de *MRP* e, por fim, necessidades de *CC*. De seguida, encontram-se descritos cada um destes fatores, bem como a sua importância:

- **Lista Técnica – Materiais Comuns ou Exclusivos**

O binóculo 406-07 é um produto que faz parte dos modelos *Ultravid*, que por sua vez pertencem à família dos *Kompakt*, juntamente com os modelos *Trinovid*. Deste modo, é importante separar os chamados materiais comuns, ou seja, os materiais que pertencem ao 406-07 e ao mesmo tempo aos restantes produtos *Ultravid* e *Trinovid*, daqueles que são materiais exclusivos, no caso, materiais que apenas são utilizados nos binóculos *Ultravid*. Para os primeiros, é necessário adaptar as compras e a sua produção para um menor número. Quanto aos exclusivos, é necessário parar pedidos, produções e ter ainda maior atenção a nível de *stock*, de forma a não haver excedentes, mas mantendo o fornecimento necessário para *CC*.

Com esse fim, e com recurso ao *SAP*, foi feita uma análise às necessidades (saídas) do produto. Tendo o seu fim de vida planeado para outubro de 2025, a sua produção cessa a partir desse período. Desta forma, caso existissem necessidades posteriores a outubro de 2025, o material seria comum aos outros produtos. No caso de não existirem, trata-se de um material exclusivo. Um exemplo dos dois casos encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Exemplo de verificação de materiais comuns e exclusivos, através das necessidades dos materiais 434-201.001-006 (exclusivo) e 434-201.001-007 (comum)

Material	M 09/2025	M 10/2025	M 11/2025	M 12/2025	M 01/2026	M 02/2026	M 03/2026	M 04/2026	M 05/2026	Tipo de Material
434-201.001-006	345	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo
434-201.001-007	875	383	182	126	108	108	118	106	106	Comum

No caso dos materiais cujo tipo de *MRP* é *VB* (abordado mais à frente), esta verificação é realizada de outra forma. Como esse tipo de materiais é de consumo direto e não tem planeamento, foi necessário verificar manualmente em sistema cada um deles, de forma a perceber de que produto(s) faziam parte.

- **Tipo de Suprimento – E ou F**

A distinção entre materiais produzidos internamente ou comprados fora, é algo também bastante significativo. O tipo de suprimento pode ser identificado como tipo E, ou seja, interno, para os materiais de produção própria, ou tipo F, comprados ao fornecedor. Os materiais do tipo E oferecem uma maior flexibilidade, uma vez que, no futuro, caso seja necessário repor algum material, a empresa consegue fabricá-lo com relativa rapidez, já que ainda existe o *know-how*, pois já foi anteriormente produzido pela organização. Já no caso dos materiais do tipo F, estes são comprados a fornecedores externos e, por isso mesmo, necessitam de maior atenção. Depois do *EoL*, torna-se mais difícil obter encomendas desses materiais, uma vez que o fornecedor pode descontinuar a peça, exigir quantidades mínimas ou ter *lead times* muito longos. Uma redução exagerada do *stock* destes materiais pode levar a ruturas difíceis de

ultrapassar, caso ocorra alguma necessidade inesperada. Ao diminuir o *stock* existente de materiais do tipo F, aumenta-se a dependência no fornecedor, daí ser necessário manter um *stock* maior de materiais produzidos externamente.

- **Tipo de MRP – PD ou VB**

Sendo o *MRP* um sistema que ajuda a planejar a produção e o aprovisionamento dos materiais, com base nas necessidades de produção, *stocks* e prazos de entrega, fica importante distinguir o seu tipo. O tipo de *MRP PD*, é determinístico e planeado, sendo que, em sistema, gera ordens automaticamente, de acordo com as necessidades futuras. Isto reduz a incerteza, pois, uma vez que o planeamento do material está feito, sabe-se as quantidades que serão necessárias do mesmo. Já o tipo de *MRP VB*, por sua vez, não apresenta planeamento e é de consumo direto, dependendo, assim, do consumo que ocorre e do seu ponto de reabastecimento. Neste caso, não havendo uma previsão exata, nem sabendo em qual produto o material é utilizado, há algum risco associado, caso ocorra alguma procura inesperada.

- **Necessidades de CC – Com ou Sem**

Há a necessidade de fazer a separação entre materiais que apresentam necessidades para *Customer Care* ou não, uma vez que, caso estas existam, é preciso garantir que se encontra disponível *stock* do material para cobrir as necessidades do *CC*, mesmo que o produto já esteja fora da linha de produção.

No caso de não haver necessidades colocadas em sistema por parte do *CC*, o material realmente está obsoleto, ou então já há *stock* suficiente nos armazéns do *CC*, não sendo, assim, necessário colocar mais necessidades.

Com base na combinação dos 4 fatores definidos, foi construída uma árvore de decisão, que permite identificar 16 casos distintos de materiais (esta pode ser observada na sua totalidade no Apêndice B). Cada ramo da árvore corresponde a uma combinação única das características, que resultam em diferentes casos-tipo. No entanto, importa salientar que, com a entrada do produto em fim de vida, os materiais comuns não entram no foco da presente análise. Nestes casos, o planeamento mantém-se dentro da normalidade, necessitando apenas de fazer alguns ajustes devido à diminuição da produção, saindo, assim, do âmbito do tema em estudo. Deste modo, a atenção centra-se nos materiais exclusivos, já que estes tornam-se obsoletos após o *EoL*. Assim, a análise irá incidir apenas sobre os 8 últimos casos da árvore de decisão (casos 9 a 16), que representam todas as combinações possíveis dos diferentes fatores aplicados aos materiais exclusivos (Figura 7). Estes serão utilizados para orientar as ações a tomar no contexto do fim do ciclo de vida.

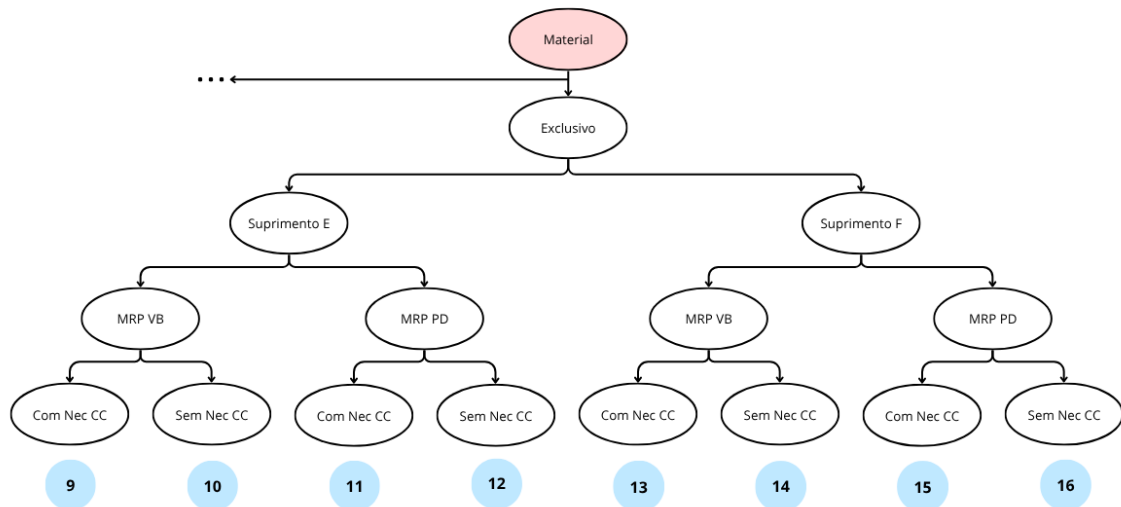


Figura 7 - Identificação dos diferentes casos relativos aos materiais exclusivos

3.2.3. Tabela de Decisão

O próximo objetivo passava por descobrir uma solução para a redução deste *stock EoL*. Deste modo, criou-se uma tabela de decisão ponderada, em que, dependendo do caso, se reduziria uma percentagem ao *stock* final, cujo cálculo original foi feito de forma automatizada pelo sistema *SAP*, de acordo com as necessidades planeadas. A Tabela 3 foi criada, com o intuito de se minimizar desperdícios, evitar ruturas de *stock* e otimizar a utilização de recursos. É de notar que os casos 9 e 10 podem e são plausíveis de ocorrer, no entanto, na empresa, acabam por não acontecer. Salienta-se, também, que os casos 11, 12, 14, 15 e 16 representam todos os materiais exclusivos que constituem o binóculo 406-07 e, por isso, encontram-se sombreados a verde na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de Decisão: Percentagem de redução de stock de acordo com o tipo de caso

Caso	Lista Técnica	Tipo Sup	Tipo MRP	Nec CC	Redução		Aumento		% Redução Final Stock
					Lista Técnica	Tipo Sup	Tipo MRP	Nec CC	
9	Exclusivo	E	VB	Com	100%	0%	5%	15%	80%
10	Exclusivo	E	VB	Sem	100%	0%	5%	0%	95%
11	Exclusivo	E	PD	Com	100%	0%	0%	15%	85%
12	Exclusivo	E	PD	Sem	100%	0%	0%	0%	100%
13	Exclusivo	F	VB	Com	100%	10%	5%	15%	70%
14	Exclusivo	F	VB	Sem	100%	10%	5%	0%	85%
15	Exclusivo	F	PD	Com	100%	10%	0%	15%	75%
16	Exclusivo	F	PD	Sem	100%	10%	0%	0%	90%

A atribuição das diferentes percentagens de redução de *stock* final, de acordo com as diferentes características dos materiais, surgiu através da seguinte linha de pensamento:

Para fazer as reduções, não basta simplesmente definir os 0% como *target* de *stock* final. Há fatores de risco, bem como precauções a considerar devido ao tipo de suprimento, tipo de *MRP* e às necessidades de *CC*, sendo assim importante manter algum nível de *stock* como margem de segurança:

- **Tipo de Suprimento – E ou F**

Para os materiais cujo tipo de suprimento é do tipo E, é possível adotar uma estratégia de redução mais agressiva, sem ser necessário atribuir uma segurança adicional, já que, na eventualidade da ocorrência de alguma procura, esta poderá ser facilmente assegurada a nível interno. Já para o tipo F, recomenda-se uma margem de segurança de 10% para se conseguir cobrir eventuais atrasos ou dificuldades em encomendas e fornecimentos. Esta percentagem foi fundamentada com base nos tempos de entrega dos materiais, em que se verificou um *lead time* médio de 85,8 dias e um coeficiente de variação de 60,87%, que evidencia uma variabilidade significativa. A aplicação da margem de 10% traduz-se, em termos operacionais, numa reserva equivalente a cerca de 8,6 dias de cobertura, que permitem salvaguardar riscos pontuais de falhas ou atrasos. Esta abordagem está alinhada com a prática mencionada por King (2011), segundo o qual é usual na indústria recorrer-se a margens de segurança de 10% a 20% de *stock*, principalmente em contextos de incerteza elevada ou falhas.

- **Tipo de *MRP* – PD ou VB**

No caso do tipo de *MRP*, em concreto o tipo PD, não é necessário recorrer a um *stock* de segurança específico, devido ao planeamento do mesmo. Já o tipo de *MRP* VB, é precisamente o contrário, pois existe consumo direto que não é planeado, logo, não existe qualquer visibilidade em sistema sobre entradas ou saídas. Assim, na ausência de dados históricos referentes a este tipo de *MRP*, a única forma de apurar o comportamento real do consumo é através do contacto direto com a linha de produção. A partir da realização de reuniões com os diferentes responsáveis de linha, que lidam com os materiais em causa, estes indicaram que, de acordo com a sua experiência, uma margem de 5% é suficiente para cobrir desvios esporádicos que possam surgir na fase final do ciclo de vida. Esta percentagem atua como um *buffer* simples, baseado na observação direta da operação, e visa prevenir eventuais ruturas que possam ocorrer.

- **Necessidades de *CC* – Com ou Sem**

O facto de existirem, ou não, necessidades por parte do *CC* colocadas em sistema, origina também abordagens distintas. No caso de não existirem, não é necessário haver qualquer *stock* de segurança, pois não há nenhuma procura prevista, logo pode-se reduzir ao máximo o *stock* desse material. Existindo necessidades de *CC*, torna-se necessário ter uma margem que assegure as possíveis solicitações futuras, bem como qualquer oscilação que possa ocorrer. Através da análise detalhada do histórico de requisições registadas, apurou-se que, em média, 14,87% do *stock* final existente dos

materiais, foi requisitado pelo serviço técnico. Com base nesta evidência empírica, definiu-se uma margem de segurança de 15% para todos os materiais que apresentam necessidades de *CC* ativas em sistema. Deste modo, garante-se a disponibilidade de materiais para suportar o serviço pós-venda e garantir a sua continuidade.

De forma resumida, o objetivo final ideal para os materiais exclusivos em fim de vida, é escoar totalmente o seu *stock*, ou, por outras palavras, reduzir 100%. No entanto, para ter uma margem de segurança, aplica-se uma menor redução de *stock* nos seguintes casos:

- Tipo de suprimento F: margem de segurança de 10%.
- Tipo de *MRP VB*: margem de segurança de 5%.
- Necessidades de *CC*: margem de segurança de 15%.

Salienta-se que, na eventualidade do material apresentar a combinação de algum destes fatores, soma-se a margem de segurança dos mesmos (como exemplificado na secção 4.2).

As percentagens adotadas para a redução de *stock* encontram-se presentes na Figura 8.

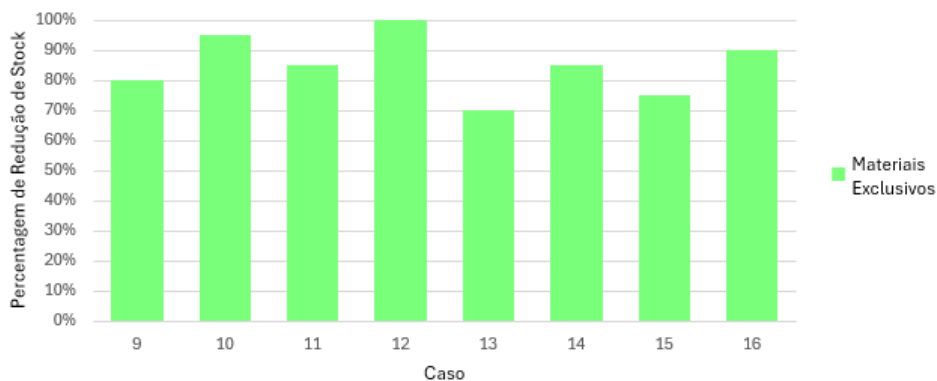


Figura 8 - Percentagem de redução de stock por caso

Para concluir, a Tabela 3 sintetiza as decisões tomadas para a redução de *stock* e permite uma aplicação padronizada da metodologia para os diferentes tipos de materiais, promovendo, deste modo, uma gestão de *stocks* personalizada, mais precisa e ajustada às realidades operacionais.

3.2.4. Tratamento e Gestão de Dados

Com a tabela de decisão totalmente desenvolvida e finalizada, tornava-se ainda necessário fazer o tratamento e gestão dos dados, de forma a verificar se os objetivos propostos de melhoria da gestão de *stocks* seriam realmente alcançados.

Para isso, foi necessário extrair, a partir do *SAP*, as entradas, necessidades (saídas) e a evolução de *stock* referente ao produto em questão. Nestas extrações, os valores obtidos foram referentes aos meses de 05/2025 a 05/2026 (inclusive).

Para o caso dos materiais exclusivos, o período a considerar para estudo, análise e modificações, incidiu sobre o pré-*EoL*, de 05/2025 a 10/2025 (6 meses). Isto acontece, pois, a partir do mês de outubro, não há qualquer necessidade (nem entrada) destes materiais. Desta

forma, qualquer tentativa de aplicar modificações apenas poderia ocorrer antes do fim de vida do produto, de modo a tentar ficar com o menor nível de *stock* possível.

Através dos valores de evolução de *stock*, mais concretamente do valor final de *stock* do respetivo período em análise, e após identificação do caso do material na tabela de decisão, foi possível calcular qual seria o *stock* a atingir, pela subtração do respetivo valor percentual. (Equação 1)

$$\text{Objetivo}_{Sf} = Sf_{\text{Período}} - Sf_{\text{Período}} \times \%Red_{\text{Stock}} \quad [1]$$

Objetivo_{Sf}: Objetivo de Stock Final (unid.)

Sf_{Período}: Stock Final do Período em Estudo (unid.)

%Red_{Stock}: Percentagem de Redução de Stock (%)

Posteriormente, era necessário calcular quais seriam as novas entradas para se obter o objetivo final de *stock*. Assim, era preciso recalculer o volume e o número de entradas, para serem otimizadas. Calculou-se, também, o volume de entradas que seriam necessárias no caso de ocorrer apenas uma última compra, a denominada *last time buy* (LTB). Estes cálculos encontram-se explícitos na próxima secção.

3.2.5. Cálculo do Volume e Número de Encomendas

Com vista a recalculer as entradas necessárias para atingir o novo *stock* desejado, foi preciso realizar cálculos distintos.

O primeiro consistiu em calcular o volume total de entradas necessárias no período em estudo, com base na equação de equilíbrio de *stocks* (Equação 2). Esta considera as necessidades previstas, o *stock* inicial do período em estudo e o *stock* final, neste caso, desejado:

$$V_{\text{Entr}} = D_x - Si + Sf_{\text{desejado}} \quad [2]$$

V_{Entr}: Volume Total de Entradas Necessárias no Período (unid.)

D_x: Procura Total do Período (unid.)

Si: Stock Inicial (unid.)

Sf_{desejado}: Stock Final Desejado (unid.)

Apesar de o produto se encontrar na fase final do seu ciclo de vida, o modelo da quantidade económica de encomenda (EOQ – *Economic Order Quantity*) continua a ser útil, pois ajuda a definir o tamanho de lote de encomenda mais eficiente. Para calcular o EOQ utiliza-se a Equação 3 proposta por Harris, F. H. (1913):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}} = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{C \times i}} \quad [3]$$

Métodos e Aplicação

EOQ: Quantidade Económica de Encomenda (unid.)

D: Procura Total Anual (unid.)

S: Custo por Encomenda (UM) = 100 UM

H: Custo de Posse Anual (UM)

C: Custo Unitário do Produto (UM)

i: Taxa de Posse Anual (%) = 20%

Não considerando um período anual, o custo de posse, H , foi calculado (Equação 4), de modo a obter o EOQ para o período em estudo:

$$H_x = H_{anual} \times \frac{x}{12} = i \times C \times \frac{x}{12} \quad [4]$$

H_x: Custo de Posse de x meses (UM)

H_{anual}: Custo de Posse Anual (UM)

x: Número de meses em estudo (unid.)

i: Taxa de Posse Anual (%) = 20%

C: Custo Unitário do Produto (UM)

Com a procura total do período em questão, D_x , conhecida, bem como o EOQ_x , é possível encontrar o número ideal de encomendas a realizar durante o período, através da Equação 5:

$$N = \frac{D_x}{EOQ_x} \quad [5]$$

N: Número de Encomendas no Período (unid.)

D_x: Procura Total do Período (unid.)

EOQ_x: Quantidade Económica de Encomenda do Período (unid.)

A empresa tem um *target* interno a cumprir: não possuir cobertura de *stock* superior a 4 meses. Isto significa que, em qualquer momento, o *stock* existente disponível não pode ser suficiente para satisfazer mais de 4 meses de necessidades futuras. Num exemplo mais prático, tendo um período de estudo, no caso dos materiais exclusivos, de 6 meses, com o *target* de cobertura máxima de 4 meses, consegue-se concluir que:

$$\frac{6 \text{ meses}}{4 \text{ meses de cobertura}} = 1,5 \approx 2$$

Ou seja, no período em análise, deverá ocorrer o abastecimento de *stock* em pelo menos 2 fases distintas, garantindo que o planeamento está alinhado com a política interna de cobertura de

stock. Salieta-se que, no caso de não ser necessária qualquer encomenda, esta não acontecerá.

Considerando ainda que a análise é feita com base em meses, isto é, contabilizando se existe ou não entrada de *stock* num determinado mês, independentemente da quantidade ou do número de encomendas que ocorreram nesse mês, também se define um limite superior. Neste exemplo, o número máximo de encomendas seria 6, que corresponde à situação em que há entradas em todos os meses do período.

Como referido anteriormente, foi analisada qual seria a abordagem mais adequada para a gestão do *stock* através de entradas, ou através da *LTB*. No caso desta última, como o seu próprio nome indica, apenas existe 1 encomenda, logo não é necessário realizar o cálculo do número de encomendas (Equação 3), nem consequentemente do EOQ (Equação 5). A comparação entre ambas, bem como a justificação acerca da abordagem adotada, encontram-se no Capítulo 4.

Para finalizar, apenas fica necessário dividir o volume de entradas necessárias pelo número de encomendas (ambos já determinados) e obtém-se o volume de entradas distribuídas da forma mais eficiente. (Equação 6)

$$V_{ED} = \frac{V_{Entr}}{N} \quad [6]$$

V_{ED} : Volume Total de Entradas Distribuídas no Período (unid.)

V_{Entr} : Volume Total de Entradas Necessárias no Período (unid.)

N : Número de Encomendas no Período (unid.)

3.2.6. Critério de Arredondamentos

Após a determinação das quantidades necessárias a encomendar, com base no método de equilíbrio de *stocks*, restava saber quantas encomendas deveriam ocorrer. Por meio do modelo de *EOQ*, foi possível calculá-las, o que já permitia que se conseguisse distribuir o volume total de necessidades, de forma a garantir níveis de *stock* estáveis e coerentes com o consumo previsto.

Contudo, os valores calculados, como é de esperar, são teóricos. Deste modo, os valores obtidos, como por exemplo 1629,4 ou 2463, apesar de serem totalmente válidos e ideais matematicamente, na prática, não se podem aplicar ou não são aceites pelos fornecedores. Isto acontece, pois, os fornecedores estabelecem limitações quanto aos tamanhos mínimos dos lotes, bem como as condições de fornecimento.

Para mitigar esta limitação, foi necessário aplicar um critério de arredondamentos, que ajusta os volumes calculados a formatos viáveis de encomenda, sem comprometer o equilíbrio de *stock* pretendido ao longo do tempo, de acordo com a sua ordem de grandeza. Este critério foi definido da seguinte forma:

Tabela 4 - Definição do Critério de Arredondamentos

Volume de Entradas	Critério
Inferior a 10	Arredondar ao múltiplo de 5 mais próximo
Entre 10 e 99 (incluindo)	Arredondar ao múltiplo de 10 mais próximo
Entre 100 e 999 (incluindo)	Arredondar ao múltiplo de 50 mais próximo
Entre 1000 e 9999 (incluindo)	Arredondar ao múltiplo de 100 mais próximo
Superior a 9999	Arredondar ao múltiplo de 500 mais próximo

A aplicação deste critério permitiu transformar os valores ideais calculados teoricamente, em quantidades operacionais viáveis, respeitando as limitações comerciais dos fornecedores, sem comprometer os princípios definidos pelo modelo inicial aplicado. Desta forma, o plano de aprovisionamento resultante torna-se executável e ajustado à realidade prática.

3.2.7. Cálculo dos Preços de Encomenda

Após a realização do planeamento das quantidades a encomendar e da respetiva distribuição ao longo do período em estudo, tornou-se possível fazer o cálculo dos custos totais das encomendas associadas a cada material, para esse mesmo período. Este cálculo tem como principal objetivo verificar se a aplicação da metodologia desenvolvida conduz, efetivamente, a uma otimização do processo.

Para isto, sabendo o volume de entradas necessárias por cada encomenda, o número de encomendas e o custo unitário de cada material, apenas é necessário realizar o produto entre eles, para culminar com o valor total a pagar pelas entradas de cada material no período em análise. A Equação 7 demonstra este cálculo:

$$P = C_{Uni} \times V_{Entr} \times N \quad [7]$$

P: Preço (UM)

C_{Uni}: Custo Unitário (UM)

V_{Entr}: Volume Total de Entradas Necessárias no Período (unid.)

N: Número de Encomendas no Período (unid.)

Este cálculo permite identificar, de forma objetiva, o impacto financeiro direto da aplicação da metodologia desenvolvida, fornecendo uma base concreta para a comparação entre o cenário original planeado e o novo cenário. Esta análise encontra-se descrita no Capítulo 4.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na aplicação prática da metodologia desenvolvida para otimizar a gestão de materiais e todos os componentes associados a produtos em fim de vida, neste caso concreto, para o binóculo 406-07, sendo feita também a respetiva análise e discussão crítica. O objetivo passa por avaliar o impacto da abordagem proposta para a redução de *stocks*, otimização das entradas de material e minimização do risco de obsolescência. É feita a comparação dos resultados obtidos com os valores originais praticados pela organização, de forma a averiguar o impacto da metodologia.

4.1. Classificação dos Materiais

Nesta primeira fase da análise, procedeu-se à classificação dos materiais que compõem o binóculo 406-07, de acordo com 4 fatores definidos: lista técnica (material comum ou exclusivo), tipo de suprimento (E - interno ou F – externo), tipo de *MRP* (*PD* ou *VB*) e a existência ou não de necessidades de *CC*.

A combinação destes fatores permitiu enquadrar cada material num dos 16 casos da árvore de decisão desenvolvida. A Tabela 5 apresenta uma amostra representativa da distribuição dos materiais pelos diferentes casos definidos na árvore de decisão (Apêndice B).

Tabela 5 - Distribuição dos materiais pelos diferentes casos, conforme a árvore de decisão

Material	M 09/2025	M 10/2025	M 11/2025	M 12/2025	M 01/2026	M 02/2026	M 03/2026	M 04/2026	M 05/2026	Tipo de Material	Tipo de suprimento	Tipo de MRP	Nec. CC	Caso	
004-206.001-029	1 192	1 578	1 368	218	1 148	1 706	1 656	1 094	1 128	Comum	F	PD	Sem	8	
004-206.001-031	1 100	550	1 100	0	1 100	1 100	0	550	550	Comum	F	PD	Sem	8	
004-206.001-031A	794	1 000	796	194	574	502	1 024	484	520	Comum	E	PD	Sem	4	
004-206.001-040	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Comum	F	VB	Sem	6	
004-206.015-007	1 100	600	900	600	600	800	600	600	300	Comum	E	PD	Sem	4	
004-206.015-008	800	1 600	0	800	800	800	800	0	800	0	Comum	F	PD	Sem	8
004-206.015-010	1 100	600	900	600	600	800	600	600	300	Comum	F	PD	Sem	8	
004-207.001-034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Comum	F	VB	Sem	6	
434-201.001-005	345	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Com	15	
434-201.001-006	345	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Sem	16	
434-201.001-007	875	383	182	126	108	108	118	106	106	Comum	F	PD	Sem	8	
434-201.001-008	345	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Sem	16	
434-201.001-009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Sem	16	
434-201.001-009A	100	0	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	E	PD	Sem	12	
434-201.001-010	345	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Com	15	
434-201.001-012	400	0	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Sem	16	
434-201.001-017	240	120	0	0	0	0	0	0	0	Exclusivo	F	PD	Com	15	

A Tabela 6 resume a distribuição total dos materiais classificados nos diferentes casos definidos. Esta síntese permite visualizar quais os perfis de materiais mais representativos no produto em estudo, o que terá impacto direto na definição dos objetivos de *stock*. Como se pode visualizar, os casos mais frequentes são os casos 8, 12 e 16, que representam uma parte significativa dos materiais que constituem o 406-07.

Tabela 6 - Percentagem de cada tipo de caso

Caso	Nº materiais	%	Caso	Nº materiais	%
1	0	0%	9	0	0%
2	0	0%	10	0	0%
3	0	0%	11	13	8%
4	8	5%	12	30	19%
5	0	0%	13	0	0%
6	2	1%	14	5	3%
7	0	0%	15	24	15%
8	30	19%	16	46	29%
Total Materiais			158		

4.2. Tabela de Decisão

No seguimento da metodologia descrita na secção 3.2.3, o cálculo realizado para se obter a percentagem de redução final de *stock*, dependia da lista técnica do material, do tipo de suprimento, do tipo de *MRP* e das necessidades de *CC*. Deste modo, apresentam-se na Tabela 7 dois exemplos que permitem uma fácil compreensão do cálculo do qual resultaram os valores apresentados na Tabela 8:

Tabela 7 - Exemplos de cálculo da percentagem de redução de *stock*

[Caso 11]	$\% \text{ Redução}_{\text{Stock}} = \% \text{ ListaTécnica} - \% \text{ Suprimento} - \% \text{ MRP} - \% \text{ Nec}_{\text{CC}} =$ $= 100\% - 0\% - 0\% - 15\% =$ $= 85\%$ <p>⇒ Reduzir 85% do <i>stock</i> final</p>
[Caso 15]	$\% \text{ Redução}_{\text{Stock}} = \% \text{ ListaTécnica} - \% \text{ Suprimento} - \% \text{ MRP} - \% \text{ Nec}_{\text{CC}} =$ $= 100\% - 10\% - 0\% - 15\% =$ $= 75\%$ <p>⇒ Reduzir 75% do <i>stock</i> final</p>

Tabela 8 - Tabela de Decisão: Percentagem de redução de stock de acordo com o tipo de caso

Caso	Lista Técnica	Tipo Sup	Tipo MRP	Nec CC	Redução		Aumento		% Redução Final Stock
					Lista Técnica	Tipo Sup	Tipo MRP	Nec CC	
9	Exclusivo	E	VB	Com	100%	0%	5%	15%	80%
10	Exclusivo	E	VB	Sem	100%	0%	5%	0%	95%
11	Exclusivo	E	PD	Com	100%	0%	0%	15%	85%
12	Exclusivo	E	PD	Sem	100%	0%	0%	0%	100%
13	Exclusivo	F	VB	Com	100%	10%	5%	15%	70%
14	Exclusivo	F	VB	Sem	100%	10%	5%	0%	85%
15	Exclusivo	F	PD	Com	100%	10%	0%	15%	75%
16	Exclusivo	F	PD	Sem	100%	10%	0%	0%	90%

4.3. Objetivo de Stock Final

Com vista à obtenção do objetivo de *stock* final, após remoção da respetiva percentagem, de acordo com o caso correspondente, faltava apenas elaborar o cálculo presente na Equação 1, para cada um dos materiais que compõe o binóculo em estudo.

De seguida, na Tabela 9 encontram-se dois exemplos deste cálculo para os materiais 434-201.001-006 e 434-201.001-019, bem como uma amostra representativa dos valores alcançados, na Tabela 10.

Tabela 9 - Exemplos de cálculo do objetivo de stock final

434-201.001-006 [Caso 16]	$\begin{aligned} \text{Objetivo}_{Sf} &= S_{f\text{Período}} - S_{f\text{Período}} \times \%Red_{Stock} = \\ &= 2296 - 2296 \times 90\% = \\ &= 230 \text{ unid.} \end{aligned}$
434-201.001-019 [Caso 15]	$\begin{aligned} \text{Objetivo}_{Sf} &= S_{f\text{Período}} - S_{f\text{Período}} \times \%Red_{Stock} = \\ &= 3194 - 3194 \times 75\% = \\ &= 799 \text{ unid.} \end{aligned}$

Tabela 10 - Objetivo de stock final de cada material

Material	Lista Técnica	Tipo Sup	Tipo MRP	Nec CC	Caso	Stock Final Período	% Redução Stock	Objetivo Final Stock
434-201.001-005	Exclusivo	F	PD	Com	15	436	75%	109
434-201.001-006	Exclusivo	F	PD	Sem	16	2 296	90%	230
434-201.001-008	Exclusivo	F	PD	Sem	16	37 034	90%	3703
434-201.001-009	Exclusivo	F	PD	Sem	16	755	90%	76
434-201.001-009A	Exclusivo	E	PD	Sem	12	10	100%	0
434-201.001-010	Exclusivo	F	PD	Com	15	2 215	75%	554
434-201.001-012	Exclusivo	F	PD	Sem	16	17 393	90%	1739
434-201.001-017	Exclusivo	F	PD	Com	15	889	75%	222
434-201.001-018	Exclusivo	E	PD	Sem	12	168	100%	0
434-201.001-019	Exclusivo	F	PD	Com	15	3 194	75%	799
434-201.007-000	Exclusivo	E	PD	Sem	12	0	100%	0
434-201.009-000	Exclusivo	E	PD	Sem	12	93	100%	0
434-201.011-000	Exclusivo	F	PD	Sem	16	1 182	90%	118
434-201.013-006	Exclusivo	F	PD	Sem	16	420	90%	42
434-201.013-008	Exclusivo	E	PD	Sem	12	252	100%	0
434-201.014-000	Exclusivo	E	PD	Com	11	40	85%	6
434-201.014-005	Exclusivo	F	PD	Sem	16	93	90%	9

4.4. Volume de Encomendas

Posteriormente, já com o *target* para o *stock* de cada material totalmente definido, era necessário calcular o volume e o número de entradas necessários, para se conseguir alcançá-lo na prática.

De forma a obter o volume de entradas, recorreu-se à Equação 2. No entanto, para se conseguir fazer o cálculo, era ainda necessário saber a procura total dos materiais. Deste modo, realizou-se o somatório de todas as necessidades de cada material, para o respetivo período de análise. A amostra representativa dos somatórios das necessidades dos materiais exclusivos encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Somatório das necessidades dos materiais exclusivos no respetivo período de estudo

Material	Tipo de Material	Atrasdos	M 05/2025	M 06/2025	M 07/2025	M 08/2025	M 09/2025	M 10/2025	Somatório Saídas pré 10/2025
434-201.001-005	Exclusivo	3461	252	390	1005	360	345	120	5933
434-201.001-006	Exclusivo	3461	252	390	1005	360	345	120	5933
434-201.001-008	Exclusivo	3507	292	350	965	440	345	120	6019
434-201.001-009	Exclusivo	250	0	500	0	0	0	0	750
434-201.001-009A	Exclusivo	300	0	200	200	0	100	0	800
434-201.001-010	Exclusivo	3507	292	350	965	440	345	120	6019
434-201.001-012	Exclusivo	2400	400	400	800	400	400	0	4800
434-201.001-017	Exclusivo	2896	192	320	870	300	240	120	4938
434-201.001-018	Exclusivo	3464	292	350	965	440	345	120	5976
434-201.001-019	Exclusivo	3680	192	400	1030	300	320	120	6042
434-201.007-000	Exclusivo	1483	56	160	435	150	150	30	2464
434-201.009-000	Exclusivo	1496	25	225	370	150	150	30	2446
434-201.011-000	Exclusivo	1209	0	403	403	0	0	0	2015
434-201.013-006	Exclusivo	2500	350	550	700	550	350	0	5000
434-201.013-008	Exclusivo	2726	112	320	870	300	240	120	4688
434-201.014-000	Exclusivo	1468	96	160	435	150	120	60	2489
434-201.014-005	Exclusivo	1050	210	210	420	0	210	0	2100

A partir deste ponto, já era possível efetuar o cálculo da Equação 3. Deste modo, apresentam-se a seguir os exemplos do mesmo, referentes aos materiais 434-201.001-006 e 434-201.001-019 (Tabela 12). Para além disso, encontra-se disponível a Tabela 13, referente à amostra representativa do volume de entradas necessárias para os materiais exclusivos.

Tabela 12 - Exemplos de cálculo do volume total de entradas necessárias

434-201.001-006	$V_{Entr} = D_x - Si + Sf_{desejado} =$ $= 5933 - 729 + 230 =$ $= 5434 \text{ unid.}$
434-201.001-019	$V_{Entr} = D_x - Si + Sf_{desejado} =$ $= 6042 - 9236 + 479 =$ $= -2715 \Rightarrow 0 \text{ unid.}$

Tabela 13 - Volume total de entradas necessárias para cada material

Material	Tipo de Material	Somatório Saídas pré 10/2025	Stock Inicial	Objetivo Stock Final	Volume Total Entradas Necessárias
434-201.001-005	Exclusivo	5933	2369	65	3 629
434-201.001-006	Exclusivo	5933	729	230	5 434
434-201.001-008	Exclusivo	6019	3053	3703	6 669
434-201.001-009	Exclusivo	750	1505	76	0
434-201.001-009A	Exclusivo	800	60	0	740
434-201.001-010	Exclusivo	6019	2234	332	4 117
434-201.001-012	Exclusivo	4800	2193	1739	4 346
434-201.001-017	Exclusivo	4938	1827	133	3 244
434-201.001-018	Exclusivo	5976	924	0	5 052
434-201.001-019	Exclusivo	6042	9236	479	0
434-201.007-000	Exclusivo	2464	18	0	0
434-201.009-000	Exclusivo	2446	539	0	1 907
434-201.011-000	Exclusivo	2015	197	118	1 936
434-201.013-006	Exclusivo	5000	420	42	4 622
434-201.013-008	Exclusivo	4688	320	0	4 368
434-201.014-000	Exclusivo	2489	45	2	2 446
434-201.014-005	Exclusivo	2100	693	9	1 416

Como se pode verificar no exemplo prático do material 434-201.001-019, da Tabela 12, por vezes, o valor do volume total de entradas necessárias é negativo. Isto resulta do facto de, no período de estudo, não existirem quaisquer entradas para estes materiais. Com isto, não há a possibilidade de implementar a metodologia desenvolvida nestes materiais. Neste tipo de casos, em que realmente não se fará nenhuma encomenda, para se conseguir chegar ao objetivo final e escoar stock, a hipótese final é sucatar (dada a especificidade dos materiais adquiridos pela empresa).

4.5. Número de Encomendas

Para além do volume a encomendar, era ainda fulcral determinar o número de encomendas a realizar, o qual pode ser determinado através do cálculo do *EOQ*. No entanto, era ainda necessário saber qual o valor do custo de posse do período em estudo, H_x . Encontram-se, na Tabela 14, dois exemplos de cálculo do custo de posse, dos materiais 434-201.001-006 e 434-201.001-019.

Tabela 14 - Exemplos de cálculo do custo de posse, de acordo com o período em estudo

<p>434-201.001-006 [Exclusivo] [6 meses]</p>	$H_x = H_{anual} \times \frac{x}{12} = i \times C \times \frac{x}{12} =$ $= 20\% \times 0,3966 \times \frac{6}{12} =$ $= 0,0397 \text{ UM}$
<p>434-201.001-019 [Exclusivo] [6 meses]</p>	$H_x = H_{anual} \times \frac{x}{12} = i \times C \times \frac{x}{12} =$ $= 20\% \times 0,0268 \times \frac{6}{12} =$ $= 0,00268 \text{ UM}$

Após o cálculo do custo de posse, era possível obter o *EOQ*, como se demonstra na Tabela 15, para os mesmos dois exemplos de materiais. Para além disso, apresenta-se, posteriormente, a amostra representativa do *EOQ* dos materiais exclusivos (Tabela 16).

Tabela 15 - Exemplos de cálculo da quantidade económica de encomenda (*EOQ*)

<p>434-201.001-006 [Exclusivo] [6 meses]</p>	$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D_x \times S}{H_x}} = \sqrt{\frac{2 \times 5933 \times 100}{0,0397}} = 5470 \text{ unid.}$
<p>434-201.001-019 [Exclusivo] [6 meses]</p>	$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D_x \times S}{H_x}} = \sqrt{\frac{2 \times 6042 \times 100}{0,0027}} = 21234 \text{ unid.}$

Tabela 16 - Quantidade económica de encomenda (EOQ) para cada material

Material	Tipo de Material	Somatório Saídas pré 10/2025	Custo de Posse [UM]	EOQ
434-201.001-005	Exclusivo	5933	0,0650	4 273
434-201.001-006	Exclusivo	5933	0,0397	5 470
434-201.001-008	Exclusivo	6019	0,0029	20 270
434-201.001-009	Exclusivo	750	0,1393	1 038
434-201.001-009A	Exclusivo	800	0,2130	867
434-201.001-010	Exclusivo	6019	0,1051	3 384
434-201.001-012	Exclusivo	4800	0,0021	21 608
434-201.001-017	Exclusivo	4938	0,0097	10 085
434-201.001-018	Exclusivo	5976	0,0370	5 684
434-201.001-019	Exclusivo	6042	0,0027	21 234
434-201.007-000	Exclusivo	2464	1,0690	679
434-201.009-000	Exclusivo	2446	0,7280	820
434-201.011-000	Exclusivo	2015	0,2231	1 344
434-201.013-006	Exclusivo	5000	0,0336	5 457
434-201.013-008	Exclusivo	4688	0,0842	3 338
434-201.014-000	Exclusivo	2489	2,4400	452
434-201.014-005	Exclusivo	2100	0,9370	670

Por fim, restava fazer a divisão entre a procura total do período, D_x , e a quantidade económica de encomenda do mesmo, EOQ_x , para obter o número de encomendas, N , como se pode observar na Tabela 17.

Tabela 17 - Exemplos de cálculo do número de encomendas necessárias

434-201.001-006 [Exclusivo] [6 meses]	$N = \frac{D_x}{EOQ_x} = \frac{5933}{5470} = 1,0846 \Rightarrow 2$
434-201.001-019 [Exclusivo] [6 meses]	$N = \frac{D_x}{EOQ_x} = \frac{6042}{21234} = 0,2845 \Rightarrow 1 \Rightarrow 2$

Como se verificou na Tabela 17, o número de encomendas para o material 434-201.001-006 teria de ser aproximadamente 1,08. Assim, torna-se evidente que será necessário mais do que 1 encomenda, optando-se, desta forma, por realizar 2. No caso do material 434-201.001-019, seriam necessárias aproximadamente 0,28 encomendas, ou seja, era preciso fazer 1 encomenda. Para se estar de acordo com o *target* alvo da empresa, o mínimo de encomendas a serem realizadas são 2, logo, também se farão 2 encomendas deste material.

De seguida apresenta-se também a Tabela 18, a qual se refere à amostra representativa do número de encomendas necessários para os diferentes materiais. É de salientar que, como se demonstra no exemplo anterior e é referido na secção 3.2.5, o número mínimo de encomendas a realizar são 2 (exceto quando não é necessária qualquer encomenda). Já o máximo de encomendas é 6, tratando-se estes valores do número de meses do período em análise de cada tipo de material.

Tabela 18 - Número de encomendas necessárias por material

Material	Tipo de Material	Somatório Saídas pré 10/2025	EOQ	Nº Encomendas N
434-201.001-005	Exclusivo	5933	4273	2
434-201.001-006	Exclusivo	5933	5470	2
434-201.001-008	Exclusivo	6019	20270	2
434-201.001-009	Exclusivo	750	1038	2
434-201.001-009A	Exclusivo	800	867	2
434-201.001-010	Exclusivo	6019	3384	2
434-201.001-012	Exclusivo	4800	21608	2
434-201.001-017	Exclusivo	4938	10085	2
434-201.001-018	Exclusivo	5976	5684	2
434-201.001-019	Exclusivo	6042	21234	2
434-201.007-000	Exclusivo	2464	679	0
434-201.009-000	Exclusivo	2446	820	3
434-201.011-000	Exclusivo	2015	1344	2
434-201.013-006	Exclusivo	5000	5457	2
434-201.013-008	Exclusivo	4688	3338	2
434-201.014-000	Exclusivo	2489	452	5
434-201.014-005	Exclusivo	2100	670	4

Como já referido, também se abordou a realização de apenas uma *LTB*, em vez das entradas múltiplas. Para esta abordagem, reduzem-se os cálculos a fazer, uma vez que não é necessário realizar nenhum passo desta secção. Isto porque, o cálculo do *EOQ* ocorre exclusivamente para se conseguir saber qual o número ideal de encomendas e, previamente, já se sabe que para este caso apenas será feita uma encomenda final. Assim, para a *LTB*, apenas é necessário o volume de encomendas necessário e esse será o valor a encomendar do material.

4.6. Volume de Entradas Distribuídas

- Entradas Múltiplas

Com o volume e o número de encomendas já determinados e definidos, a partir da divisão dos mesmos, obtém-se o volume de entradas distribuídas da forma mais eficiente. Assim, na Tabela 19, é possível verificar dois exemplos deste cálculo:

Tabela 19 - Exemplos de cálculo do volume de entradas distribuídas

434-201.001-006	$V_{ED} = \frac{V_{Entr}}{N} = \frac{5434}{2} = 2717$
434-201.001-019	$V_{ED} = \frac{V_{Entr}}{N} = \frac{0}{2} = 0$

De seguida, na Tabela 20, encontra-se a amostra representativa dos valores calculados para os materiais exclusivos.

Tabela 20 - Volume de entradas distribuídas dos materiais exclusivos

Material	Tipo de Material	Volume Total Entradas	Nº Encomendas N	Volume Entradas Distribuídas	Atrasos Entradas	Volume Entradas Distribuídas FINAL
434-201.001-005	Exclusivo	3629	2	1 815	2000	815
434-201.001-006	Exclusivo	5434	2	2 717	5000	217
434-201.001-008	Exclusivo	6669	2	3 335	40000	0
434-201.001-009	Exclusivo	0	2	0	0	0
434-201.001-009A	Exclusivo	740	2	370	250	245
434-201.001-010	Exclusivo	4117	2	2 059	3000	559
434-201.001-012	Exclusivo	4346	2	2 173	20000	0
434-201.001-017	Exclusivo	3244	2	1 622	2000	623
434-201.001-018	Exclusivo	5052	2	2 526	2820	1116
434-201.001-019	Exclusivo	0	2	0	0	0
434-201.007-000	Exclusivo	0	0	0	1465	0
434-201.009-000	Exclusivo	1907	3	636	1200	236
434-201.011-000	Exclusivo	1936	2	968	3000	0
434-201.013-006	Exclusivo	4622	2	2 311	5000	0
434-201.013-008	Exclusivo	4368	2	2 184	2520	924
434-201.014-000	Exclusivo	2446	5	489	1463	197
434-201.014-005	Exclusivo	1416	4	354	1000	105

Como se pode verificar, pela coluna sombreada a rosa, no caso das entradas múltiplas dos materiais exclusivos, existe ainda um cálculo diferente para o volume de entradas a distribuir. Isto ocorre devido à existência dos chamados “atrasos”. Aquando da extração dos dados utilizados para fazer a análise, como se pode observar na Tabela 11, existe uma coluna de atrasos. A coluna dos atrasos junta todas as necessidades ou entradas (dependendo da extração) que antecedam a data em que foi feita a extração dos dados. Considerando que a análise é feita com base em meses, todas as necessidades ou entradas que sejam do mês 05/2025 (mês da extração), mas anteriores ao dia em que foi feita, aparecem na coluna dos atrasos.

Como é de esperar, estes atrasos influenciam na mesma o *stock* e o objetivo final de *stock* a manter. No entanto, estes não podem ser alterados. Tendo isto em conta, para se calcular o volume de entradas distribuídas final dos materiais exclusivos, utiliza-se o seguinte cálculo (Tabela 21):

Tabela 21 - Exemplo de cálculo do volume final de entradas distribuídas para os materiais exclusivos

434-201.001-006	$V_{ED} = \frac{V_{Entr} - AtrasosEntradas}{N} = \frac{5434 - 5000}{2} = 217$
-----------------	---

Assim verifica-se que, neste exemplo do material 434-201.001-006, originalmente pela metodologia desenvolvida, era necessário fazer 2 entradas de 2717 unidades. No entanto, tentando distribuir estes valores, obter-se-ia um valor incoerente para o objetivo proposto.

A partir da demonstração seguinte, é possível compreender melhor esta situação:

Resultados e Discussão

Tabela 22 - Dados originais do material 434-201.001-006

Material	Tipo Material	Caso	% Redução Final Stock	Stock Inicial	Atrasdos	M 05/2025	M 06/2025	M 07/2025	M 08/2025	M 09/2025	M 10/2025	M 11/2025	M 12/2025	M 01/2026	M 02/2026	M 03/2026	M 04/2026	M 05/2026	Objetivo Stock Final	
434-201.001-006	Exclusivo	F PD Sem 16	90%	729	Entradas	5 000	0	0	0	0	2 500	0	0	0	0	0	0	0	230	
					Necessidades	3 461	252	390	1 005	360	345	120	0	0	0	0	0	0		0
					Ev_Stock	2 268	2 016	1 626	621	261	2 416	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296		2 296
					Ev_Stock_T	0	2 016	1 626	621	261	2 416	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296		

Tabela 23 - Modificação das entradas do material 434-201.001-006, alterando valores relativos aos atrasos

Material	Tipo Material	Caso	% Redução Final Stock	Stock Inicial	Atrasdos	M 05/2025	M 06/2025	M 07/2025	M 08/2025	M 09/2025	M 10/2025	M 11/2025	M 12/2025	M 01/2026	M 02/2026	M 03/2026	M 04/2026	M 05/2026	Objetivo Stock Final	
434-201.001-006	Exclusivo	F PD Sem 16	90%	729	Entradas	5 000	0	0	2 717	0	2 717	0	0	0	0	0	0	0	230	
					Necessidades	3 461	252	390	1 005	360	345	120	0	0	0	0	0	0		0
					Ev_Stock	2 268	2 016	1 626	3 338	2 978	5 350	5 230	5 230	5 230	5 230	5 230	5 230	5 230		5 230
					Ev_Stock_T	0	2 016	1 626	621	261	2 416	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296		2 296

Tabela 24 - Modificação das entradas do material 434-201.001-006, alterando apenas as entradas

Material	Tipo Material	Caso	% Redução Final Stock	Stock Inicial	Atrasdos	M 05/2025	M 06/2025	M 07/2025	M 08/2025	M 09/2025	M 10/2025	M 11/2025	M 12/2025	M 01/2026	M 02/2026	M 03/2026	M 04/2026	M 05/2026	Objetivo Stock Final	
434-201.001-006	Exclusivo	F PD Sem 16	90%	729	Entradas	5 000	0	0	217	0	217	0	0	0	0	0	0	0	230	
					Necessidades	3 461	252	390	1 005	360	345	120	0	0	0	0	0	0		0
					Ev_Stock	2 268	2 016	1 626	838	478	350	230	230	230	230	230	230	230		230
					Ev_Stock_T	0	2 016	1 626	621	261	2 416	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296	2 296		2 296

A Tabela 22, a Tabela 23 e a Tabela 24 apenas diferem nas entradas realizadas do material 434-201.001-006. Como se pode verificar, as linhas a amarelo representam as entradas; as linhas a vermelho representam as necessidades; as linhas a azul-claro representam a evolução de *stock*, calculada de acordo com o *stock* inicial e as diferenças entre entradas e necessidades do mês; por fim, as linhas a branco representam a evolução de *stock* teórica, ou seja, a evolução de *stock* calculada pelo sistema, que representa um meio de comparação, já que esse seria o *stock* original a manter no final.

A Tabela 22 apresenta os valores originais; a Tabela 23 apresenta os valores obtidos através da metodologia, colocando os valores das entradas, caso os valores em atraso pudessem ser alterados; a Tabela 24 apresenta os valores resultantes da metodologia desenvolvida, em que apenas se altera os valores das entradas originais.

Assim, pela Tabela 22, verifica-se que inicialmente existia a entrada de 2500 unidades no mês 09/2025 do material, o que culminava com 2296 materiais em *stock*. Com a utilização da metodologia em que se altera também, os valores relativos ao atraso, na Tabela 23, realizam-se duas entradas de 2717 unidades e termina-se com 5230 unidades do material em *stock*, um valor que é mais do que duas vezes superior ao original, logo não faz sentido, pois queremos reduzi-lo e não aumentá-lo. Para o último caso, demonstrado na Tabela 24, com a entrada de um total de 434 unidades distribuídas por 2 meses (217 por mês), o *stock* final do material fica estabilizado no objetivo de *stock* proposto de 230 unidades.

Desta forma, consegue-se verificar o motivo e também a justificação de ser necessário abordar de uma forma diferente as alterações das entradas dos materiais exclusivos.

- **LTB**

Para o caso da *LTB*, a única diferença será no número de encomendas, que passará, para todos os materiais que necessitam de encomendas, a ser apenas uma única final. Consequentemente, o volume de entradas final também se irá alterar, modificando o custo das encomendas e proporcionando, assim, um meio de comparação que permite verificar qual a abordagem mais vantajosa. A Tabela 25 apresenta o volume de entradas distribuídas final, aplicando *LTB*, para os materiais exclusivos.

Tabela 25 - Volume de entradas distribuídas final dos materiais exclusivos, aplicando *LTB*

Material	Tipo de Material	Volume Total Entradas	Nº Encomendas N	Volume Entradas Distribuídas	Atrasos Entradas	Volume Entradas Distribuídas FINAL
434-201.001-005	Exclusivo	3629	1	3 629	2000	1630
434-201.001-006	Exclusivo	5434	1	5 434	5000	434
434-201.001-008	Exclusivo	6669	1	6 669	40000	0
434-201.001-009	Exclusivo	0	1	0	0	0
434-201.001-009A	Exclusivo	740	1	740	250	490
434-201.001-010	Exclusivo	4117	1	4 117	3000	1118
434-201.001-012	Exclusivo	4346	1	4 346	20000	0
434-201.001-017	Exclusivo	3244	1	3 244	2000	1245
434-201.001-018	Exclusivo	5052	1	5 052	2820	2232
434-201.001-019	Exclusivo	0	1	0	0	0
434-201.007-000	Exclusivo	0	0	0	1465	0
434-201.009-000	Exclusivo	1907	1	1 907	1200	707
434-201.011-000	Exclusivo	1936	1	1 936	3000	0
434-201.013-006	Exclusivo	4622	1	4 622	5000	0
434-201.013-008	Exclusivo	4368	1	4 368	2520	1848
434-201.014-000	Exclusivo	2446	1	2 446	1463	983
434-201.014-005	Exclusivo	1416	1	1 416	1000	417

4.7. Aplicação do Critério de Arredondamentos

Como referido na secção 3.2.6, a partir da identificação do volume de entradas que seria necessário encomendar para cada material, bem como quantas encomendas seriam precisas, fica apenas a faltar a aplicação do critério de arredondamentos, para que as quantidades ideais passem a ser também aplicáveis e aceites pelos diferentes fornecedores. Assim, é possível observar as amostras representativas dos materiais exclusivos quer pela abordagem de entradas múltiplas (Tabela 26), quer através da *LTB* (Tabela 27).

Tabela 26 - Critério de arredondamentos aplicado aos materiais exclusivos, através de entradas múltiplas

Material	Tipo de Material	Volume Entradas Distribuídas FINAL	Nº Encomendas N	Critério Arredondamentos
434-201.001-005	Exclusivo	815	2	800
434-201.001-006	Exclusivo	217	2	200
434-201.001-008	Exclusivo	0	2	0
434-201.001-009	Exclusivo	0	2	0
434-201.001-009A	Exclusivo	245	2	250
434-201.001-010	Exclusivo	559	2	550
434-201.001-012	Exclusivo	0	2	0
434-201.001-017	Exclusivo	623	2	600
434-201.001-018	Exclusivo	1116	2	1 100
434-201.001-019	Exclusivo	0	2	0
434-201.007-000	Exclusivo	0	0	0
434-201.009-000	Exclusivo	236	3	250
434-201.011-000	Exclusivo	0	2	0
434-201.013-006	Exclusivo	0	2	0
434-201.013-008	Exclusivo	924	2	900
434-201.014-000	Exclusivo	197	5	200
434-201.014-005	Exclusivo	105	4	100

Tabela 27 - Critério de arredondamentos aplicado aos materiais exclusivos, através de LTB

Material	Tipo de Material	Volume Entradas Distribuídas FINAL	Nº Encomendas N	Critério Arredondamentos
434-201.001-005	Exclusivo	1630	1	1 600
434-201.001-006	Exclusivo	434	1	450
434-201.001-008	Exclusivo	0	1	0
434-201.001-009	Exclusivo	0	1	0
434-201.001-009A	Exclusivo	490	1	500
434-201.001-010	Exclusivo	1118	1	1 100
434-201.001-012	Exclusivo	0	1	0
434-201.001-017	Exclusivo	1245	1	1 200
434-201.001-018	Exclusivo	2232	1	2 200
434-201.001-019	Exclusivo	0	1	0
434-201.007-000	Exclusivo	0	0	0
434-201.009-000	Exclusivo	707	1	700
434-201.011-000	Exclusivo	0	1	0
434-201.013-006	Exclusivo	0	1	0
434-201.013-008	Exclusivo	1848	1	1 800
434-201.014-000	Exclusivo	983	1	1 000
434-201.014-005	Exclusivo	417	1	400

4.8. Cálculo dos Custos Totais das Encomendas

Para finalizar o estudo, resta calcular o preço das diferentes encomendas, com vista a comparar as diferentes abordagens, de forma a se verificar a aplicabilidade da metodologia desenvolvida na otimização do *stock* em *EoL*.

De seguida, encontra-se, como exemplo, o cálculo do preço das encomendas do material 434-201.001-006 (exclusivo - Tabela 28).

Tabela 28 - Exemplos de cálculo do preço das encomendas originais e após aplicação da metodologia com entradas múltiplas ou LTB, para o material 434-201.001-006

434-201.001-006 [Exclusivo – Original]	$P = C_{Uni} \times V_{Entr} \times N = 0,3966 \times 2500 \times 1 = 991,50 \text{ UM}$
434-201.001-006 [Exclusivo – E.M.]	$P = C_{Uni} \times V_{Entr} \times N = 0,3966 \times 200 \times 2 = 158,64 \text{ UM}$
434-201.001-006 [Exclusivo – LTB]	$P = C_{Uni} \times V_{Entr} \times N = 0,3966 \times 450 \times 1 = 178,47 \text{ UM}$

Como se pode verificar, por via dos cálculos realizados na Tabela 28, para o material 434-201.001-006, há uma redução de 991,50 UM para 158,68 UM, o que representa uma diminuição de cerca de 84% ao optar por entradas múltiplas de acordo com a metodologia, em relação à encomenda original. Já no caso da *LTB*, reduz-se de 991,50 UM para 178,47 UM, a qual representa uma descida de cerca de 82%, em relação ao gasto original.

Assim, neste exemplo isolado, a maior diminuição e, por isso, a maior otimização, seria a partir da implementação da metodologia desenvolvida através de entradas múltiplas.

Deste modo, era necessário fazer o cálculo para todos os materiais que compõem o binóculo 406-07, para que se pudesse, na globalidade, analisar a maior e, desta forma, melhor diminuição de custos.

A Tabela 29, representa as amostras representativas dos preços originais dos diferentes materiais exclusivos. De seguida, apresenta-se também os preços das amostras representativas dos materiais exclusivos após a implementação da metodologia desenvolvida, tanto para entradas múltiplas (Tabela 30) como para *LTB* (Tabela 31).

Tabela 29 - Preço original dos materiais exclusivos

Material	Tipo de Material	Custo Unitário [UM]	Somatório Entradas Originais	Preço Original [UM]
434-201.001-005	Exclusivo	0,6500	2000	1 300
434-201.001-006	Exclusivo	0,3966	2500	992
434-201.001-008	Exclusivo	0,0293	0	0
434-201.001-009	Exclusivo	1,3928	0	0
434-201.001-009A	Exclusivo	2,1300	500	1 065
434-201.001-010	Exclusivo	1,0513	3000	3 154
434-201.001-012	Exclusivo	0,0206	0	0
434-201.001-017	Exclusivo	0,0971	2000	194
434-201.001-018	Exclusivo	0,3700	2400	888
434-201.001-019	Exclusivo	0,0268	0	0
434-201.007-000	Exclusivo	10,6900	981	10 487
434-201.009-000	Exclusivo	7,2800	800	5 824
434-201.011-000	Exclusivo	2,2314	0	0
434-201.013-006	Exclusivo	0,3358	0	0
434-201.013-008	Exclusivo	0,8415	2100	1 767
434-201.014-000	Exclusivo	24,4000	1021	24 912
434-201.014-005	Exclusivo	9,3700	500	4 685
Total:				55 268

Tabela 30 - Preços dos materiais exclusivos após a implementação da metodologia desenvolvida, através de entradas múltiplas

Material	Tipo de Material	Custo Unitário [UM]	Nº Encomendas N	Critério Arredondamentos	Preço E.M. [UM]
434-201.001-005	Exclusivo	0,6500	2	850	1 105
434-201.001-006	Exclusivo	0,3966	2	200	159
434-201.001-008	Exclusivo	0,0293	2	0	0
434-201.001-009	Exclusivo	1,3928	2	0	0
434-201.001-009A	Exclusivo	2,1300	2	250	1 065
434-201.001-010	Exclusivo	1,0513	2	650	1 367
434-201.001-012	Exclusivo	0,0206	2	0	0
434-201.001-017	Exclusivo	0,0971	2	650	126
434-201.001-018	Exclusivo	0,3700	2	1100	814
434-201.001-019	Exclusivo	0,0268	2	0	0
434-201.007-000	Exclusivo	10,6900	0	0	10 487
434-201.009-000	Exclusivo	7,2800	3	250	5 460
434-201.011-000	Exclusivo	2,2314	2	0	0
434-201.013-006	Exclusivo	0,3358	2	0	0
434-201.013-008	Exclusivo	0,8415	2	950	1 599
434-201.014-000	Exclusivo	24,4000	5	200	24 400
434-201.014-005	Exclusivo	9,3700	4	100	3 748
Total:					50 329

Resultados e Discussão

Tabela 31 - Preços dos materiais exclusivos após a implementação da metodologia desenvolvida, através de LTB

Material	Tipo de Material	Custo Unitário [UM]	Nº Encomendas N	Critério Arredondamentos	Preço LTB [UM]
434-201.001-005	Exclusivo	0,6500	1	1600	1 040
434-201.001-006	Exclusivo	0,3966	1	450	178
434-201.001-008	Exclusivo	0,0293	1	0	0
434-201.001-009	Exclusivo	1,3928	1	0	0
434-201.001-009A	Exclusivo	2,1300	1	500	1 065
434-201.001-010	Exclusivo	1,0513	1	1100	1 156
434-201.001-012	Exclusivo	0,0206	1	0	0
434-201.001-017	Exclusivo	0,0971	1	1200	117
434-201.001-018	Exclusivo	0,3700	1	2200	814
434-201.001-019	Exclusivo	0,0268	1	0	0
434-201.007-000	Exclusivo	10,6900	0	0	10 487
434-201.009-000	Exclusivo	7,2800	1	700	5 096
434-201.011-000	Exclusivo	2,2314	1	0	0
434-201.013-006	Exclusivo	0,3358	1	0	0
434-201.013-008	Exclusivo	0,8415	1	1800	1 515
434-201.014-000	Exclusivo	24,4000	1	1000	24 400
434-201.014-005	Exclusivo	9,3700	1	400	3 748
Total:					49 616

Através da visualização destas três tabelas, é possível observar que o custo das encomendas, neste exemplo de materiais exclusivos, diminuiu, quer para a metodologia implementada com entradas múltiplas, quer para a metodologia através de LTB. Através das entradas múltiplas (Tabela 30), para este exemplo de materiais, reduziu-se cerca de 9% das unidades monetárias investidas. Já no caso da LTB (Tabela 31), o custo das encomendas diminuiu cerca de 10% em relação ao gasto original.

Após serem feitas as análises às amostras representativas, era ainda necessário juntar os valores finais dos respetivos cálculos de todos os materiais que compõem o binóculo 406-07. Desta forma, de igual modo ao anteriormente realizado, é possível observar, na Tabela 32, o resumo da metodologia colocada em prática, através dos resultados obtidos para o somatório do preço dos materiais exclusivos do produto em estudo. É de salientar que a coluna “E.M.” representa o somatório em que o cálculo do preço dos materiais exclusivos fez-se com entradas múltiplas. Já a coluna “LTB” representa o somatório em que esse mesmo cálculo foi feito para apenas uma última entrada, a LTB.

Tabela 32 - Preços totais das encomendas originais e das encomendas após aplicação da metodologia, através de entradas múltiplas e LTB

	Original [UM]	E.M. [UM]	LTB [UM]
Preço	500 976,97	427 359,83	425 767,62
Redução	-	73 617,15	75 209,35
		14,7%	15,0%

A partir da análise desta tabela, verifica-se que existe realmente uma redução significativa dos custos com a implementação da metodologia desenvolvida, tanto quando se opta pela estratégia de entradas múltiplas para os materiais exclusivos, em que há uma diminuição de custos de 14,7%, como quando se recorre à LTB para os mesmos, ocorrendo a maior redução, de 15,0% em relação aos custos originais das entregas.

Assim, confirma-se que a solução proposta para o dimensionamento do *stock* final de materiais que são exclusivos a produtos que se encontram em fim de vida, é eficaz e vantajosa, quer quando se opta por entradas múltiplas até ao fim do ciclo do produto, quer por uma última compra de materiais. Para este caso específico do binóculo 406-07, optando-se por fazer as *LTB's* é possível obter uma diminuição de custos ainda maior, logo mais lucrativa.

5. Conclusão

Neste capítulo são abordadas as conclusões finais a retirar acerca do trabalho, quais as suas limitações e também sugestões para possíveis trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

Durante a fase do fim do ciclo de vida de um produto (*End-of-Life - EoL*), o planeamento automático do sistema *ERP*, neste caso, do sistema *SAP*, continua a gerar necessidades e a sugerir encomendas, de acordo com as regras base de *MRP*, sem discriminar que a procura futura será residual ou nula. Com isto, ocorrem encomendas excessivas que deixam um *stock* remanescente superior ao necessário. Assim, há maiores custos de inventário, maiores riscos de obsolescência e, como é de esperar, uma maior imobilização financeira.

Não existindo nenhuma estratégia definida para o dimensionamento deste tipo de *stock* no plano de descontinuação da organização, e para colmatar esta falha operacional, esta dissertação propõem uma metodologia prática para ajustar este *stock*, que complementa o funcionamento do sistema, com as decisões suportadas por dados e regras operacionais adaptadas ao contexto *EoL*.

A metodologia desenvolvida combina quatro componentes principais: uma árvore de decisão que clarifica os casos operativos; uma tabela de decisão que aplica percentagens de redução do *stock* final de acordo com fatores críticos, de forma a manter margens de segurança; cálculos de equilíbrio de *stock* e de *EOQ* adaptados ao horizonte temporal do *phase-out*; e um critério de arredondamentos que torna os resultados teóricos obtidos em valores práticos aplicáveis às restrições reais de fornecedores e tamanhos mínimos de lote. De um modo mais prático, parte-se da quantidade de *stock* remanescente resultante da última encomenda proposta pelo *SAP* e aplica-se, sobre esse valor, as percentagens de ajuste definidas. De acordo com os fatores de decisão, existem três tipos que necessitam de uma margem de segurança: o tipo de suprimento externo (10%), o tipo de *MRP VB* (5%) e a existência de necessidades registadas pelo *CC* (15%). Estas margens operacionais foram estabelecidas a partir de análises aos dados históricos da organização e do trabalho, com registos e contactos, com os responsáveis das diferentes áreas, que refletem a realidade operacional e os riscos específicos observados.

Do ponto de vista dos cálculos em si, a aplicação das percentagens sobre o *stock* remanescente, permite o ajuste às entradas previstas e/ou a redefinição dos tamanhos de lote. O critério de

Conclusão

arredondamentos assegura que as quantidades propostas são exequíveis face às restrições dos fornecedores, o que permite reduzir o desfasamento entre a teoria e a prática.

A aplicação desta metodologia para o caso de estudo do binóculo 406-07, produziu resultados economicamente relevantes, em relação aos consumos iniciais: reduções de cerca de 14,7% utilizando a estratégia de entradas múltiplas e cerca de 15,0% quando se opta pela *LTB*. Estes resultados demonstram que é possível conciliar a diminuição de custos, com o controlo de risco de obsolescência.

Concluindo, a metodologia desenvolvida e proposta fornece um processo seguro para gestão de materiais exclusivos de produtos que se encontram em fim de vida, integrando a análise de dados com critérios operacionais que o sistema não consegue fornecer automaticamente. A sua adoção pode realmente contribuir para a padronização das estratégias de dimensionamento de *stock* deste tipo de produtos, permitindo minimizar desperdícios e, deste modo, reduzir custos.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento deste projeto, foi possível identificar algumas limitações, que influenciaram a análise e os resultados finais obtidos.

Um dos principais desafios do projeto foi a falta de domínio do software utilizado para a extração e tratamento de dados, o sistema *SAP*. A sua compreensão exigiu um elevado período de tempo e também adaptações que não estavam previstas no início do estudo. Por outro lado, tendo as extrações sido realizadas no mês de maio do presente ano, até ao momento, os dados podem-se ter alterado devido a fatores externos, como por exemplo atrasos na linha produtiva, os quais, conseqüentemente, por vezes, acabam por atrasar as datas previstas para o fim de vida dos produtos.

A disponibilidade limitada dos diversos responsáveis do planeamento, das compras e da engenharia dificultou a obtenção e validação das informações necessárias, em particular para a determinação das margens de segurança, cuja definição exigiu trabalho direto com registos e entrevistas aos mesmos.

Como trabalhos futuros, propõe-se identificar os materiais que permitam completar os produtos finais e avaliar a viabilidade de produzir e, subseqüentemente, vendê-los, utilizando os excedentes, ao invés de reduzir imediatamente o *stock*. Por outro lado, deve ser feita também uma análise ao custo-benefício, de forma a comparar a compra de peças adicionais para aumentar a produção, a utilização dos excedentes para produção e venda, e a sucata dos excedentes, incluindo custos de armazém e potenciais lucros. Para além disto, a criação de um armazém dedicado apenas a excedentes, facilitaria a sua separação para que este tipo de materiais pudessem ser facilmente contabilizados e analisados.

Para finalizar, seria importante assegurar uma maior eficácia e robustez no processo de descontinuação.

REFERÊNCIAS

- Ackermann, A. E., & Sellitto, M. A. (2022). *Métodos de previsão de demanda: uma revisão da literatura*.
- Alsehaimi, A., Waqar, A., Alrasheed, K. A., Bageis, A. S., Almujiabah, H., Benjeddou, O., & Khan, A. M. (2024). *Building a sustainable future: BIM's role in construction, logistics, and supply chain management*. *Ain Shams Engineering Journal*: Volume 15, Issue 12, ISSN 2090-4479.
- Alves, I., & Albuquerque, V. (2023). *Implementação das metodologias Business Process Management e Lean Six Sigma na gestão dos processos internos de uma editora*.
- Alwadi A. et al. (2017). *Smart Solutions for RFID Based Inventory Management Systems: A Survey*. *Scalable Computing: Practice and Experience*: Volume 18, Number 4, pp. 347–360.
- Arima, C. H., & Capezzutti, D. (2002). *Visão Logística Integrada a Partir de Processamento de Pedidos e Nível de Serviço*.
- Assumpção, J. J., & Campos, L. M. (2018). *Green Supply Chain Management : Trends and Challenges*.
- Assumpção, M. (2003). *Reflexão Para Gestão Tecnológica Em Cadeias De Suprimento*. *Gestão & Produção*: v.10(3), p.345-361.
- Baldesin J. et al. (2014). *Fluxo Logístico: do Recebimento à Expedição no Processo de Ampliação de uma Empresa do Segmento de Reciclagem*.
- Ballou, R. (2006). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial*. São Paulo: Bookman.
- Balog M. et al. (2024). *The 2nd EAI International Conference on Automation and Control in Theory and Practice*. Chapter 14, pag181-191.
- Baumann, H., & Rydberg, T. (2002). *Life cycle assessment: a comparative analysis of three methodological approaches*. *Journal of Cleaner Production*: 10(5), 397-404.
- Bazerghi, A., & Mieghem, A. J. (2022). *Last time buy or last resort? Insights from the field*. *Insights from the Field*.
- Behfard S. et al. (2015). *Last time buy and repair decisions for spare parts*. *European Journal of Operational Research*: 244(2), 498-510.
- Bell J. et al. (2014). *Logistics Information System Evaluation: Assessing External Technology Integration and Supporting Organizational Learning*. *Journal of Business Logistics*: Volume 35, Issue 4 p. 338-358.
- Bixby, J. (2002). *Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos*. Porto Alegre: Bookman.
- Botelho, D. M. (2022). *Otimização do Processo de Logística Interna num Ambiente Industrial*.
- Bouchard S. et al. (2023). *Strategy using modularity tools to operationalize mass customization in manufacturing small and medium-sized enterprises*. *Cleaner Logistics and Supply Chain*: Volume 9, ISSN 2772-3909.
- Bugor, F., & Filho, J. d. (2021). *The Importance of the Production Planning and Control (PCP) for the Development of Current Industries*. *Interface Tecnológica* - v. 18 n. 1.
- Calle M. et al. (2016). *Integrated management of inventory and production systems based on floating decoupling point and real-time information: A simulation based analysis*. *International Journal of Production Economics*: Volume 181, Part A, Pages 48-57.
- Carvalho R. et al. (2007). *Gestão da Informação Aplicada à Logística: Estudo de Caso de uma Grande Agroindústria Brasileira*. Salvador, Bahia, Brasil.
- Chang A. et al. (2022). *Blockchain Technology for Supply Chain Management: A Comprehensive Review*. *FinTech*, 1, 191–205.

Referências

- Chen Y. et al. (2022). *Circular economy strategies and economic performance in manufacturing*. Journal of Cleaner Production.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Sixth Edition.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson UK.
- Cirulis, A., & Ginters, E. (2013). *Augmented Reality in Logistics*.
- Corrêa, H., & Corrêa, C. (2019). *Gestão da Produção*.
- Cruz, H. R. (2018). *Planeamento e Programação da Produção: Sistemas Integrados de Gestão de Informação na base da Tomada de Decisão - Estudo de caso numa empresa do ramo alimentar*.
- D'Andrea F. et al. (2015). *Internal logistics of building materials retailers in big Santarém – Para*. Revista de Administração de Roraima-UFRR, Boa Vista, Vol. 5.
- Du, J. (2022). *The Impact and Challenges of the Internet of Things (IoT) on Supply Chain Management*. Advances in Economics, Business and Management Research, volume 656.
- Dutra, F. A., & Erdamann, R. H. (2007). *Análise do planejamento e controle da produção sob a ótica da Teoria da Complexidade*.
- Engesystems. (7 de Fevereiro de 2023). *Logística Interna: o que é e por que é importante para sua empresa*. Obtido de <https://www.linkedin.com/pulse/log%C3%ADstica-interna-o-que-%C3%A9-e-por-importante-para-sua-empresa/>
- Engesystems. (23 de Novembro de 2023). *Táticas avançadas de Gestão de Inventário na armazenagem*. Obtido de <https://www.linkedin.com/pulse/t%C3%A1ticas-avan%C3%A7adas-de-gest%C3%A3o-invent%C3%A1rio-na-armazenagem-engesystems-f3vxf/>
- Fareed A. et al. (2024). *Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review*.
- Fernandes, A. B. (2022). *Otimização da logística interna – logística na receção de produtos para distribuição: Estudo do caso Sun City Ibérica*.
- Fleury, P. F., & Hijjar, M. F. (2000). *Serviço ao Cliente e Desempenho Logístico no Varejo Virtual do Brasil*.
- Freire, G. (2014). *Logística Interna como ferramenta de competição*. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.
- Freitas, S. A. (2022). *Automatização de um braço robótico combinado com o controlo de um tapete rolante*.
- Geest M. et al. (2021). *Smart warehouses: Rationale, challenges and solution directions*. Applied sciences: 12(1), 219.
- Giacon, E., & Mesquita, M. A. (2011). *A survey on detailed production scheduling in manufacturing plants in São Paulo, Brazil*.
- Gimenes A. et al. (2019). *Como funciona o Recebimento, Armazenamento e Expedição*.
- Gois, J. N., & Gasparotto, A. M. (2020). *Um estudo sobre a metodologia Seis Sigma*. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 743–754.
- Guarnieri P. et al. (2006). *WMS – Warehouse Management System: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa*. Produção, v. 16: n. 1, p. 126-139.
- Guimarães, V. C. (2016). *Contributos da Big Data aplicados à gestão da cadeia de abastecimento de smart vending machines*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Aveiro.
- Harris, F. W. (1913). *How many parts to make at once*. Factory, The Magazine of Management: 10(2), 135–136, 152.
- Heizer J. et al. (2016). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*.

- Hua Z. et al. (2004). *Impact of demand uncertainty on supply chain cooperation of single-period products*.
- Hui G. et al. (2025). *An empirical study on logistic service quality, customer satisfaction, and cross-border repurchase intention*. Volume 11, Issue 1: ISSN 2405-8440.
- IHS Technology. (2015). *End-of-Life Notices Continue Dip, But No Time for Complacency*.
- Inderfurth, K., & Mukherjee, K. (2008). *Decision support for spare parts acquisition in post product life cycle*. Central European Journal of Operations Research,; 16, 17-42.
- Jin, S., & Karki, B. (2024). *Integrating IoT and blockchain for intelligent inventory management in supply chains: A multi-objective optimization approach for the insurance industry*. Journal of Engineering Research: ISSN 2307-1877.
- Júnior, J. A. (2013). *A Intralogística como Fator Diferenciador na Competitividade Industrial suprimentos: um estudo de simulações estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico integrado logístico e financeiro*. Ribeirão Preto, Brasil.
- KAIZEN, I. (2024). *Melhorar a Eficiência do Armazenamento e Distribuição*. Obtido de <https://kaizen.com/pt/insights-pt/eficiencia-armazenamento-distribuicao/>
- Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2016). *A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research*. International Journal of Production Economics: Volume 171, Part 1, Pages 116-133.
- Khan M. et al. (2024). *Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects*.
- Khan M. et al. (2024). *Modeling enablers of agile and sustainable sourcing networks in a supply chain: A case of the plastic industry*. Journal of Cleaner Production: Volume 435, ISSN 0959-6526.
- King, P. (2011). *Understanding safety stock and mastering its equations*. APICS Magazine: pp. 33–36.
- Kleber R. et al. (2011). *Dynamic buy-back for product recovery in end-of-life spare parts procurement*. International Journal of Production Research: 50(6), 1476–1488.
- Kourentzes N. et al. (2017). *Demand forecasting by temporal aggregation: Using optimal or multiple aggregation levels?*
- Kubaski, F. C. (2016). *O Processo de Planejamento Estratégico em Pequenas Empresas: O Caso “Mundo Novo Educação Especial”*.
- Lawson, I. T., & Onuoha, B. C. (2024). *Operational Flexibility and Organizational Resilience of Small and Medium Enterprises in Rivers State*. Academia Networks International Journal of Entrepreneurship & Business Studies, 8(7): 16-27: ISSN: 6722-6485.
- Leite, P. R. (2010). *Logística Reversa: Sustentabilidade e Competitividade*. 3ª edição.
- Li X. et al. (2012). *Cold chain logistics system based on cloud computing*.
- Licardo J. et al. (2024). *Intelligent Robotics—A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends*.
- Lima D. et al. (2016). *Value Stream Mapping and Simulation for Implementation of Lean Manufacturing Practices in a Footwear Company*.
- Mansik H. et al. (2018). *End-of-life inventory control of aircraft spare parts under performance based logistics*. International Journal of Production Economics: Volume 204, Pages 186-203.
- Marodin G. et al. (2012). *Avançando na implantação da logística interna lean: dificuldades e resultados alcançados no caso de uma empresa montadora de veículos*.
- Marques, P. J. (2007). *Simulação de um Sistema Automático de Logística Interna para a Indústria de Calçado*.
- Martins, R. V. (2019). *Otimização da logística de recepção e expedição*.

Referências

- MECALUX. (2022). *Digital twins: 3 exemplos de aplicação no setor logístico*. Obtido de <https://www.mecalux.com.br/blog/digital-twins-exemplos>
- MECALUX. (2023). *Digital twin: o uso de réplicas virtuais para ser mais eficientes*. Obtido de <https://www.mecalux.pt/blog/digital-twin>
- Medeiros A. et al. (2018). *Melhoria Logística Interna: Um estudo de caso em estoque fabril*.
- Menezes M. et al. (2016). *The component commonality problem in a real multidimensional space: An algorithmic approach*. European Journal of Operational Research: Volume 249, Issue 1, Pages 105-116.
- Mentzer J. et al. (2001). *The Nature of Interfirm Partnering in Supply Chain Management*. Journal of Retailing: 77(4), 549-573.
- Miranda, D. A. (2016). *Otimização do sistema de gestão de armazenamento e inventário numa empresa de retalho*.
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*.
- Monks, J. G. (1987). *Principles of Production Management*.
- Moreira, P. R. (2019). *Criação e gestão de um armazém de peças sobresselentes numa empresa têxtil*.
- Moura, B. (2006). *Logística: conceitos e tendências*. Portugal: Centro Atlântico.
- Mozart B.C. Menezes et al. (2016). *The component commonality problem in a real multidimensional space: An algorithmic approach*. European Journal of Operational Research: Volume 249, Issue 1, Pages 105-116.
- Nagorny K. et al. (2017). *Big Data Analysis in Smart Manufacturing: A Review*.
- Neto A. et al. (2020). *Digital twins in manufacturing: an assessment of drivers, enablers and barriers to implementation*.
- Nguyen T. et al. (2024). *Towards sustainable scheduling of a multi-automated guided vehicle system for collision avoidance*. Computers and Electrical Engineering: Volume 120, Part C, ISSN 0045-7906.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*.
- Oliveira A. et al. (2022). *Logística Verde: um novo mecanismo de sustentabilidade ambiental no sistema operacional das empresas*.
- Oliveira, R. M. (2024). *Transformação Digital nas Cadeias de Suprimentos: Benefícios, Desafios e Inovações Tecnológicas*.
- Ozyoruk E. et al. (2022). *End-of-life inventory management problem: Results and insights*. International Journal of Production Economics: 243, 108313.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. JHU Press.
- Pereira G. et al. (2012). *Planejamento e Controle da Produção: Um estudo à luz da produção científica*.
- Pereira, F. A. (2023). *O Planeamento Estratégico como modelo de melhoria contínua das organizações*.
- Pesquera, M. A. (2024). *Automation in logistics port and freight transport with blockchain technology*.
- Petraglia J. et al. (2012). *Inovação em Operações de Serviços Logísticos: Análise da Interação de Múltiplos Atores Logísticos*. Gestão & Regionalidade, 28.
- Pinçe Ç. et al. (2021). *Intermittent demand forecasting for spare parts: A Critical review*. Omega: Volume 105.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). *Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility*.
- Pourakbar M. (2011). *End-of-Life Inventory Decisions of Service Parts*. No. EPS-2011: 249-LIS.
- Rangel, L. S. (2023). *7 medidas para reforçar eficazmente a segurança em armazém*. Obtido de <https://www.rangel.com/pt/blog/seguranca-em-armazem/>

- Rego, R. F. (2011). *Agilizar o fluxo de informação na logística interna*.
- Reis, M. (2021). *Sistemas Integrados de Logística com Ênfase no TMS*.
- Reis, P. R. (2004). *Logística Empresarial como Estratégia Competitiva: Caso do Centro de Distribuição da Ambev*. Florianópolis –SC.
- Rizzon F. et al. (2015). *Logística Interna e Melhoria Contínua: Estudo de Caso Aplicado a uma Montadora de Veículos Coletivos*.
- Rocha. et al. (2019). *Relação entre o planejamento e controle de produção com o desenvolvimento de produto: um estudo de caso em uma empresa de comunicação visual*.
- Rodrigues E. et al. (2010). *Logística de preparação e montagem de pedidos: Um estudo sobre a aplicação de sistemas na montagem de pedidos em uma editora de livros em São Paulo*.
- Rodrigues, A. R. (2014). *Relatório de Estágio em Farmácia Hospitalar*.
- Rodrigues, B. F. (2018). *Logística Verde: Um estudo de caso sobre a eficiência da otimização de rotas na redução do consumo de combustível em uma empresa de bebidas*.
- Rodrigues, L. A. (2021). *Propostas de Melhoria no Processo de Receção de Mercadorias numa Empresa do Setor da Energia: uma Pesquisa-Ação*.
- Ryck M. et al. (2020). *Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques*.
- Santos M. et al. (2010). *Embalagem nos Produtos de Envase: Fatores que influenciam no processo de tomada de decisão*.
- Santos V. et al. (2018). *A integração entre a Inteligência Artificial (AI) e a Cadeia de Suprimentos no contexto da Logística 4.0*.
- Santos, C. R. (2022). *Planejamento e controle de produção: uma revisão bibliográfica*.
- Sherwani F. et al. (2020). *Collaborative Robots and Industrial Revolution 4.0 (IR 4.0)*.
- Simchi-Levi D. et al. (2004). *Cadeia de Suprimentos: Conceitos Estratégias Práticas*. São Paulo: Atlas.
- Slack N. et al. (2010). *OperatiOns ManageMent*.
- Stadtler H. (2005). *Supply chain management and advanced planning–basics, overview and challenges*. European Journal of Operational Research: Volume 163, Issue 3, 575-588.
- Stamatis, D. (2011). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*.
- Terzi S. et al. (2010). *Product lifecycle management—from its history to its new role*. International Journal of Product Lifecycle Management: 4(4), 360-389.
- Thieblemont H. et al. (2017). *Predictive control strategies based on weather forecast in buildings with energy storage system: A review of the state-of-the art*. Energy and Buildings: Volume 153, Pages 485-500, ISSN 0378-7788.
- Thomaz, M. F. (2015). *Balanced ScoreCard e Hoshin Kanri: Alinhamento Organizacional e Execução da Estratégia*. Lisboa: LIDEL.
- Towers, N., & Ashford, R. (2001). *The supply chain management of production planning and sustainable customer relationships*.
- Trindade, U. B. (2022). *Uso do sistema WMS na logística interna e no gerenciamento de estoques em uma fábrica do ramo metalúrgico*. Refas - Revista Fatec Zona Sul, 8(5), 1–14.
- Vargas, F. B., & Formoso, C. T. (2019). *Method for location-based production planning and control supported by BIM*.
- Wieczorek, A. (2017). *Impact of 3D printing on logistics*.
- Wronka, A. (2016). *Lean Logistics*. Journal of Positive Management, 7(2), 55–63.
- Xu Q. et al. (2012). *A Review of Croston's method for intermittent demand forecasting*. Proceedings.

Referências

- Zhang S. et al. (2021). *Spare parts inventory management: A literature review*. Sustainability: 13(5), 2460.
- Zhang W. et al. (2025). *Integrated optimization of storage space allocation and crane scheduling in automated storage and retrieval systems*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing: Volume 93, ISSN 0736-5845.
- Zhang, M., & Grosse, E. H. (2024). *How to Model Human–Robot Collaborative Logistics Systems: Systematic Literature Review and Future Perspectives*. IFAC-PapersOnLine: Volume 58, Issue 19, Pages 379-384.

Declaração de Integridade

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

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

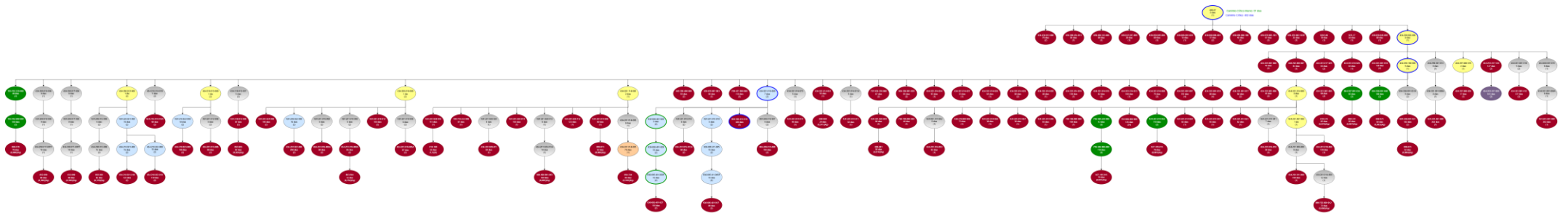
Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P. PORTO.

NOME:

Gonçalo Manuel Lopes Pereira

ISEP, Porto, 12 de setembro de 2025

Apêndice A – Árvore de Produto



Grupo MRP:

0001 Materiais Mecânica

0002 Materiais Óptica

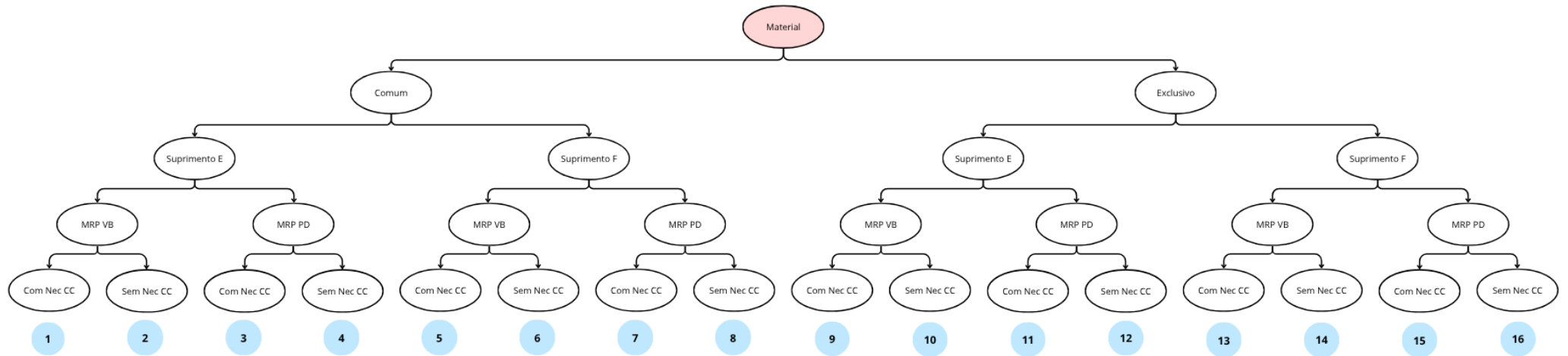
0003 Materiais Montagem

0006 Material Subcontratação

0010 MM- Material Comprado

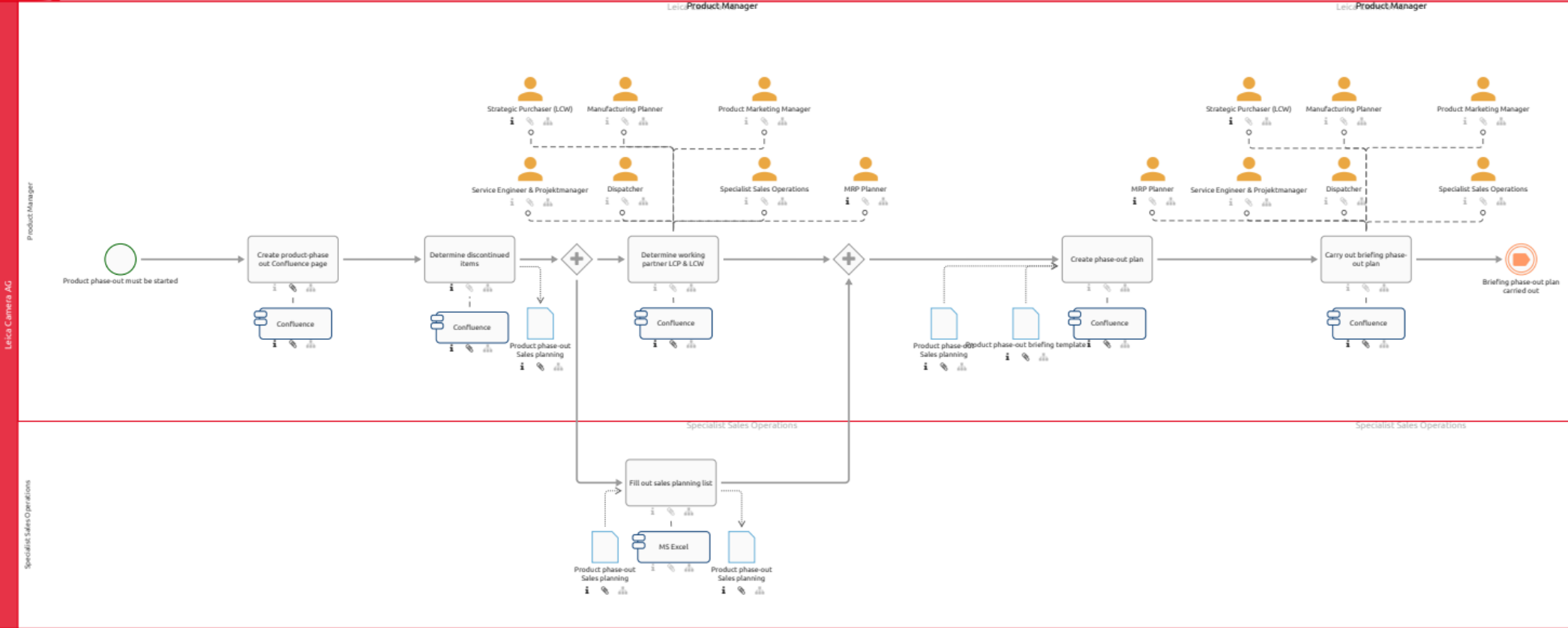
0011 Subcontratação com venda de matéria-prima

Apêndice B – Árvore de Decisão



Anexo A – Mapas de Processo do Plano de Descontinuação

M05.06.01 Initiate phase-out plan





M05.06.03 Implement phase-out plan

