

Gestão de Stocks num Armazém na Indústria da Cortiça - Aplicação do MRP

Pedro Dinis Sousa Santos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Jonas André Rodrigues Henriques de Lima



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2025-06-27

À minha família

Resumo

O presente trabalho centra-se na aplicação do módulo de Material Requirements Planning (MRP) no programa de Enterprise Resources Planning (ERP) aos materiais geridos por um armazém central na indústria da cortiça.

O armazém encontrava-se numa situação inicial de gestão de stocks baseada na sensibilidade da equipa do armazém. No passado, já havia sido usado o módulo MRP neste armazém para o planeamento de necessidades de material, no entanto, devido à não atualização dos parâmetros deste, este módulo caiu em desuso. Tal despoletou um dos objetivos do projeto que se centrou no desenvolvimento de uma ferramenta que facilitasse o processo de parametrização dos MRPs dos materiais.

Desta forma, foi realizada uma análise aos materiais geridos neste armazém, tendo-se identificado grupos de materiais com especificidades distintas. De seguida, foi explorado o módulo MRP, identificando-se os requisitos deste e os casos de uso para os diferentes grupos de materiais. Com a análise realizada, foi desenvolvido um programa com o objetivo de atender aos requisitos dos vários materiais identificados e cujo uso fosse compatível na parametrização de outros armazéns da empresa.

Ao nível de resultados, os materiais propostos para introdução em MRP foram todos parametrizados no programa ERP. Verificou-se uma redução de 3,24% nas existências em armazém no período de teste, antes do término do projeto, esperando-se, a longo prazo, uma redução ainda mais significativa. Um segundo armazém, de menor dimensão, foi igualmente colocado em MRP, seguindo a abordagem descrita. Por último, a empresa ficou capacitada para colocar mais armazéns em MRP e realizar atualizações regulares na parametrização destes.

Stock Management in a Warehouse of the Cork Industry - Application of the MRP

Abstract

This work focuses on the application of the Material Requirements Planning (MRP) module within an Enterprise Resource Planning (ERP) system for the management of materials stored in a central warehouse in the cork industry.

Initially, stock management in the warehouse was based primarily on the judgment of warehouse staff. Although the MRP module had been used in the past to plan material requirements, it gradually fell into disuse due to the lack of parameter updates. This context gave rise to one of the project's main objectives, that is the development of a tool to simplify the parameterization process of MRP settings for warehouse-managed materials.

In this context, an analysis was carried out on the materials managed in this warehouse, and groups of materials with distinct specificities were identified. Next, the MRP module was explored, its requirements were outlined, and use cases were defined for the different material groups. Based on this analysis, a program was developed with the objective of meeting the requirements of the various identified materials, while also being compatible with the parameterization of other warehouses in the company.

In terms of results, all the materials proposed for MRP implementation were successfully parameterized in the ERP system. A 3.24% reduction in warehouse inventory was observed during the testing period, prior to the end of the project, and a more significant long-term reduction is expected. A second, smaller warehouse was also placed under MRP, following the described approach. Lastly, the company is now equipped to implement MRP in additional warehouses and to regularly update their parameterization.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores na Amorim Cork, a Gestora Marlene Peixoto e o Engenheiro Rui Castanheira, pela ajuda constante e confiança que depositaram em mim para a realização deste projeto. Foram fundamentais para o seu sucesso.

Em segundo lugar, a toda a equipa da Logística da Amorim Cork por me terem integrado tão bem no seu dia a dia e com a qual aprendi bastante em vários níveis. Gostei muito do tempo que privei com este departamento.

Agradeço à Bruna Paulino pela disponibilidade e pela ajuda prestada na componente técnica do SAP.

Um agradecimento especial ao Paulo Pinho, pela amizade, por ter reconhecido utilidade neste trabalho e pela forma descontraída com que me ajudou a aplicá-lo ao armazém.

Agradeço ao Professor Jonas Lima pela disponibilidade e orientação ao longo do projeto.

Por fim, à minha família, que me apoia incondicionalmente em todos os desafios e obstáculos, e na qual encontro motivação para fazer mais e melhor.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	A Amorim Cork e o Departamento de Logística.....	1
1.3	Objetivos do projeto.....	2
1.4	Método seguido no projeto.....	3
1.5	Estrutura da dissertação.....	3
2	Revisão da literatura.....	4
2.1	Gestão de stocks.....	4
2.1.1	Sistemas de controlo de stocks.....	4
2.1.2	Tamanhos de lote.....	6
2.1.3	Stock de segurança.....	7
2.2	Análises ABC/XYZ na gestão de stock.....	9
2.3	Métodos de previsão de consumo.....	10
2.3.1	Decomposição clássica.....	10
2.3.2	Métodos de suavização.....	11
2.3.3	Procura intermitente.....	13
2.3.4	Medidas de erro.....	14
2.3.5	Validação dos métodos de previsão.....	15
2.3.6	Comparação de modelos de previsão.....	15
2.4	O MRP.....	15
3	O problema no armazém MNC.....	17
3.1	Situação Inicial de levantamento de necessidades.....	17
3.2	O módulo MRP em SAP.....	19
3.2.1	Tipos de MRPs existentes em SAP.....	21
3.2.2	Regras de cálculo do tamanho de lote em SAP.....	23
3.2.3	Outros parâmetros do MRP em SAP.....	24
3.3	Identificação dos materiais.....	25
3.4	Análise ABC/XYZ.....	27
4	Solução proposta.....	29
4.1	Recolha, análise e tratamento de dados.....	29
4.1.1	Recolha de dados.....	29
4.1.2	Análise de dados.....	30
4.1.3	Tratamento de dados.....	32
4.2	Comparação dos diferentes tipos de MRPs orientados ao consumo e definição de um novo tipo de MRP.....	33
4.3	Materiais em que se constitui stock.....	35
4.3.1	Previsão de consumo médio diário.....	35
4.3.2	Definição de stocks de segurança.....	36
4.3.3	Definição de pontos de reabastecimento.....	37
4.3.4	Materiais de consumo intermitente.....	38
4.3.5	Materiais de compra em bolo.....	39
4.3.6	Materiais requisitados à sexta-feira.....	39
4.3.7	Materiais de lote.....	40
4.4	Materiais para expedir.....	40
4.5	Programa desenvolvido.....	41
4.5.1	Dados de entrada.....	41
4.5.2	Funcionamento do programa.....	42
4.5.3	O MRP V4 no programa.....	43
5	Discussão de resultados e conclusões.....	45
5.1	Conversão de requisições MRP em pedidos de compra.....	45

5.2 Resultados ao nível de existências em armazém	46
6 Conclusões e trabalhos futuros	49
6.1 Conclusões	49
6.2 Trabalhos futuros	50
Referências	51
Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	53
ANEXO A: Diagramas de processos	54
ANEXO B: Transações relevantes para o MRP em SAP	55
ANEXO C: Decomposição dos materiais de interesse para colocação em MRP	59
ANEXO D: Vistas do programa de parametrização dos MRPs em SAP	60

Lista de siglas

AC – Amorim Cork

BOM – *Bill of Materials*

CV – Coeficiente de Variação

DMA – Desvio Médio Absoluto

EOQ – *Economic Order Quantity*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EM – Erro Médio

EMA – Erro Médio Absoluto

EMAP – Erro Médio Absoluto Percentual

ERP – *Enterprise Resource Planning*

LTC – *Least Total Cost*

LUC – *Least Unit Cost*

L4L – *Lot-for-Lot*

MNC – Materiais Não Cortiça

MPS – *Master Production Schedule*

MRP – *Material Requirements Planning*

MTO – *Make-to-Order*

NIF – Número de Identificação Fiscal

OV – Ordem de Venda

SAC – Serviço de Apoio ao Cliente

SAP – *Systems, Applications and Products in Data Processing*

STO – *Stock Transport Order*

TCA – Tricloroanisol

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo de revisão contínua. Adaptado de: Rushton et al (2022).....	5
Figura 2 - Modelo de revisão periódica. Adaptado de: Rushton et al (2022).....	5
Figura 3 - Variação dos custos com a quantidade pedida. Adaptado de: Ballou (2006).....	6
Figura 4 - Evolução do custo com o nível de serviço. Adaptado de: Christopher (2011).....	8
Figura 5 - O nível de serviço na distribuição normal. Adaptado de: Christopher (2011).	8
Figura 6 - Última fila de 22 IBCs de peróxido, que pela regra de negócio, deveria ser realizada uma requisição para uma nova fila de 22 IBCs.	17
Figura 7 - Depósito de químicos a aguardar inspeção.....	18
Figura 8 - Funcionamento do tipo de MRP VB, com a evolução do stock ao longo de três semanas.....	21
Figura 9 - Funcionamento do tipo de MRP V1, com a evolução do stock ao longo de três semanas.....	22
Figura 10 - Funcionamento do tipo de MRP VV, com a evolução do stock ao longo de três semanas.....	22
Figura 11 - Funcionamento do tipo de MRP PD, com a evolução do stock ao longo de três semanas.....	23
Figura 12 - Impacto do tempo de processamento na colocação requisições de material.	24
Figura 13 - Análise ABC/XYZ aos materiais para inclusão em MRP.	27
Figura 14 - Gráficos com os consumos do material 90200189 compreendidos entre 01-2023 e 03-2025.....	31
Figura 15 - Gráfico com a comparação dos registos em SAP com a extração dos movimentos de consumo e tratamento manual destes fora do SAP.....	31
Figura 16 - Gráfico com a distribuição do <i>lead time</i> de entrega para um material de embalagem.	32
Figura 17 - Gráficos que retratam o efeito da remoção dos dias efetivamente trabalhados no material 90200189.....	33
Figura 18 - Esquema com o funcionamento do MRP V4 para um produto com <i>lead time</i> de uma semana.	34
Figura 19 - Esquema do funcionamento do MRP V4 com um ponto de reabastecimento definido quando existem unicamente necessidades planeadas.	34
Figura 20 – Esquema com as várias componentes com impacto no <i>lead time</i> de um material.	37
Figura 21 - Gráfico com o consumo do material de manutenção 90601776 de 01-2023 a 03-2025.	38
Figura 22 - Gráfico com o impacto nos consumos do material 90200189, com a remoção de um cliente que coloca os pedidos de material com antecedência.	43
Figura 23 - Gráfico com a distribuição da tipologia das requisições no ano de 2024 para o armazém MNC	45
Figura 24 - Gráfico com a evolução do tipo de requisições no armazém MNC durante a duração do projeto.....	46

Figura 25 - Gráfico com a evolução do valor total das existências armazém no armazém MNC, para os materiais introduzidos em MRP.....	47
Figura 26 - Decomposição das existências no armazém MNC, onde “Expedir” se refere a material de expedição e “Stock” a material em que se constitui stock.....	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Grupos de materiais e constituição destes.....	25
Tabela 2 - Materiais irrelevantes para inclusão em MRP.....	26
Tabela 3 - Materiais em que se constitui stock divididos por grupo.	27
Tabela 4 - Movimentos em SAP considerados para efeitos de cálculo de consumos.....	30
Tabela 5 - Erro médio absoluto da série temporal do produto 90200189, para os vários modelos de previsão.....	36
Tabela 6 - Erros e modelos seleccionados para o material 90200189, para duas séries temporais distintas aquando da previsão do consumo médio diário mensal para o período de 06-2025..	44

1 Introdução

O presente capítulo irá introduzir o contexto do projeto realizado na Amorim Cork, S.A., uma das empresas do grupo Amorim e doravante referida como AC. A empresa e o departamento no qual o projeto foi desenvolvido, assim como os objetivos e a metodologia usada, serão introduzidas. Por fim, apresentar-se-á a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A correta gestão de stocks e o planeamento de necessidades de compra são uma questão transversal a todas as indústrias transformadoras que incorporam múltiplos materiais na sua atividade. Uma boa gestão de stocks permite não só evitar que haja falta de material para cumprir com o planeamento da produção, mas também evitar que se tenha demasiado capital parado em stock por desejo de cumprimento de necessidades futuras (Jacobs & Chase, 2023). A gestão de stocks traduz-se, portanto, em um fator de competitividade.

No contexto da AC, esta possui um armazém central dedicado ao aprovisionamento de materiais incorporados na atividade diária da empresa e que não constituem a sua principal matéria-prima, a cortiça. A designação interna para este armazém é de armazém de Material Não Cortiça (MNC), sendo doravante referido por armazém MNC. Este armazém é responsável pela aquisição em volume dos materiais não cortiça, fazendo a subsequente distribuição pelas empresas dentro da AC.

No entanto, com o crescimento e as diversas alterações que surgiram na logística de entrada do armazém, nunca foi possível ao departamento de Logística tirar partido da ferramenta de *Material Requirements Planning* (MRP) existente no sistema de Enterprise Resource Planning (ERP) da AC, o *Systems, Applications and Products in Data Processing* (SAP).

Aquando do início do projeto, as necessidades de compra eram realizadas por sensibilidade do colaborador e/ou gestão visual dos materiais relevantes, com vista ao abastecimento das empresas dependentes. Este método é passível de esquecimentos e erros que afetam o correto funcionamento de toda a cadeia de valor. Foi esta situação que despoletou a realização do presente projeto.

1.2 A Amorim Cork e o Departamento de Logística

Portugal destaca-se como sendo o líder mundial no setor da cortiça detendo mais de 50% da produção global anual e exportando cerca de 90% da sua produção. O setor da cortiça destaca-se como sendo uma das poucas áreas de atividade onde ocorre um reaproveitamento total da matéria-prima, com aplicações que vão desde as rolhas de garrafas de vinho, até ao uso na indústria aeroespacial.

No âmbito da indústria da cortiça, a Corticeira Amorim é a maior empresa de transformação de cortiça ao nível mundial, tendo sido fundada em 1870 por António Alves Amorim e com sede atual em Santa Maria de Lamas. Atualmente está presente em mais de 100 países, controlando

todas as etapas do processo desde a extração da matéria-prima até à entrega do produto final acabado ao cliente. Em 2024, a empresa empregava cerca de 4.836 pessoas em todo o mundo, tendo fechado o ano com vendas consolidadas de 939,1 milhões de euros.

Existem três unidades de negócio principais da Corticeira Amorim: a Amorim Florestal (AF); a Amorim Cork Solutions (ACS) e a AC.

A AF é responsável pela aquisição, armazenamento e preparação da cortiça, fornecendo posteriormente as restantes unidades de negócio da Corticeira Amorim. Tem também um papel ativo na expansão das áreas de montado de sobro, constituído por sobreiros, a árvore de onde é extraída a cortiça.

Por outro lado, a ACS resultou da fusão em janeiro de 2025 das unidades Amorim Cork Composites, Amorim Cork Flooring e Amorim Cork Insulation e desenvolve soluções de compósitos de cortiça para indústrias que vão desde a construção civil até à aeroespacial.

Já a AC, é especializada na produção e distribuição de rolhas de cortiça para vinhos, espumantes e bebidas espirituosas. Em 2024, registou vendas de 732,3 milhões de euros, representando 76% do volume de negócios consolidado do grupo da Corticeira Amorim. Esta tem vindo a investir em tecnologias como o NDtech, Naturity e Xpur, que permitem garantir a deteção e produção de rolhas sem 2,4,6-tricloroanisol (TCA) que afeta a integridade do vinho.

Dentro da AC, existem múltiplas empresas que se dividem em áreas de atuação dentro da produção de rolhas. Destacam-se a fábrica de Lamas na produção de rolhas naturais para vinhos, a De Sousa na produção de rolhas microaglomeradas para vinhos, a Champcork na produção de rolhas microaglomeradas para espumantes e a Amorim Top Series que se dedica à produção de rolhas encapsuladas para bebidas espirituosas. De forma adicional, a AC possui uma rede de vendas denominada *Sales* que se dedicam à marcação de rolhas para futura venda ao cliente final. Esta rede é composta por 40 empresas espalhadas pelos 5 continentes, sendo o ponto de contacto entre a AC e o cliente.

A Logística da AC encontra-se localizada em Santa Maria de Lamas, junto à sede, e é responsável pela marcação de transportes de todos os materiais e produtos acabados dentro da unidade de negócio da AC. De forma adicional, a gestão do armazém MNC também é da responsabilidade do departamento de Logística.

Atualmente existem cerca de dez pessoas no departamento de Logística cuja área de trabalho se encontra dividida por zonas geográficas e por tipo de produto. Dentro deste grupo, existem três pessoas responsáveis pelo planeamento tático da expedição de rolhas, ou seja, trabalham junto com as *Sales* para constituir planos de expedição de rolhas por forma a garantir que as necessidades locais de rolhas de cada *Sale* possam ser asseguradas

1.3 Objetivos do projeto

Para a realização do presente trabalho, foram definidos os seguintes objetivos no início do projeto:

- Aplicar de forma plena a ferramenta MRP no SAP a todos os materiais que o justifiquem no armazém MNC;
- Estender a cobertura do MRP a outros armazéns secundários de não cortiça dentro da AC;
- Desenvolver uma ferramenta que facilite o processo de revisão dos MRPs criados, sendo adaptável a outros armazéns;
- Documentar o processo de utilização e revisão dos MRPs dos materiais;
- Reduzir os níveis de existências no armazém MNC.

A necessidade de desenvolver uma ferramenta de apoio à revisão dos MRP resulta do conhecimento de que a falta de atualização da respetiva parametrização conduz ao abandono da utilização do módulo MRP no SAP.

Com a definição dos objetivos, torna-se necessário estabelecer os métodos que permitirão a sua concretização. Estes são apresentados no subcapítulo seguinte.

1.4 Método seguido no projeto

O método seguido foi delineado no início do projeto, aquando do estabelecimento dos respetivos objetivos.

Numa primeira fase, procedeu-se ao levantamento dos materiais existentes no armazém, com o objetivo de compreender as suas especificidades, identificar quem os consome e avaliar a relevância de cada um no conjunto global dos materiais consumidos.

Posteriormente, foram realizados testes no ambiente *offline* do SAP, com vista à análise dos diferentes tipos de MRPs disponibilizados pelo sistema. Esta análise consistiu na avaliação da parametrização associada a cada tipo de MRP, na identificação dos inputs necessários ao seu funcionamento e na apreciação da adequabilidade de cada modalidade a diferentes grupos de materiais.

Com base no conhecimento adquirido sobre o funcionamento do módulo MRP no SAP e nas características específicas dos materiais analisados, foi desenvolvido um programa de apoio à parametrização do MRP para materiais individuais no SAP.

Concluído o desenvolvimento da aplicação, iniciou-se a introdução dos materiais no módulo MRP, agora em ambiente *online*, monitorizando-se o seu comportamento. Sempre que necessário, foram aplicadas alterações quer aos parâmetros definidos, quer ao próprio programa, no sentido de o adaptar continuamente à realidade observada.

De forma a permitir a obtenção de resultados ainda durante o período de execução do projeto, foi definido como meta o início do mês de maio de 2025 para a parametrização dos materiais no módulo MRP. O objetivo consistia em recolher dados e observar efeitos até ao final do mesmo mês.

Importa ainda referir que todas as decisões relativas à introdução de produtos no MRP e à definição das respetivas parametrizações foram acompanhadas e previamente validadas pelo encarregado do armazém.

1.5 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em seis capítulos. No Capítulo 1, é apresentada a empresa e o departamento onde decorreu o projeto, sendo igualmente indicadas a motivação e os objetivos definidos. No Capítulo 2, é efetuado um enquadramento teórico sobre os principais tópicos da literatura de gestão de cadeias de abastecimento e gestão de operações que sustentam a solução proposta. No Capítulo 3, descreve-se o *modus operandi* inicial da equipa do armazém MNC, sendo também apresentado o módulo MRP existente no SAP e os seus principais parâmetros. É ainda realizada uma análise aos materiais transacionados no armazém MNC durante o ano de 2024, os quais são agrupados em categorias distintas, de acordo com as suas especificidades ou comportamentos. No Capítulo 4, é descrita a metodologia de recolha e tratamento de dados, bem como o processo seguido para a parametrização dos vários MRPs nos diferentes grupos de materiais identificados. Adicionalmente, é apresentado o funcionamento do programa desenvolvido para facilitar a parametrização e atualização dos MRPs no SAP. No Capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e as perspetivas de trabalho futuro.

2 Revisão da literatura

O presente capítulo revê a literatura relevante sobre gestão de stocks e previsão da procura, com o objetivo de enquadrar teoricamente o estudo e fundamentar as opções metodológicas adotadas.

2.1 Gestão de stocks

O stock é a quantidade de material armazenado ou recurso usado por uma organização e que se encontra localizado em posições estratégicas ao longo da cadeia de abastecimento de uma empresa. Os stocks podem ser categorizados em: de matérias-primas, de produto acabado, de produtos em curso de fabrico, stock em trânsito (*Pipeline Stock*) e de peças sobresselentes (Rushton *et al*, 2022).

Jacobs e Chase (2023) afirmam que existem múltiplos motivos para se constituir stock de um dado material, destacando-se:

- Minimizar o impacto da variabilidade na procura. A procura é raramente estável e previsível, sendo que com a definição de stocks de segurança é possível absorver flutuações na procura e evitar a falta de produto;
- Manter flexibilidade no planeamento da produção. O stock reduz a pressão na área produtiva permitindo a produção de lotes maiores, diminuir custos e melhorar *lead times*;
- Proteger contra atrasos no fornecimento de matérias-primas. Os stocks salvaguardam uma empresa de atrasos, erros ou defeitos nos fornecimentos por parte de fornecedores, que caso contrário, poderiam resultar em disrupções nas operações de uma empresa;
- Atender a fatores específicos da área de atividade de empresas. É exemplo a constituição de stock por antecipação de subida de preços de dada matéria-prima ou responder a procuras sazonais de um dado produto.

O objetivo de uma correta gestão de stocks passa por manter um correto compromisso entre custos de retenção de stocks e nível de serviço aos clientes, denotado pela disponibilidade para satisfazer as necessidades destes. Um nível de stock baixo pode levar ao incumprimento de pedidos de clientes, potenciando a perda de negócios presente e futura. Já um nível de stock alto, tem a consequência de ter um elevado nível de capital investido que poderia ser aplicado noutras áreas, além de haver o risco de obsolescência destes e a deterioração para produtos perecíveis (Rushton *et al*, 2022).

2.1.1 Sistemas de controlo de stocks

Um sistema de controlo de stock, é o conjunto de políticas de gestão de stock que determina com que níveis de stock trabalhar, quando reabastecer e com que quantidade de produto o fazer. Estes sistemas podem ser divididos entre sistemas de controlo de período único (*newsvendor problem*) e sistemas de controlo de multiperíodo. A distinção entre eles é feita com base na decisão de compra ser única, ou poder recorrer-se da decisão de comprar um dado material múltiplas vezes, tendo como princípio que o material tem de estar disponível ao longo do horizonte temporal (Jacobs & Chase, 2023).

Os sistemas de stocks multiperíodo podem ser divididos em modelos de revisão contínua, e em modelos de revisão periódica.

Nos modelos de revisão contínua, as necessidades são despoletadas pelo nível de stock baixar de um determinado ponto de reabastecimento R, lançando uma requisição para a aquisição de uma quantidade de material Q. Segundo Axsäter (2006), esta quantidade Q a encomendar pode ser fixa, como visto na Figura 1. Em alternativa, pode estabelecer-se um sistema em que quando

se baixa de um determinado nível R, o nível de stock é repostado até um nível máximo S, sendo por isso a quantidade Q a encomendar variável.

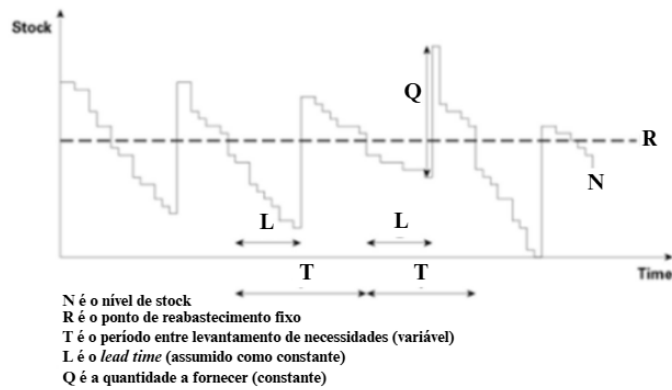


Figura 1 - Modelo de revisão contínua. Adaptado de: Rushton et al (2022)

Nos modelos de revisão periódica, as necessidades são despoletadas ao fim de um período de revisão, onde as quantidades a encomendar podem variar, mas o tempo entre levantamento de necessidades é fixo (Rushton *et al*, 2022). Axsäter (2006), explica que no fim do período de revisão a quantidade pode ser resposta até um nível S independentemente do nível de stock, como visto na Figura 2, ou em alternativa definir um nível de reabastecimento que se não tiver sido ultrapassado no fim do período de revisão não despoleta a reposição até ao nível S nesse período.



Figura 2 - Modelo de revisão periódica. Adaptado de: Rushton et al (2022).

Os modelos de revisão contínua por norma têm associados níveis de stock inferiores aos de revisão periódica. Tal deve-se ao facto de o dimensionamento do nível de stock do último garantir que não haja ruturas não só durante o *lead time*, mas também durante o período de revisão (Ghiani *et al*, 2004). Em contrapartida, o modelo de revisão periódica não requer uma monitorização constante do nível de stock, podendo ser usado para agrupar pedidos de vários produtos num mesmo momento (Axsäter, 2006).

Segundo Jacobs e Chase (2023) no modelo de revisão contínua, o ponto de reabastecimento é o valor com o qual o nível de stock é comparado em cada momento e o que despoleta requisições de material (fórmula 2.1). No entanto, este pode ser incrementado por um stock de segurança para lidar com a variabilidade durante o período de reabastecimento (fórmula 2.2). O enquadramento teórico do stock de segurança será realizado no subcapítulo 2.1.3.

$$PR = \bar{d}L \quad (2.1)$$

$$PR = \bar{d}L + SS \quad (2.2)$$

Onde:

$\bar{d}$, é a procura média diária
 L , é o *lead time* em dias úteis, e
 SS , é o stock de segurança

De forma adicional, Ballou (2006), indica a fórmula 2.3 para a definição do nível M até ao qual é feita reposição de material no modelo de revisão periódica.

$$M = \bar{d}(T + L) + SS \quad (2.3)$$

Onde:

$\bar{M}$, é o nível de reposição
 $\bar{d}$, a procura média diária
 T , é o período de revisão, em dias úteis
 L , é o *lead time* em dias úteis, e
 SS , é o stock de segurança

2.1.2 Tamanhos de lote

Para a determinação do tamanho de lote existem três custos principais a considerar e que estão em permanente conflito entre si. Estes são o custo de aquisição, o custo de manutenção do stock e o custo de rutura, cuja relação pode ser vista na Figura 3 (Ballou, 2006).

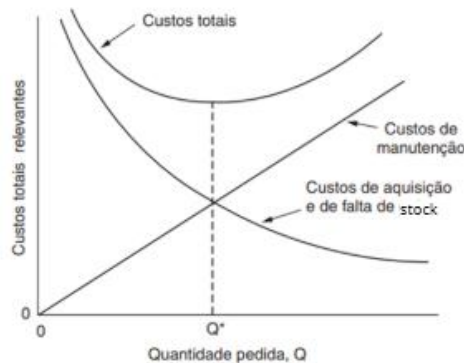


Figura 3 - Variação dos custos com a quantidade pedida. Adaptado de: Ballou (2006).

Os custos de aquisição englobam os custos relacionados com o custo do produto que varia conforme a quantidade pedida, custos de setup, custos de processamento pelos vários departamentos da empresa, entre outros (Ballou, 2006). Já os custos de manutenção, de acordo com Bowersox *et al* (2019), são os resultantes do armazenamento de produtos durante um dado período. A obtenção deste custo passa por determinar todos os custos relacionados com a constituição de stock, dos quais se identificam o custo de capital, custos com seguros, custos de obsolescência e custos de armazenamento (no caso de armazéns arrendados). Ballou (2006) acrescenta ainda que devem ser tidos em conta os custos de falta de stock quando o pedido não pode ser satisfeito pelo stock existente e que podem resultar em um de dois cenários:

- Vendas perdidas;
- Pedidos atrasados, também conhecido como *backorder*.

Ballou (2006), indica que o custo total pode ser traduzido numa equação, como visto na fórmula 2.4, e que a quantidade ótima é aquela que minimiza o valor total da curva, obtendo-se a fórmula 2.5 da quantidade económica do pedido (*Economic Order Quantity*).

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{ICQ}{2} \quad (2.4)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \quad (2.5)$$

Onde:

CT, é custo total
 D, é a procura anual do produto
 S, é o custo de aquisição
 C, é o custo de manutenção do produto
 L, é o custo de manutenção como percentagem do valor do produto, e
 Q, é a quantidade do pedido

Existem outros métodos de dimensionamento de lotes, dos quais Jacobs e Chase (2023) destacam:

- *Lot-for-Lot* (L4L), que planeia as ordens de compra e produção por forma a corresponderem exatamente à quantidade das necessidades;
- *Least Unit Cost* (LUC), que soma os custos de aquisição e de manutenção e divide pelo número de unidades escolhendo o lote que devolve o menor custo por unidade;
- *Least Total Cost* (LTC), que compara os custos de aquisição com os custos de manutenção e escolhe o lote em que estes são mais equilibrados.

2.1.3 Stock de segurança

De modo a lidar-se com a variabilidade da procura e do *lead time*, é recorrente dimensionar-se um stock de segurança para lidar com picos na procura e atrasos na entrega pelos fornecedores (Ghiani *et al*, 2004). Assumindo uma procura normalmente distribuída, a definição de um ponto de reabastecimento sem qualquer stock de segurança levaria a uma probabilidade de *stock out* em 50% das vezes (Jacobs & Chase, 2023). Desta forma e tendo em conta que um dos objetivos primários da gestão de stocks é garantir que o produto esteja disponível no tempo e nas quantidades necessárias, é normal a definição de níveis de serviço (Ballou, 2006).

Existem múltiplas formas de definir o nível de serviço evidenciadas por Axsäter (2006):

- Nível de serviço **S1** (α): Representa a probabilidade de não se incorrer em *stock out* durante o período de reabastecimento, sendo normalmente usada em modelos de revisão contínua de stock;
- Nível de serviço **S2** (*fill-rate*): Representa a porção da procura que pode ser satisfeita imediatamente a partir do stock existente. Por comparação com o S1 mede a magnitude do *stock out*, no entanto necessita de informação adicional sobre a quantidade de procura não satisfeita;
- Nível de serviço **S3** (*ready rate*): Representa a percentagem de tempo com stock positivo em mão.

De acordo com Axsäter (2006), apesar do S2 e do S3 oferecerem uma melhor imagem sobre o nível de serviço, o S1 é ainda usado em muitas aplicações práticas devido à sua fácil implementação.

A constituição do nível de serviço correto é um dos principais propósitos da gestão de cadeias de abastecimento, por forma a fornecer-se aos clientes o nível e a qualidade de serviço que estes requisitam ao menor custo para cadeia de abastecimento total. No entanto, como visto na Figura 4, é de notar que à medida que o nível de serviço aumenta, aumenta também de forma desproporcional o investimento em stock, onde pequenas melhorias na disponibilidade do produto acarretam custos exponencialmente superiores para a empresa (Christopher, 2011).

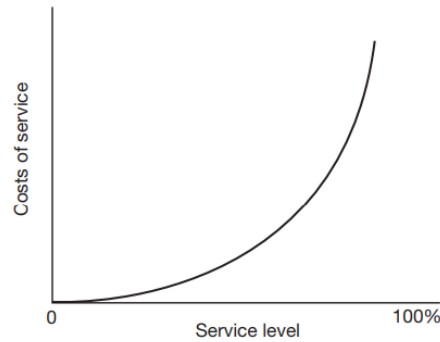


Figura 4 - Evolução do custo com o nível de serviço. Adaptado de: Christopher (2011).

Na Figura 5 é possível ver-se a relação entre o número de desvios-padrões dimensionados acima da média, com o nível de serviço fornecido ao cliente. Estes níveis assumem uma distribuição uni-lateral, uma vez que não é necessário salvaguardar-se de procura durante o *lead time* abaixo da média (Bowersox *et al*, 2019). Pode-se interpretar que um nível de serviço de 95% corresponde a uma probabilidade de rutura de 5% (Jacobs & Chase, 2023).

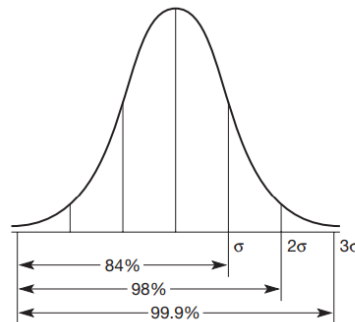


Figura 5 - O nível de serviço na distribuição normal. Adaptado de: Christopher (2011).

O stock de segurança depende, portanto, do nível de serviço desejado (Jacobs & Chase, 2023). De acordo com Ghiani *et al* (2004), sendo a procura de um dado produto normalmente distribuída, mas com *lead time* de entrega do fornecedor constante, esta pode ser definida pela fórmula 2.6. Já no caso em que tal como a procura, o *lead time* é variável, mas normalmente distribuído e estatisticamente independente da procura, pode-se dimensionar o stock de segurança como visto na fórmula 2.7.

$$SS = z_{\alpha} \sigma_d \sqrt{l_t} \quad (2.6)$$

$$SS = z_{\alpha} \sqrt{\sigma_d^2 l_t + \sigma_{l_t}^2 \bar{d}^2} \quad (2.7)$$

Onde:

SS, é o stock de segurança
 z_{α} , é o número de desvios padrões para uma dada probabilidade α
 $\bar{d}$, é o valor esperado da procura diária
 σ_d , é o desvio padrão da procura diária
 l_t , é o *lead time* em dias úteis, e
 σ_{l_t} , é o desvio padrão do *lead time*

Axsäter (2006), introduz ainda que o cálculo das necessidades médias diárias pode ser obtido por previsão e o desvio padrão dos erros de previsão usado para a definição do stock de segurança.

Para o cálculo do desvio padrão dos erros de previsão, Axsäter (2006), sugere a utilização do Desvio Médio Absoluto (DMA), presente na fórmula 2.8, como ponto de partida para estimar a variabilidade dos erros de previsão.

$$DMA = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |x_t - \bar{x}| \quad (2.8)$$

Onde:

DMA, é o desvio médio absoluto
 x_t , é o valor de uma observação para o período t, e
 $\bar{x}$, é a média do conjunto de dados

Axsäter (2006) indica ainda que a relação presente na fórmula 2.9 é bastante usada em contextos de previsão, mesmo quando é menos habitual assumir que os erros de previsão são normalmente distribuídos.

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\pi}{2}} DMA \quad (2.9)$$

Onde:

σ_e , é o desvio padrão dos erros de previsão, e
 DMA, é o desvio médio absoluto

2.2 Análises ABC/XYZ na gestão de stock

No contexto atual de empresas que trabalham com centenas e milhares de produtos, é importante estarem dotadas de ferramentas que as ajudem a segregar e a analisar estes produtos consoante a relevância de um produto singular no conjunto total em stock. Nesta nota, a análise ABC/XYZ é amplamente usada na indústria e reconhecida na literatura.

A análise ABC assenta no princípio de Pareto, também denominado de regra 80/20, que indica que a maior parte das vendas de uma empresa se deve a um grupo pequeno de produtos (Bowersox *et al*, 2019). Esta análise consolidou-se como uma ferramenta de categorização e priorização na gestão de produtos nos stocks (Flores & Whybark, 1987).

Os produtos são analisados ao nível do seu custo de consumo, denotado pela quantidade consumida multiplicada pelo custo unitário, para um dado período temporal e são classificados de A a C (Flores & Whybark, 1987). Produtos de classe A são de consumo alto e por isso críticos, enquanto os de classe C de consumo residual e podem ser considerados *slow-movers* (Bowersox *et al*, 2019).

A definição dos limites de atribuição da classe ABC pode ser realizada por duas perspetivas. A classificação pode ser ao nível da percentagem dos produtos, onde 20% dos produtos com consumo superior são classificados com A, os 30% seguintes com B e os restantes 50% com C (Ballou, 2006). Ou em alternativa, classificar pelo peso no total do consumo, onde os produtos de maior consumo responsáveis por 80% deste são classificados com A, os seguintes de maior consumo até 95% classificados B e o remanescente com C (Jacobs & Chase, 2023).

Posteriormente e de forma a completar a análise ABC original, vários estudos incorporam novas dimensões à análise ABC, com Flores e Whybark (1987) a propor a combinação do custo do consumo com a criticidade deste material. Uma outra alternativa é a combinação da análise ABC com a XYZ, em que este novo eixo retrata o padrão de consumo do material. Produtos com um consumo estável são categorizados com X, produtos com variações moderadas de consumo com Y e produtos de procura altamente errática com Z. (Zenkova e Kabanova, 2018).

O cálculo do padrão de procura é realizado pelo cálculo do coeficiente de variação (CV), visto na fórmula 2.10.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (2.10)$$

Onde:

σ , é o desvio padrão dos consumos, e
 μ , a média dos consumos

Existem múltiplas formas de após a obtenção do CV se fazer a alocação de um produto a uma dada classe. Pandya & Thakkar (2016) referem uma classificação X para 20% dos produtos com CV menor, Y para os 30% seguintes e Z para os 50% restantes.

2.3 Métodos de previsão de consumo

Os métodos de previsão tratam de prever o comportamento futuro da procura com base em dados históricos e outras informações disponíveis, sendo ferramentas essenciais para o planeamento e gestão da cadeia de abastecimento (Ghiani *et al*, 2004).

Segundo Ghiani *et al* (2004), os métodos de previsão podem ser classificados em duas categorias: métodos qualitativos e métodos quantitativos. Os métodos qualitativos baseiam-se principalmente na opinião de especialistas, sendo por isso dispendiosos e demorados (Bowersox *et al*, 2019). São principalmente empregues para previsões de longo e médio prazo quando existe histórico insuficiente para se usarem métodos quantitativos. Estes métodos são principalmente usados aquando do lançamento de novos produtos ou serviços no mercado (Ghiani *et al*, 2004). Apesar de ser difícil avaliar a utilidade de previsões qualitativas, elas são principalmente usadas para fornecer sugestões e complementar previsões quantitativas, ao invés de fornecer previsões numéricas isoladas (Makridakis *et al*, 1998).

Por outro lado, Makridakis *et al* (1998) afirmam que os métodos quantitativos se subdividem em métodos explanatórios, ou causais, e em modelos de séries temporais. Estes podem ser usados sempre que se verificarem as seguintes condições:

- Informação sobre o passado encontra-se disponível;
- A informação pode ser quantificada na forma de dados numéricos;
- Pode ser assumido que alguns aspetos do padrão passado se repetirão no futuro.

Os métodos causais partem da hipótese de que a variável a ser prevista depende dos valores passados ou presentes de variáveis independentes. Alguns modelos causais são a regressão, modelos econométricos, modelos de *input-output*, redes neuronais, entre outros. Contudo, devido à sua complexidade a maioria destes modelos são difíceis de implementar mesmo para empresas grandes, ficando o uso destes modelos restrito ao uso da regressão simples ou múltipla (Ghiani *et al*, 2004). A previsão por regressão funciona bem quando é possível identificar-se uma variável independente significativa, como por exemplo o preço que afeta a quantidade procurada. Contudo, este processo não é comum em gestão de cadeias de abastecimento (Bowersox *et al*, 2019).

Os modelos de séries temporais são métodos estatísticos usados quando o histórico de vendas contém relações e tendências bem definidas. Estes métodos assumem que as principais componentes do histórico de procura serão repetidas no futuro. Esta suposição é considerada adequada para um período de previsão curto, sendo o conjunto destas técnicas apropriadas para previsões de curto prazo (Bowersox *et al*, 2019).

Existem múltiplos métodos de extrapolação de séries temporais. De acordo com Ghiani *et al* (2004) a escolha de que método quantitativo usar depende do tipo de dados históricos existentes.

Seguidamente apresentam-se a decomposição clássica, e múltiplos métodos de suavização.

2.3.1 Decomposição clássica

Na decomposição clássica a série temporal é vista como uma combinação de um padrão com um erro. O padrão por sua vez pode ser decomposto em tendência, ciclo e sazonalidade como visto na fórmula 2.11. No entanto, a maioria dos modelos de decomposição agrupa a tendência e ciclo em tendência-ciclo, pela sua distinção ser por vezes artificial (Makridakis *et al*, 1998).

O fator de sazonalidade está relacionado com flutuações periódicas de comprimento constante. A tendência-ciclo representa as mudanças de longo-prazo no nível da série temporal. Por sua vez o erro ou aleatoriedade é assumido como estando sempre presente com as componentes anteriormente definidas. O erro é descrito como a diferença entre o efeito combinado da tendência-ciclo com a sazonalidade e o valor real da série temporal (Makridakis *et al*, 1998).

$$\text{série temporal} = \text{padrão} + \text{erro} = f(\text{tendência} + \text{ciclo}, \text{sazonalidade}, \text{erro}) \quad (2.11)$$

Ao nível do uso do método da decomposição para previsão, este não é normalmente usado por dificuldades na previsão das suas componentes. No entanto, este é normalmente empregue como uma ferramenta auxiliar para perceber o comportamento da série temporal (Makridakis *et al*, 1998).

2.3.2 Métodos de suavização

Makridakis *et al* (1998) explica que os métodos de suavização podem ser decompostos em métodos de médias e em métodos de suavização exponencial. Os métodos de médias são constituídos pela média simples e a média móvel.

A média móvel (fórmula 2.12) usa uma média dos períodos mais recentes para efetuar previsões. O número de períodos a considerar é normalmente definido para um, três, quatro ou doze períodos anteriores (Bowersox *et al*, 2019). No caso de se considerar um período anterior estamos a dizer que a previsão para o mês seguinte é igual às vendas do mês anterior, sendo esta abordagem denominada de previsão naïve 1 (Makridakis *et al* 1998). Na média móvel sempre que os dados atuais de um período fiquem disponíveis, este novo período substitui o período mais antigo de modo que o número de períodos a incluir na média seja constante (Bowersox *et al*, 2019).

$$F_t = \frac{\sum_{i=1}^n S_{t-i}}{n} \quad (2.12)$$

Onde:

F_t , é a média móvel para o período t
 S_{t-i} , as vendas para o período $t-i$, e
 n , é o número total de períodos a considerar

As médias móveis apesar de simples possuem algumas limitações. Estas incluem o facto de a média móvel ser lenta a reagir a variações, além de que se houver variações elevadas no histórico de dados, a média móvel não é capaz de devolver resultados precisos (Bowersox *et al*, 2019).

Os métodos de suavização exponencial contrariamente aos métodos de médias, que atribuem o mesmo peso a todas as observações, têm a propriedade de as previsões retratarem combinações ponderadas das observações passadas com as observações mais recentes a terem um peso superior na previsão (Hyndman *et al*, 2008). No contexto do projeto serão abordados a Suavização Exponencial Simples (SES), o *Holt Linear* e o *Holt-Winters* aditivo e multiplicativo.

A SES foi introduzida na década de 1950 por Robert G. Brown (Hyndman *et al*, 2008). A previsão para o período seguinte é feita em função da previsão anterior incrementada por uma fração da diferença entre a previsão anterior e o valor efetivamente ocorrido, denotado por erro de previsão. A fração de ajuste é chamada de fator α (Bowersox *et al*, 2019). Esta constante de suavização determina a velocidade de reação entre as previsões e os valores efetivamente ocorridos (Jacobs & Chase, 2023). Valores elevados de α fazem a previsão sensível a mudanças, enquanto valores baixos, tendem a reagir lentamente à mudança e por isso minimizam a resposta a flutuações aleatórias. No entanto, esta técnica não consegue distinguir entre flutuações aleatórias e sazonalidade da série temporal (Bowersox *et al*, 2019). A fórmula 2.13 representa a fórmula de previsão da SES.

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2.13)$$

Onde:

F_{t+1} , é a previsão para o próximo período
 α , é o parâmetro de amortecimento de nível compreendido entre 0 e 1
 Y_t , é o valor da observação mais recente, e
 F_t , é o valor da previsão mais recente

Mais tarde, Holt, em 1957 expandiu o método de suavização exponencial simples para a suavização exponencial linear, também conhecido como *Holt Linear* (fórmulas 2.14, 2.15 e 2.16), por forma a permitir a previsão de séries temporais com tendência. Este introduz um novo parâmetro β (Makridakis *et al*, 1998). A ideia principal é ser capaz de seguir alterações lineares sistemáticas na procura. Tal como o parâmetro α , maiores valores de β fazem com que o sistema seja capaz de reagir mais rápido a alterações, mas ao mesmo tempo mais sensível a flutuações aleatórias (Axsäter, 2006).

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.14)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.15)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_{tm} \quad (2.16)$$

Onde:

L_t , é a estimativa do nível da série temporal no período t
 α , é o parâmetro de amortecimento de nível compreendido entre 0 e 1
 b_t , é a estimativa da tendência da série temporal no período t
 β , é o parâmetro de amortecimento da tendência compreendido entre 0 e 1, e
 Y_t , é o valor da observação mais recente
 F_{t+m} , é a previsão para m períodos à frente

Os métodos até agora apresentados não conseguem lidar com tipos de dados que sejam sazonais. (Makridakis *et al*, 1998). Se os dados não possuem sazonalidade nem tendência, então métodos como a suavização exponencial simples e as médias móveis, são os mais apropriados. Se os dados apresentarem tendência, o *Holt linear* é o mais apropriado. Mas se os dados são sazonais, estes métodos anteriores não são adequados (Makridakis *et al*, 1998).

Em 1960 Winters expandiu o método de *Holt* para capturar a sazonalidade. Este método, conhecido como *Holt-Winters*, é baseado em três constantes de suavização, uma para o nível, outra para a tendência e uma última para a sazonalidade. É o equivalente ao *Holt linear* com uma fórmula adicional para lidar com a sazonalidade (Hyndman *et al*, 2008). Existem dois métodos do *Holt-Winters* que interpretam a sazonalidade de forma distinta, o multiplicativo e o aditivo (Makridakis *et al*, 1998).

De acordo com Jacobs & Chase (2023), na sazonalidade aditiva, esta é vista como uma constante independentemente da tendência. Makridakis *et al* (1998) apresenta as fórmulas 2.17, 2.18, 2.19 e 2.20 para a definição do modelo de *Holt-Winters* aditivo:

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.17)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.18)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.19)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_{tm} + S_{t-s+m} \quad (2.20)$$

Onde:

L_t , é a estimativa do componente do nível da série temporal no período t
 b_t , é a estimativa da componente da tendência da série temporal no período t
 S_t , é a estimativa da componente sazonal da série temporal no período t
 α , é o parâmetro de amortecimento de nível compreendido entre 0 e 1
 β , é o parâmetro de amortecimento da tendência compreendido entre 0 e 1
 γ , é o parâmetro de amortecimento da sazonalidade compreendido entre 0 e 1
 s , é o comprimento da sazonalidade
 Y_t , é o valor da observação mais recente, e
 F_{t+m} , é a previsão para m períodos à frente

Por outro lado, Makridakis *et al* (1998) indica que na sazonalidade multiplicativa, a tendência é multiplicada pelo fator sazonal, apresentando as fórmulas 2.21, 2.22, 2.23 e 2.24.

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.21)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2.22)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2.23)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_{tm})S_{t-s+m} \quad (2.24)$$

Onde:

L_t , é a estimativa do componente do nível da série temporal no período t
 b_t , é a estimativa da componente da tendência da série temporal no período t
 S_t , é a estimativa da componente sazonal da série temporal no período t
 α , é o parâmetro de amortecimento de nível compreendido entre 0 e 1
 β , é o parâmetro de amortecimento da tendência compreendido entre 0 e 1
 γ , é o parâmetro de amortecimento da sazonalidade compreendido entre 0 e 1
 s , é o comprimento da sazonalidade
 Y_t , é o valor da observação mais recente, e
 F_{t+m} , é a previsão para m períodos à frente

2.3.3 Procura intermitente

A correta distinção entre produtos com procura contínua e produtos com procura intermitente é fundamental para a seleção de políticas de reposição apropriadas. Para este efeito, Williams (1984) indica uma abordagem baseada numa variável adimensional, visível na fórmula 2.25, para a caracterização da procura como intermitente ou não.

$$VA = \frac{1}{\lambda L} \quad (2.25)$$

Onde:

VA , é a variável adimensional
 $\frac{1}{\lambda}$, é o intervalo médio entre duas ocorrências de procura, e
 L , é a duração média do *lead time*

A variável adimensional da fórmula 2.25 indica o número médio de *lead times* entre ocorrências de procura sucessivas, traduzindo o grau de intermitência da procura. Quanto maior o valor, mais intermitente é a procura (Syntetos *et al*, 2005). Williams (1984) refere que a escolha do valor limite de distinção entre procura intermitente ou não, é uma decisão de gestão.

A procura intermitente é definida como procura que ocorre de forma pontual intercalada com períodos de consumo nulo. A ocorrência de vários períodos de consumo nulo faz com que métodos de previsão tradicionais como a média móvel ou a suavização exponencial sejam impróprios pois ignoram o facto que a procura intermitente é constituída por dois elementos: o tamanho da procura e o intervalo entre períodos em que se verifica procura (Teunter *et al*, 2011).

Para a realização de previsões com intermitência de procura, um método popular é o método de Croston desenvolvido em 1972. Envolve separar a procura original em duas séries distintas: períodos de procura não nula e intervalos entre períodos de procura não nula. O método de seguida envolve aplicar suavização exponencial de forma separada a cada série derivada, com o mesmo parâmetro de suavização sendo aplicado em cada caso. De seguida uma previsão é feita com base no rácio entre as previsões de períodos com procura não nula e intervalos entre períodos com procura (Hyndman *et al*, 2008). As fórmulas 2.26 e 2.27 retratam as fórmulas básicas de previsão pelo método de Croston (Willemain *et al*, 2004).

$$se X_t = 0, \begin{cases} S_t = S_{t-1} \\ I_t = I_{t-1} \\ q = q+1 \\ M_t = M_{t-1} \end{cases} \quad (2.26)$$

$$se X_t \neq 0, \begin{cases} S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)S_{t-1} \\ I_t = \alpha q + (1-\alpha)I_{t-1} \\ q = 1 \\ M_t = \frac{S_t}{I_t} \end{cases} \quad (2.27)$$

Onde:

X_t , é a procura ocorrida no período t
 S_t , é a estimativa da procura média suavizada
 I_t , é a estimativa do intervalo médio suavizado entre períodos de procura não nula
 α , é o parâmetro de suavização compreendido entre 0 e 1
 q , é o intervalo de tempo desde que se verificou o último período de consumo não nulo, e
 M_t , é a estimativa da procura média por período

2.3.4 Medidas de erro

Por modo a avaliar-se a precisão dos modelos de previsão, é preciso estabelecer-se medidas de erro para a comparação destes. Makridakis *et al* (1998) introduz a avaliação do erro de previsão para um único período como visto na fórmula 2.28.

$$e_t = Y_t - F_t \quad (2.28)$$

Onde:

e_t , é o erro para o período t
 Y_t , é o valor observado para o período t , e
 F_t , é a previsão para o período t

No entanto, se existirem observações e previsões para n períodos, então haverá n termos de erro, onde se poderá aplicar outras medidas como o erro médio, o erro médio absoluto e o erro médio percentual absoluto.

O erro médio (fórmula 2.29) tem o problema de ser provavelmente pequeno, pois erros positivos e erros negativos compensam-se mutuamente (Makridakis *et al*, 1998).

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (2.29)$$

Onde:

EM, é o Erro Médio
 n , é o número de períodos para os quais foi realizada a previsão, e
 e_t , é o erro para o período t

Para colmatar a desvantagem do erro médio, pode em alternativa usar-se o erro médio absoluto, que por uso do valor absoluto, torna os valores positivos (fórmula 2.30). No entanto, esta medida tem o problema de a sua precisão depender da escala, por isso, não é adaptada para a comparação de séries temporais distintas (Makridakis *et al*, 1998).

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (2.30)$$

Onde:

EMA, é o Erro Médio Absoluto
 n , é o número de períodos para os quais foi realizada a previsão, e
 e_t , é o erro para o período t

O erro médio percentual absoluto é uma medida bastante usada que permite a comparação de séries temporais diferentes (fórmula 2.31). No entanto, as medidas baseadas em erros percentuais têm a desvantagem de darem erros infinitos ou não definidos quando os valores observados são perto de zero ou zero. Estes também possuem a desvantagem de colocarem uma penalização maior nos erros positivos do que nos erros negativos (Makridakis *et al*, 1998).

$$EMAP = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[\left| \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \right| \right] * 100 \quad (2.31)$$

Onde:

EMAP, é o Erro Médio Absoluto Percentual
 n , é o número de períodos para os quais foi realizada a previsão
 Y_t , é o valor observado para o período t , e
 F_t , é a previsão para o período t

2.3.5 Validação dos métodos de previsão

Os resíduos numa série temporal são o remanescente após se ajustar um modelo a uma série temporal. Estes são úteis por modo a aferir se o modelo foi capaz de capturar corretamente a informação contida nos dados. Um bom modelo de previsão irá produzir resíduos não correlacionados e com média nula (Hyndman e Athanasopoulos, 2018). Caso estas condições não sejam verificadas, poderá haver alguma informação importante nos resíduos que o modelo de previsão não está a conseguir capturar. (Makridakis *et al*, 1998).

Desta forma, é normal o uso da função de autocorrelação (ACF) na análise dos resíduos de modo a avaliar se existe algum padrão existente nestes. (Makridakis *et al*, 1998). Hyndman e Athanasopoulos (2018) indicam que a autocorrelação mede a força da relação linear entre valores desfasados de uma série temporal, apresentando a fórmula 2.32.

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (2.32)$$

Onde:

r_k , é a autocorrelação de desfasamento k
 k , é a distância entre períodos
 y_t , é a observação no período t, e
 $\bar{y}$, é a média dos valores da série temporal

Os coeficientes de autocorrelação podem de seguida ser agrupados num gráfico que mostra a função de autocorrelação. De seguida é útil investigar se existe algum coeficiente de correlação suficientemente elevado. Para flutuação aleatória nos resíduos (“white noise”) é esperado que o seu valor esteja compreendido entre $\pm 2/\sqrt{n}$, onde n , é o número total de períodos numa série temporal. Valores que fiquem fora destes limites críticos, indicam que existe alguma informação adicional que não está a ser capturada pelo método de previsão. (Makridakis *et al*, 1998).

De forma adicional, se os resíduos possuírem uma média diferente de zero, tal significa que a previsão está enviesada (Hyndman e Athanasopoulos, 2018).

2.3.6 Comparação de modelos de previsão

De acordo com Makridakis *et al* (1998), um modelo que tenha um bom ajuste da curva de previsão aos dados históricos não significa que seja o melhor para realizar previsões. Isto é devido ao *over-fitting* que pode acontecer no ajuste do modelo aos dados históricos e que pode estar a incluir flutuação aleatória no processo de previsão. Este problema pode ser superado por via da separação do conjunto de dados em dados de inicialização e dados de teste. Este último tem por objetivo medir o erro de previsão numa amostra que não tenha sido usada para ajustar a curva da previsão ao histórico. Esta abordagem é designada de *holdout method*.

Hyndman e Athanasopoulos (2018) indicam que os dados de teste correspondem normalmente a 20% do conjunto total de dados. No entanto, este valor depende do quão grande é o conjunto de dados e quantos períodos à frente se pretende prever. Acrescentam ainda que o conjunto de teste deve de ser pelo menos tão grande como o tamanho do horizonte temporal que se pretende prever.

2.4 O MRP

O MRP foi originalmente introduzido na década de 1960 como um sistema que permitia o cálculo das necessidades dependentes de um produto final (Kurbel, 2013). Esta ferramenta especifica um planeamento de necessidades indicando quanto e quando as partes, componentes ou materiais precisam de ser comprados ou produzidos (Jacobs & Chase, 2023). No entanto, como Kurbel (2013) refere, um bom planeamento de necessidades de material não implica um

bom planeamento de produção, pois o primeiro não tem em conta a capacidade disponível. Desta forma, o passo seguinte na evolução do MRP veio com a incorporação da disponibilidade de capacidade no planeamento, passando o MRP a denominar-se MRP II ou *Manufacturing Resources Planning*.

Para o funcionamento do MRP existem três inputs necessários:

- O *Master Production Schedule* (MPS);
- A *Bill of Materials* (BOM);
- Os registos de stocks.

Estes permitem expandir o plano de produção dos produtos finais em um plano detalhado de agendamento de pedidos para toda a sequência de produção (Jacobs & Chase, 2023).

O MPS consiste num plano de produção que indica para os produtos finais, ou produtos de procura independente, a quantidade e o período temporal em que serão produzidos. O plano de produção pode ser desenvolvido com base em previsões da procura ou com base na carteira de vendas (Jacobs & Chase, 2023).

A BOM é um documento que possui para cada produto final a descrição deste. Indica o conjunto de materiais e componentes que o constituem, as quantidades destes e a sequência em que estes são trabalhados. É através da BOM, por um processo de explosão, que são calculadas as necessidades das partes dependentes começando pelo nível superior, do produto final e descendo para os níveis inferiores (Jacobs & Chase, 2023).

O registo de stock contém informação sobre o número de unidades em stock e número de unidades pedidas em trânsito. Além disso, indicam para cada material o custo, o *lead time* e o stock de segurança (Jacobs & Chase, 2023).

As necessidades primárias são, portanto, obtidas pelo MPS, sendo este o ponto de partida para o MRP que as desagrupa em necessidades secundárias. Para o planeamento de necessidades, Kurbel (2013) indica que existem 2 abordagens distintas a que o MRP recorre:

- Planeamento baseado nas necessidades (*Requirements-driven planning*);
- Planeamento baseado no consumo (*Consumption-driven planning*).

O planeamento baseado nas necessidades assenta na procura certa sendo por isso chamado de planeamento determinístico. Desde que as necessidades primárias sejam certas, as necessidades secundárias podem ser calculadas de forma exata através do uso da BOM. É um método exato de obtenção das necessidades secundárias. No entanto requer um elevado esforço computacional, sendo normalmente usado em produtos da categoria A e B (Kurbel, 2013).

O planeamento baseado no consumo envolve o cálculo das necessidades secundárias com base em padrões de consumos passados, e não com base na BOM, sendo, por isso, estocástico. Métodos de previsão podem ser usados para estimar a procura futura, definindo-se de seguida políticas de gestão de stocks que determinem quando deve ser um pedido colocado e que quantidade deve ser pedida ou produzida (como visto no subcapítulo 2.1). Tem a vantagem de ser simples, mas lida com suposições e estimativas da procura, sendo recomendado para produtos de categoria C e em certos casos B (Kurbel, 2013).

3 O problema no armazém MNC

O presente capítulo é dedicado à definição da situação inicial do *modus operandi* do armazém MNC. Apresentam-se os vários tipos de MRP existentes no SAP, bem como os requisitos de cada um para o seu correto funcionamento. Por fim identificam-se os materiais movimentados neste armazém e procede-se ao levantamento da importância relativa de cada material no conjunto total, por meio da análise ABC/XYZ.

3.1 Situação Inicial de levantamento de necessidades

O armazém MNC é responsável por gerir múltiplos materiais que são consumidos em várias empresas e *Sales* da AC. Os materiais vão desde produtos químicos de incorporação nos processos de tratamento da cortiça até material de economato usado nos escritórios.

Este não gere, no entanto, a totalidade dos materiais não cortiça consumidos na AC. O critério para um material ser gerido pelo armazém MNC é o facto de este ser consumido por mais do que uma empresa e ser possível efetuar compras em quantidade (com os seus benefícios subjacentes) para futura distribuição pelos armazéns mais pequenos das restantes empresas.

Salvo algumas exceções, em que a empresa consumidora final dispõe de espaço limitado ou não dispõe das condições adequadas para gerir os materiais não cortiça, este critério aplica-se à maioria dos materiais. Para os restantes materiais não cortiça consumidos numa única empresa, o material é gerido pela empresa que faz o seu consumo.

Todos os materiais movimentados quer no armazém MNC, quer nas restantes empresas do grupo têm um código identificador único no programa ERP da AC, o SAP. Este permite um controlo em tempo real das quantidades existentes em stock, bem como regista todos os movimentos de entrada e saída de materiais. Os passos de aquisição de material também são abrangidos no SAP. O fluxo de aquisição de um dado material compreende um conjunto de etapas apresentadas na Figura 1 do Anexo A.

O primeiro passo do processo de aquisição de material passa pelo levantamento de necessidades, sendo este realizado pela equipa do armazém constituída por duas pessoas. Esta equipa identifica as necessidades de forma pontual ou na sequência da saída de uma determinada quantidade de material, o que leva à verificação do nível de stock do produto.

Em seguida, com base na experiência, em “regras de negócio” ou em informações de futuras necessidades registadas no SAP por outras empresas, a equipa decide se a quantidade existente justifica a emissão de um pedido de material ao fornecedor.

Um exemplo de uma determinada regra de negócio é a forma como o armazém central geria o peróxido 35% (material usado na desinfeção da cortiça). De acordo com esta regra, quando se atingisse uma fila de 22 *Intermediate Bulk Containers* (IBCs) de peróxido, deveria ser encomendada uma segunda fila ao fornecedor (um camião transporta 22 IBCs), conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 6 - Última fila de 22 IBCs de peróxido, que pela regra de negócio, deveria ser realizada uma requisição para uma nova fila de 22 IBCs.

Após a identificação do material em falta, a equipa procede à redação manual de uma requisição de compra no SAP, na qual, entre outras informações, indica o material a requisitar, a quantidade, o centro e a data de entrega. Esta data pode não ser necessariamente cumprida seja por atrasos internos ou por atrasos por parte do fornecedor. No entanto, a equipa tem em consideração o prazo de entrega estimado do fornecedor ao definir a data de requisição.

Em seguida, a requisição deve ser aprovada pela responsável de Logística Operacional. As requisições aprovadas são então revistas pelo departamento de Compras, que as converte em pedidos de compra ao fornecedor. Dependendo do valor do pedido de compra, se este for superior a uma determinada quantia, será necessária uma aprovação adicional por parte do diretor da *Supply Chain*.

Apenas após a conclusão de todas estas etapas, é que o pedido de compra de material é encaminhado ao fornecedor.

Com a receção da mercadoria do fornecedor no armazém MNC, caso o produto exija controlo de qualidade, este entra no depósito de designação interna em SAP denominado de “AC01”. No caso dos produtos químicos, existe um depósito físico onde o material é provisoriamente armazenado enquanto aguarda o resultado da inspeção, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7 - Depósito de químicos a aguardar inspeção.

A maioria dos materiais químicos e de embalagens está sujeita a controlo de qualidade com o objetivo de verificar se o material fornecido cumpre os limites de especificação acordados com o fornecedor, importantes para a correta incorporação no processo produtivo. Esse controlo de qualidade é realizado pela LabCork, uma empresa do Grupo Amorim responsável por executar testes de controlo de qualidade para todas as empresas do grupo. A inspeção dos materiais é feita ao nível do lote, sendo o serviço da LabCork requisitado pelo departamento de Qualidade da AC.

Uma carga de um fornecedor contém por norma mais do que um lote distinto de material, o que se deve aos diferentes ciclos de produção do fornecedor consolidados numa única carga. Importa referir que o tempo de inspeção varia consoante o material. No entanto, não tende a ser superior a três dias úteis para nenhum material. Em casos de necessidade urgente do material em inspeção, a Labcork consegue antecipar a realização dos testes dando prioridade aos testes do armazém MNC face a outros provenientes de diferentes empresas do grupo, podendo dar resultados no próprio dia, mediante a hora de receção da mercadoria.

Até à obtenção de resultados positivos, o material do lote de inspeção, juntamente com os lotes que vieram na mesma carga, encontra-se com uso bloqueado em sistema.

Este tempo de inspeção acresce ao *lead time* de entrega do material, bem como aos tempos internos relativos ao envio do pedido ao fornecedor, como tempo decorrido entre o levantamento de necessidades e a disponibilização da mercadoria para utilização.

Após a inspeção, caso os resultados sejam positivos, o material é transferido para o depósito “AC15” em SAP e os químicos que se encontravam no depósito segregado são igualmente movidos para o depósito físico destinado aos materiais químicos. Caso o material seja rejeitado, é transferido para o depósito “AC60”, iniciando-se em paralelo um processo de substituição do lote rejeitado junto do fornecedor.

3.2 O módulo MRP em SAP

Em alternativa às requisições manuais, o SAP possui um módulo MRP incorporado que, com base nas existências em armazém e nos movimentos planeados futuros, permite efetuar o levantamento de necessidades de forma automática, conforme o tipo de planeamento selecionado. Este módulo funciona com o apoio de uma ferramenta interna de planeamento de necessidades acessível através da transação “MD04” no SAP (Figura 1 do Anexo B).

A “MD04” mostra uma lista de futuros movimentos de entrada e saída de material utilizados para o cálculo das necessidades futuras. Esta transação permite visualizar o impacto das futuras saídas do armazém nas existências atuais.

Os movimentos de saída futura de material visíveis na “MD04” incluem ordens de produção, reservas de material por centros de custo, transferências de stock para outros armazéns ou, em inglês, *Stock Transport Order* (STO) e ordens de venda (designadas internamente por OV).

Neste contexto, é importante distinguir entre uma STO e uma OV. Uma STO corresponde a um movimento planeado de mercadoria dentro da mesma entidade jurídica, ou seja, entre empresas da AC que partilham o mesmo Número de Identificação Fiscal (NIF), como é o caso da Amorim Distribuição, De Sousa e Lamas, as quais têm o mesmo NIF do armazém central. Por outro lado, empresas como a ChampCork, a Amorim Top Series e as *Sales*, apesar de fazerem parte da AC, possuem NIFs distintos, pelo que os seus movimentos correspondem a OV, ocorrendo uma venda entre empresas.

Uma reserva de material por um centro de custo ocorre sempre que um determinado material é requisitado por um centro de custo. Um exemplo disso é quando o escritório da Logística solicita material de economato ao armazém central originando um futuro movimento de consumo no centro de custo do escritório. Os consumos em centro de custo, na realidade do armazém MNC, são geralmente aplicados a materiais de reduzida relevância.

Por outro lado, no armazém MNC, não são registados consumos para produção com origem em ordens de produção, sendo estes exclusivos dos armazéns dependentes que fornecem diretamente as linhas de produção.

Um movimento não planeado de consumo é o ajuste de produção. Este corresponde a acertos de stock positivos ou negativos, que não são associados a nenhum tipo específico de consumo. Estes movimentos ocorrem quando existe uma discrepância entre a contagem física do stock no armazém e os valores registados no SAP. Os ajustes negativos podem também refletir perdas de material por deterioração do mesmo. No entanto, quando os ajustes decorrem de erros de registo ou movimentações não documentadas, são considerados indesejáveis. A presença deste tipo de ajustes no histórico é considerada um indicador negativo da fiabilidade do histórico de consumos. Estes movimentos são praticamente inexistentes no armazém MNC.

O módulo MRP em SAP permite uma parametrização distinta para cada material acessível por meio da transação “MM02”, designada por “Mestre de Materiais. Esta transação, além de possuir várias vistas com atributos para diferentes áreas da empresa, como contabilidade e controlo de gestão, possui também vistas dedicadas à parametrização do MRP de um dado

material (Figura 2 do Anexo B). Estas incluem campos com informação relevante para a configuração do MRP, que serão discutidos nos seguintes subcapítulos.

Há vantagens subjacentes ao uso do módulo MRP, por comparação com o método de levantamento de necessidades manual, ligadas ao *workflow* interno em SAP (Figura 2 do Anexo A) e que não se prendem unicamente ao planeamento e levantamento automático de necessidades. As requisições geradas automaticamente pelo MRP só precisam ser fixadas pelo encarregado de armazém. Tal deve-se ao facto de estas serem criadas e preenchidas automaticamente pelo MRP, sendo apenas necessária a validação do encarregado de armazém. Deixa igualmente de ser necessária a aprovação da requisição por parte da responsável de Logística Operacional, avançando a requisição fixada diretamente para o departamento de Compras. Após a conversão da requisição em pedido de compra, deixa igualmente de haver necessidade de que esta seja validada pelo diretor da *Supply Chain*. Existe, portanto, um menor conjunto de etapas desde o levantamento da necessidade, até ao envio do pedido de compra ao fornecedor.

Para que o MRP efetue o levantamento de necessidades automático, é necessário que este seja executado em SAP via uso da transação “MD01” (Figura 3 do Anexo B), que permite efetuar um planeamento de todos os materiais em MRP de forma simultânea. É também esta transação que permite fazer a explosão das BOMs, calculando as necessidades dependentes com base nas necessidades principais colocadas por outros armazéns.

É de referir, no entanto, que não existem BOMs configuradas no armazém MNC, por não existirem saídas diretas para a produção. O MRP, neste caso, limita-se a efetuar um planeamento com base nas necessidades principais. No entanto, as necessidades de material no planeamento do armazém MNC, podem ter sido colocadas via explosão de BOMs nos armazéns dependentes.

De forma adicional, o SAP da AC possui uma rotina interna que executa a transação “MD01” automaticamente às 12:00 e às 00:00 todos os dias.

As necessidades resultantes da execução do MRP são depois listadas na transação “ME5A” (Figura 4 do Anexo B). Aqui, o encarregado do armazém consegue ver uma lista de todas as requisições de material geradas automaticamente pelo MRP. O encarregado, de seguida, fixa as requisições para a futura conversão em pedido de compra pelo departamento de Compras. Caso as requisições não sejam fixadas pelo encarregado de armazém antes de uma nova execução da “MD01”, o módulo MRP redefine o cálculo das necessidades, eliminando requisições antigas e gerando novas, criando um novo planeamento.

O armazém MNC, fruto da passagem de outros encarregados de armazém e membros da equipa da Logística, possuía um conjunto de materiais em MRP provenientes de iniciativas anteriores. No entanto, devido à falta de transmissão de conhecimento, as equipas seguintes não eram capazes de parametrizar novos MRPs nem de atualizar a parametrização dos MRPs existentes. Isto fez com que os planeamentos criados pelo MRP ficassem progressivamente desatualizados e inadequados às necessidades atuais.

Desta forma, o módulo MRP em SAP caiu em desuso no armazém MNC, deixando de ser seguido o seu planeamento e regressando-se a uma gestão assente na sensibilidade dos encarregados de armazém bem como em regras de negócio. Este motivo despoletou a necessidade de criar uma ferramenta, de fácil utilização, que permita à equipa de armazém atualizar a parametrização dos MRPs.

Nos seguintes subcapítulos apresentar-se-ão as diferentes tipologias de MRP, as regras de cálculo do tamanho de lote e outros parâmetros importantes na sua parametrização.

3.2.1 Tipos de MRPs existentes em SAP

Os tipos de MRP em SAP podem ser divididos em duas famílias: MRP de planeamento com base no consumo e MRP de planeamento com base em necessidades. O planeamento com base no consumo usa o histórico de consumos para a definição de pontos de reabastecimento ou para gerar previsões de consumo. Por outro lado, o MRP baseado em necessidades usa movimentos de saída futuros para calcular as necessidades de materiais. Para estas morfologias de MRP, existe um conjunto de tipos de MRP padrão aplicáveis em SAP.

Dentro dos tipos de MRP baseados no consumo destacam-se: o VB, V1, VM, V2 e VV, que serão seguidamente explicados.

O MRP tipo VB caracteriza-se por um tipo de MRP de ponto de reabastecimento que não tem visibilidade sobre necessidades futuras. O ponto de reabastecimento é introduzido manualmente em SAP e a necessidade de aquisição de um dado material é unicamente despoletada quando se dá um consumo e o nível de stock fica abaixo do ponto de reabastecimento. Tem a vantagem de que, se houver modificações constantes no planeamento das saídas de armazém, ou seja, se as datas de vendas e transferências de stock forem constantemente alteradas, o planeamento do MRP não é alterado, pois este MRP só reage a alterações no nível de stock, e não às necessidades futuras previstas. Por contrapartida, esta mesma característica faz com que o MRP não possa prever o impacto das saídas futuras no nível de stock atual e antecipar necessidades de reabastecimento. Na Figura 8, apresenta-se um esquema com o funcionamento do tipo de MRP VB, onde, por motivos de simplificação, se visualiza a evolução das existências à semana.

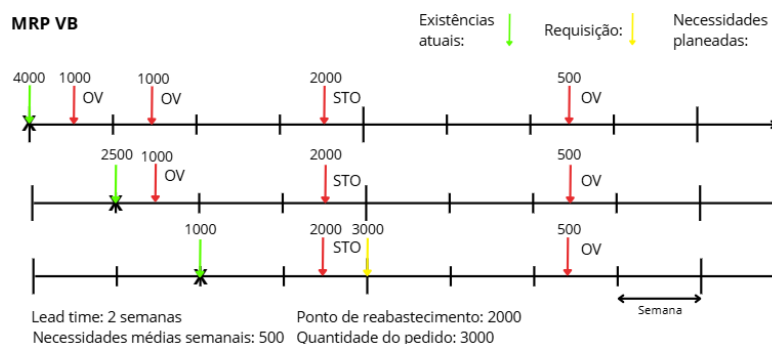


Figura 8 - Funcionamento do tipo de MRP VB, com a evolução do stock ao longo de três semanas.

Por sua vez, o funcionamento do tipo de MRP V1 é idêntico ao do tipo VB, só que possui visibilidade sobre as saídas futuras, desde que sejam OV's. O período com visibilidade sobre necessidades futuras pode ser ajustado. Este MRP reporta as saídas no horizonte temporal abrangido pela sua configuração ao momento presente e, caso estas baixem o nível de stock do ponto de reabastecimento, gera uma requisição de material. A data da requisição é colocada a contar do dia atual, acrescido do *lead time* de entrega. No entanto, se as saídas futuras forem exclusivamente de tipologias diferentes de OV's, como, por exemplo, STO's, este MRP comporta-se da mesma forma que o tipo de MRP VB. Na Figura 9, apresenta-se um esquema com o funcionamento do tipo de MRP V1.

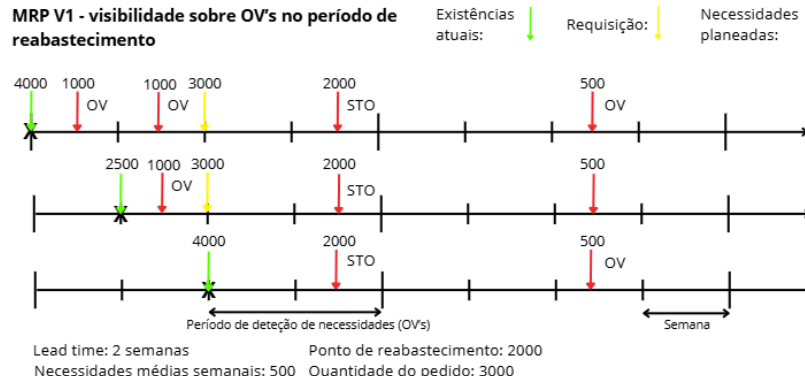


Figura 9 - Funcionamento do tipo de MRP V1, com a evolução do stock ao longo de três semanas.

Em alternativa, existe, como MRP padrão no SAP, o tipo de MRP VM. Este é semelhante ao MRP VB no seu funcionamento diferenciando-se na forma de definição do ponto de reabastecimento e do stock de segurança, que é realizada pelo próprio SAP com base no histórico de consumos, *lead time* de entrega e nível de serviço introduzido no SAP. Este processo de definição do ponto de reabastecimento via SAP resulta de uma parametrização prévia de modelos de previsão que são usados para o cálculo dos stocks de segurança e pontos de reabastecimento.

De forma análoga ao tipo de MRP VM, existe também o tipo de MRP V2 que permite a definição automática de um ponto de reabastecimento e stock de segurança com base no histórico existente em SAP. À semelhança do V1, este possui também visibilidade sobre as necessidades futuras, fruto de OV's.

O último MRP padrão existente no SAP baseado no consumo é o MRP VV. Este MRP, com base no mesmo módulo de previsão usado para o MRP VM e V2, não define um ponto de reabastecimento, mas sim prevê o consumo para um horizonte temporal com base num dado nível de agrupamento de necessidades (semanais ou mensais). As previsões para cada nível de agrupamento passam a ser interpretadas como necessidades para esse período. O MRP, de seguida, com base na regra de cálculo de tamanho de lote selecionada e no tamanho mínimo de lote definido, gera requisições de modo a satisfazer as necessidades levantadas pela previsão para cada período. A existência de saídas no planeamento não tem impacto no funcionamento deste MRP, pois este se baseia unicamente nas previsões lançadas e nas existências em armazém. Na Figura 10 apresenta-se um esquema com o funcionamento do tipo de MRP VV.

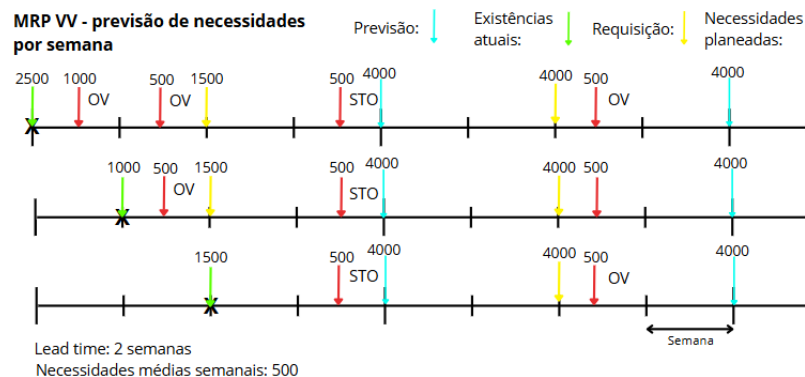


Figura 10 - Funcionamento do tipo de MRP VV, com a evolução do stock ao longo de três semanas.

Já no planeamento com base em necessidades existe, por padrão, o tipo de MRP PD. Este lê todos os tipos de necessidades futuras presentes no planeamento do material, para o cálculo das quantidades nas requisições de compra. Não é definido ponto de reabastecimento, mas pode ser

definido um stock de segurança. Na Figura 11 apresenta-se um esquema com o funcionamento do tipo de MRP PD, com regra de cálculo do tamanho de lote exato.

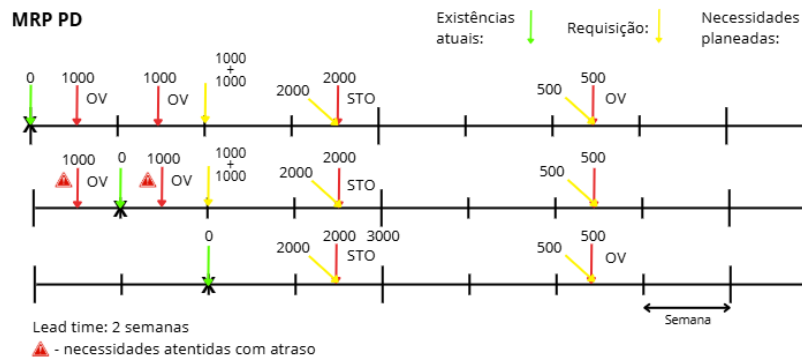


Figura 11 - Funcionamento do tipo de MRP PD, com a evolução do stock ao longo de três semanas.

Por último, existe a possibilidade de se parametrizarem novos tipos de MRP. Esta última função não se encontra acessível para o utilizador comum SAP e permite a criação de um tipo de MRP que fica visível na rede interna da AC.

3.2.2 Regras de cálculo do tamanho de lote em SAP

Para o dimensionamento do tamanho de lote a inserir nas requisições de material, o SAP dispõe de um conjunto de regras do cálculo de tamanho de lote que impactam diretamente o funcionamento dos tipos de MRP. Destacam-se as regras de cálculo:

- Tamanho de lote exato (EX);
- Tamanho de lote fixo (FX);
- Tamanho de lote de reposição até ao stock máximo (HB);
- Tamanho de lote mensal (MB);
- Tamanho de lote semanal (WB);
- Tamanho de lote diário (TB).

O tamanho de lote exato (EX) assenta na mesma lógica *lot-for-lot*, a requisição tem exatamente a mesma quantidade da necessidade e é geralmente usado com tipos de MRP que possuem visibilidade sobre necessidades futuras.

O tamanho de lote fixo (FX) assume como constante a quantidade a encomendar ao fornecedor. Este é principalmente útil quando o fornecedor só entrega uma quantidade fixa de material por remessa. É exemplo disso o fornecimento de paletes à AC, em que o fornecedor fornece somente em múltiplos de um camião de paletes de cada vez. Caso uma requisição com quantidade fixa de material não seja suficiente para satisfazer as necessidades, o MRP gera múltiplas requisições de quantidade fixa até que sejam suplantadas.

O tamanho de lote de reposição até ao stock máximo (HB) assenta na lógica de reabastecimento até ao ponto máximo, podendo ser combinada com um ponto de reabastecimento. Para tal é definido um stock máximo em armazém que é usado como limite superior para cálculo da quantidade a reabastecer. A quantidade de requisição é calculada conforme a fórmula 3.1.

$$Q = Stock_{max} - Stock_{atual} \quad (3.1)$$

O tamanho de lote mensal (MB), agrupa as necessidades de um mês numa única requisição. Geralmente este funciona com tipos de MRP com visibilidade sobre necessidades futuras. De forma análoga, os tipos de regras de cálculo WB e TB agrupam as necessidades em requisições com quantidades que suplantam as necessidades semanais e diárias, respetivamente.

3.2.3 Outros parâmetros do MRP em SAP

Existem ainda outros parâmetros necessários para o correto funcionamento do MRP em SAP, que requerem preenchimento. Destacam-se:

- Ponto de reabastecimento;
- Tamanho mínimo de lote;
- Valor de arredondamento;
- *Lead time* de entrega do fornecedor;
- Tempo de processamento;
- Stock de segurança.

O ponto de reabastecimento constitui um campo de preenchimento obrigatório para os MRPs de planeamento com base no consumo, com exceção do tipo de MRP VV. Este parâmetro exige que seja colocado manualmente o valor do ponto de reabastecimento nos tipos VB e V1, enquanto nos tipos VM e V2, este é preenchido automaticamente.

O tamanho mínimo de lote representa a quantidade mínima negociada com o fornecedor, a que este se dispõe a entregar por um dado preço fixado com a AC. Esta quantidade é definida pelo departamento de Compras cujo trabalho é de realizar um levantamento de potenciais fornecedores e fechar preços e termos com estes.

A quantidade de arredondamento corresponde à unidade mínima de entrega do fornecedor. É exemplo disso o caso em que o fornecedor só entrega em caixas ou em paletes, com múltiplas unidades, enquanto o consumo interno é à unidade básica. Este parâmetro é principalmente importante quando se utilizam regras de cálculo de tamanho de lote que agrupam necessidades. O valor de arredondamento permite ajustar a quantidade da requisição para o múltiplo de arredondamento imediatamente superior à quantidade calculada.

O *lead time* de entrega do fornecedor corresponde ao tempo que o fornecedor leva a entregar o material, desde que recebe o pedido até entregar a mercadoria no armazém da AC. Este é expresso em SAP em dias de calendário e é usado para determinar as datas para as quais as requisições com a entrada de material são colocadas. É do conhecimento da equipa da Logística o prazo estimado de entrega dos fornecedores, no entanto, é possível também obter através do SAP o histórico de entregas destes.

O tempo de processamento corresponde ao tempo que decorre após uma mercadoria ter dado entrada no armazém, até esta ficar disponível para consumo. O impacto que este tem no planeamento realizado pelo MRP é o de adiantar a data de entrada no armazém em relação à data da necessidade (caso o MRP esteja programado para lançar as requisições para as datas das necessidades). Na Figura 12 apresenta-se o efeito do tempo de processamento para o tipo de MRP PD, quando lhe é atribuído um tempo de processamento de 5 dias úteis.

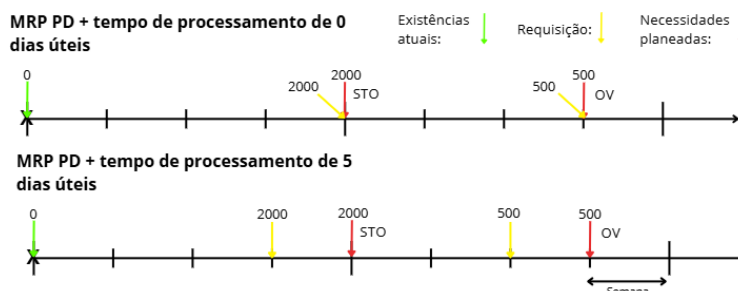


Figura 12 - Impacto do tempo de processamento na colocação requisições de material.

O parâmetro do stock de segurança para a parametrização dos MRPs em SAP, corresponde a um parâmetro de mera visualização na vista da MD04. Indica se as necessidades planeadas

fazem com que se tenha de consumir do stock de segurança ou se o nível de stock atual é inferior ao stock de segurança.

Por fim, é de referir que na programação do MRP, que não está acessível para o utilizador comum do SAP, é possível ajustar o horizonte de visualização de necessidades para os tipos de MRP que disponham dessa funcionalidade. Desta forma, o MRP pode ter visibilidade sobre todas as necessidades ao longo do horizonte temporal, afetando o nível atual de stock ou, em alternativa, ter visibilidade apenas sobre as necessidades existentes numa janela temporal mais curta, que não engloba todo o horizonte de planeamento.

3.3 Identificação dos materiais

De modo a conhecer-se o uso dos materiais e a sua importância na atividade diária da AC para futura aplicação do MRP, foi realizado um levantamento dos materiais transacionados no SAP para o ano de 2024 no armazém MNC.

Em 2024, excluindo vasilhames retornáveis ao fornecedor que dão entrada no armazém, foram transacionados 280 materiais distintos, podendo estes ser agrupados como visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Grupos de materiais e constituição destes.

Grupo de material	Materiais distintos	Percentagem do total de materiais	Constituição do grupo
Químicos	60	21,43%	Colas de colmatagem; colas industriais; desmoldantes; óleos e ceras de incorporação; pigmentos; químicos de lavação; químicos de revestimento e tratamento de rolhas e tintas de incorporação.
Embalagens	66	23,57%	Caixas; etiquetas; saco, filmes e mangas em plástico; fitas adesivas; paletes e sacos de rafia.
Qualidade	3	1,07%	Consumíveis de laboratório.
Manutenção	16	5,71%	Ferramentas e consumíveis de manutenção.
Administrativo	42	15,00%	Águas e material de economato.
Limpeza	42	15,00%	Material de limpeza
Segurança e Saúde no trabalho	51	18,21%	Fardamento e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

A totalidade dos materiais foi analisada em conjunto com a equipa do armazém para identificar quais destes são relevantes para a futura introdução em MRP. Os critérios usados para esta identificação foram: se os materiais se enquadram no perfil de compra única, se a responsabilidade da gestão dos materiais é ou não exterior ao armazém central (apesar destes serem armazenados fisicamente neste), se os materiais foram ou serão descontinuados em breve, e se o modo como o material é comprado é compatível com a sua introdução em MRP.

Foi identificado que, dos 280 materiais, 50 (17,86%) não eram considerados relevantes para inclusão em MRP, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais irrelevantes para inclusão em MRP.

Número de materiais	Motivo exclusão
8	Materiais cujo processo de requisição de material e armazenamento é feito pelo armazém MNC, mas os restantes aspetos de gestão destes são exteriores à equipa do armazém.
13	Materiais que representam compras isoladas ou pontuais para os quais foi aberto um código de produto e que se destinavam à realização de testes ou de protótipos.
20	Materiais que foram descontinuados e que deixaram de ser transacionados no armazém MNC, constando estes no histórico de movimentos de 2024.
5	Materiais que serão descontinuados em breve pelo que não se justifica a introdução destes em MRP. Estes são três EPIs e dois químicos usados na desinfeção da cortiça que deixaram de ser geridos pelo armazém MNC.
4	Materiais de embalagem que são importados em conjunto e cuja decisão de reabastecimento não passa pelo armazém MNC.

Desta forma, para introdução em MRP, foram identificados 230 materiais. Estes representam 91,18% do volume total em euros de mercadorias movimentadas em 2024.

Dos 230 materiais, não é feito, no entanto, um aprovisionamento constante para todos. Há materiais que são comprados unicamente quando há um pedido de compra (OV) ao armazém central. Estes consistem, sobretudo, em materiais que são comprados apenas para envio às *Sales* ou clientes internacionais da AC.

Dos restantes materiais, quando também são consumidos por empresas nacionais, regra geral, é feito aprovisionamento regular e o armazém é obrigado a ter disponibilidade constante destes materiais.

Doravante, os materiais que se encaixam no perfil de compra mediante existência de OV serão designados por “materiais de expedição”, sendo que constituem 39 dos 230 materiais de relevância (16,96%) que apresentaram movimentos em 2024.

Os restantes materiais, para os quais é feito aprovisionamento contínuo, 191 dos 230 (83,04%), possuem dinâmicas de reabastecimento ou estruturas de dados em SAP distintas, permitindo a sua desagregação numa etapa posterior, como visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais em que se constitui stock divididos por grupo.

Designação do grupo	Número de materiais	Caracterização
Materiais de compra em bolo	14	Materiais que são comprados em quantidade e que ficam armazenados no armazém do fornecedor. Quando o stock no armazém MNC é reduzido, o fornecedor é contactado para realizar uma entrega de uma dada quantidade para uma dada data, obedecendo ao <i>lead time</i> de preparação do material e entrega do fornecedor.
Materiais de lote	20	Materiais que dentro de um mesmo código identificador único em SAP possuem uma subdivisão por lote de material. É o caso de alguns dos EPIs e fardamento que possuem uma divisão interna em SAP por tamanhos.
Materiais do fornecedor “K”	10	Materiais que correspondem a químicos de lavação fornecidos por um fornecedor em que são apenas colocadas requisições à sexta-feira, para entrega na quarta-feira seguinte.
Materiais comuns	147	Materiais em que é redigida uma requisição manual quando é considerado pelos encarregados de armazém que a quantidade em armazém é suficiente.

De forma adicional, é apresentado na Figura 1 do Anexo C um esquema com a decomposição dos produtos anteriormente identificados por quantidade e por peso relativamente ao valor total de consumo em 2024.

3.4 Análise ABC/XYZ

Após se terem segregado os materiais relevantes para inclusão em MRP, foi realizada a estes uma análise ABC/XYZ com o objetivo de aferir a importância relativa de cada material em termos de volume de consumo e de regularidade na frequência de consumo para o ano de 2024.

O critério para a classificação ABC adotado foi que 80% do consumo total de materiais de maior consumo fosse atribuído a produtos do tipo A, os 15% seguintes a materiais do tipo B e os remanescentes 5% a materiais do tipo C.

Por outro lado, na classificação XYZ foi considerado que se encaixam na categoria X 20% dos produtos com menor CV, na Y os seguintes 30% de produtos com menor CV e na Z os restantes 50%.

A análise ABC/XYZ dos materiais relevantes para inclusão em MRP, está apresentada na Figura 13.

	A	B	C
X	12	17	16
Y	3	9	58
Z	0	10	105

Figura 13 - Análise ABC/XYZ aos materiais para inclusão em MRP.

Observa-se que os quinze materiais de classe A correspondem a 6,52% do total de materiais de interesse para introdução em MRP, e representam 80% dos consumos dos materiais considerados para inclusão. De forma adicional, os cinco produtos com maior peso nos consumos de 2024, representam 60,63% do valor consumido total dos materiais considerados para inclusão em MRP nesse ano.

Neste ponto a situação inicial de levantamento de necessidades encontra-se descrita. Os materiais transacionados no armazém MNC em 2024 foram caracterizados e agrupados por categorias, segundo os seus comportamentos e especificidades. Adicionalmente, o módulo MRP em SAP foi descrito, pelo que é possível apresentar a solução proposta, o que será feito no próximo capítulo.

4 Solução proposta

No presente capítulo serão apresentadas as bases da solução para os problemas levantados no capítulo anterior. Será identificada a forma como os dados foram recolhidos e tratados para a futura definição de pontos de reabastecimento em materiais em que se constitui stock.

De seguida, será realizada uma análise dos vários tipos de MRP orientados ao consumo para futuro uso na parametrização dos materiais. Para cada um dos subgrupos distintos de materiais, será identificada a forma como o módulo MRP em SAP é aplicado.

Por último, é apresentado o funcionamento do programa desenvolvido.

4.1 Recolha, análise e tratamento de dados

Um trabalho prévio de recolha, análise e tratamento de dados precisou de ser realizado de modo a garantir a integridade destes.

4.1.1 Recolha de dados

Existem quatro principais fontes de dados necessárias para o desenvolvimento da solução:

- Dados sobre os materiais para futura parametrização dos MRPs;
- Dados sobre os consumos históricos dos materiais;
- Dados relativos aos *lead times* de entrega dos materiais, via registos no sistema;
- Dados relativos aos tempos de inspeção.

Para a parametrização dos MRPs dos materiais foi identificado para cada um destes o tamanho mínimo de lote, o *lead time* de entrega em dias úteis do fornecedor e as quantidades de arredondamento. O tamanho mínimo de lote e o *lead time* de entrega em dias úteis foram obtidos por contacto com a equipa de Compras, enquanto as quantidades de arredondamento, por não haver até então registos de tal, foram obtidas diretamente do armazém. Além disso, para os materiais que possuem um tamanho fixo de lote, foi recolhido o valor deste também junto da equipa de armazém.

Ao nível dos registos base de consumos usados como histórico para o desenvolvimento da solução, incluem-se os movimentos de cada material do armazém MNC extraídos do SAP. Isto é possível através da transação “MB51” que possui um histórico de todas as entradas, saídas e movimentos dentro do próprio armazém (na Figura 5 do Anexo B é visível a vista da transação “MB51” em SAP). Para efeitos de consideração de movimentos de consumo, foram incluídos os movimentos de saída e movimentos de estorno de operações de saída, de modo a apurar os consumos reais de cada tipo de material. Na Tabela 4 apresentam-se os movimentos considerados para efeitos de cálculo dos consumos.

Tabela 4 - Movimentos em SAP considerados para efeitos de cálculo de consumos.

Tipo de movimento	Descrição	Observação
201	Saída de mercadoria para centro de custo.	Necessidades planeadas sob a forma de reservas de material originam este tipo de movimento.
601	Movimento de remessa de mercador (venda).	Necessidades planeadas sob a forma de OV's originam este tipo de movimento.
602	Estorno de remessa de mercador.	Este movimento é usado para anular uma operação de um movimento 601.
641	Transferência de stock entre armazéns.	Necessidades planeadas sob a forma de STOs originam este tipo de movimento
903	Ajuste de produção positivo.	---
904	Ajuste de produção negativo.	---

O período temporal de consumos a ser considerado foi a partir de 01-01-2023, apesar de existirem registos acessíveis desde o início de 2020. Esta decisão tem por objetivo abranger o período temporal em que a atual equipa de armazém entrou em funções. Além disso, esta decisão tem também por base o conhecimento de mudanças nas práticas de registo de consumos que ocorreram aquando da troca de equipas. De igual forma, é possível realizar-se uma melhor identificação, junto da atual equipa de armazém, de registos anómalos que necessitam de ser tratados.

Foram igualmente obtidas do SAP as datas de pedido ao fornecedor e as correspondentes datas de entrada em armazém para cada um dos pedidos, para os vários ciclos de reabastecimento que ocorreram a partir de 01-01-2023.

Por último, foram extraídos do SAP os registos de entrada e conclusão de inspeção a partir de 01-01-2023 por forma determinar os tempos de inspeção para os materiais que o exigem.

4.1.2 Análise de dados

Os registos de consumo foram agrupados por mês e foi realizada uma análise exploratória inicial destes. Na Figura 14, apresentam-se os consumos para um material usado no tratamento de rolhas, cujas características da série temporal estão presentes em alguns dos produtos de incorporação no processo produtivo.

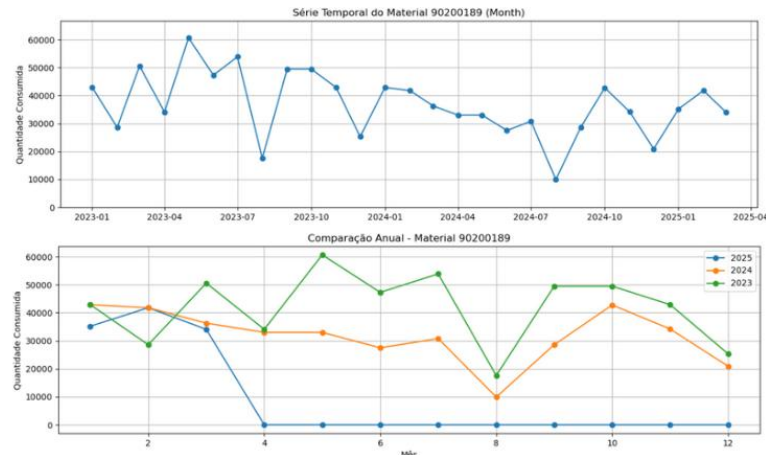


Figura 14 - Gráficos com os consumos do material 90200189 compreendidos entre 01-2023 e 03-2025.

Existe uma sazonalidade patente na maioria dos materiais, onde os meses de agosto e dezembro representam meses de menor consumo. Estes meses correspondem a períodos de férias, durante os quais a empresa encerra durante duas semanas em agosto e uma semana e meia em dezembro. De uma forma geral, também devido a uma redução de atividade da AC do ano de 2023 para 2024, verifica-se uma tendência decrescente nas saídas de alguns materiais.

Em alternativa a efetuar o cálculo mensal dos consumos através da extração da lista de movimentos de um determinado material, o próprio SAP permite também visualizar os registos de consumo do material agrupados por mês. Este facto permite comparar a forma como o SAP regista os consumos, com a extração dos movimentos e tratamento dos dados fora do SAP.

Esta foi a primeira abordagem a ser realizada com o objetivo de identificar desfazamentos entre as duas formas de obtenção de consumos mensais para o armazém MNC, algo que se confirmou. Para diversos materiais, verificou-se um desfazamento, que foi investigado em conjunto com a equipa da Logística, tendo-se encontrado os dois seguintes motivos para as diferenças nos registos:

- O movimento 309 de mudança de lote de material, que o SAP interpreta como consumo, pois é dada baixa de uma quantidade num lote de material e entrada num outro lote distinto dentro do mesmo material;
- Processos de refaturação de encomendas, que ocorrem quando existe um erro na fatura original e há necessidade de reentrar a mercadoria no sistema para posterior saída. Nestes casos o SAP duplica um mesmo consumo.

A Figura 15 mostra o desfazamento entre os dois métodos de apuramento de consumos para um material de tratamento de rolhas, resultante de movimentos de transferência entre lotes.

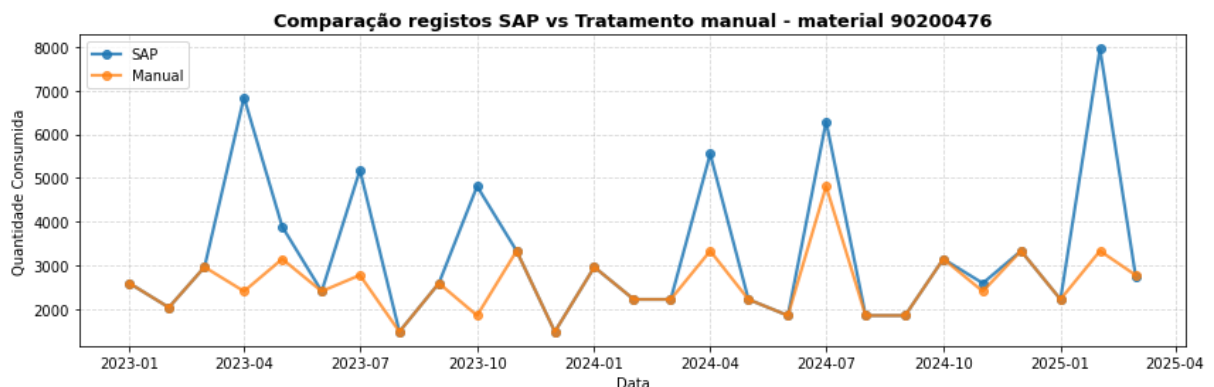


Figura 15 - Gráfico com a comparação dos registos em SAP com a extração dos movimentos de consumo e tratamento manual destes fora do SAP.

Já no que diz respeito ao *lead time* de entrega do fornecedor, além de ter sido obtido a partir do departamento de Compras, pôde ser também obtido a partir da diferença entre a data de colocação do pedido e a data de entrada da mercadoria em armazém, normalizada pelo número de dias trabalhados no armazém MNC. Os dias trabalhados no armazém MNC foram apurados com base nas datas em que ocorreram movimentos de entrada e saída no armazém, que se rege pelo calendário de trabalho da AC.

Na Figura 16 apresenta-se a distribuição do *lead time* de um produto de embalagem, cujo valor teórico indicado pelo departamento de Compras foi de quinze dias úteis. Este produto, no período de janeiro de 2023 a março de 2025, registou 47 ciclos de reabastecimento.

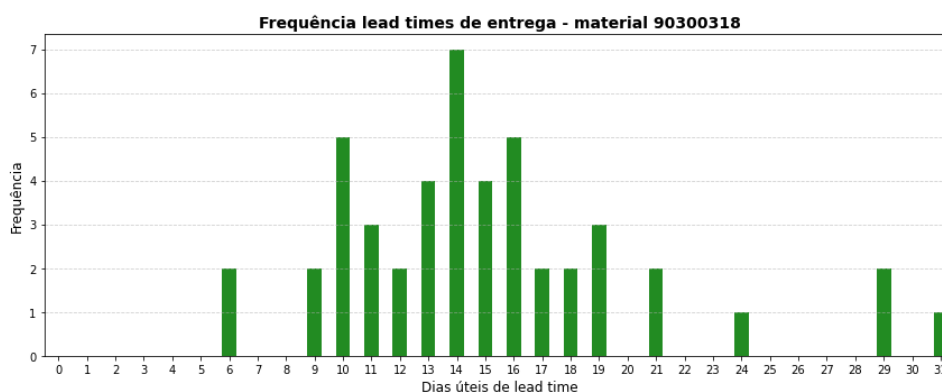


Figura 16 - Gráfico com a distribuição do *lead time* de entrega para um material de embalagem.

Existe um conjunto de fatores que contribuem para a dispersão no *lead time* de entrega do fornecedor. Destacam-se, do lado do fornecedor, atrasos e adiantamentos na entrega por disponibilidade imediata da mercadoria. Outro fator que impacta os registos é o facto de a equipa de armazém poder agendar a receção de uma carga para uma data que ultrapasse, ou preceda, o *lead time* indicado pelo departamento de Compras. Incorre-se, portanto, num *lead time* superior ou inferior, não por atraso ou adiantamento do fornecedor, mas sim pelo planeamento realizado pela equipa de armazém, que gere o número de cargas e descargas efetuadas em cada dia.

Com base nos dados recolhidos do SAP, não é possível distinguir se as variações no *lead time* se devem ao fornecedor ou ao planeamento da equipa de armazém.

Com os dados relativos às datas de entrada e de conclusão de inspeção, determinaram-se os tempos de inspeção ajustados pelos dias trabalhados na AC, contando-se 681 registos de inspeção para 61 materiais distintos de interesse de inclusão em MRP.

4.1.3 Tratamento de dados

No que diz respeito aos movimentos de consumo de materiais, foram eliminados do histórico de consumos todos os movimentos de refaturação, de modo a contabilizar uma única vez a saída do material. Além disso, os movimentos de transferência de lote dentro de um mesmo material (movimento 309), por não representarem uma saída verdadeira, foram igualmente excluídos dos movimentos de consumo a considerar.

Com o objetivo de eliminar o efeito do número de dias trabalhados por mês e identificar a verdadeira sazonalidade de cada material, foram divididos os consumos de cada mês pelo número efetivo de dias trabalhados em cada um destes (o número de dias trabalhados foi obtido pelo mesmo método descrito no subcapítulo 4.1.2). Obtém-se, desta forma, o equivalente ao consumo médio diário por mês. Na Figura 17, apresenta-se o impacto da remoção do efeito do número de dias trabalhados num mês na série do material 90200189, onde no gráfico do topo, se apresenta o consumo absoluto mensal e no gráfico de baixo o consumo médio diário.

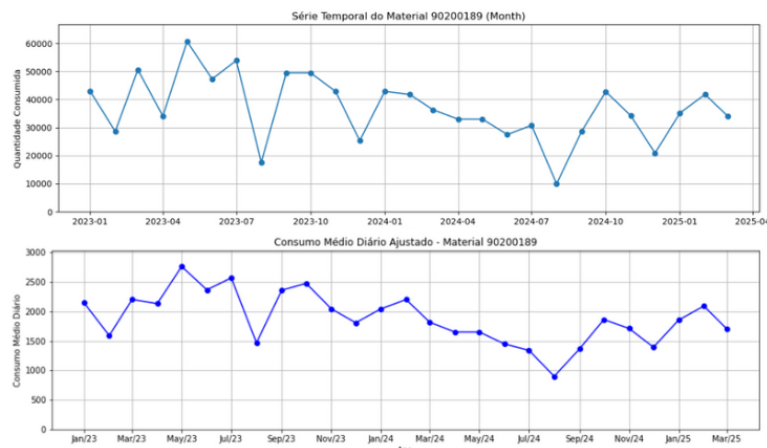


Figura 17 - Gráficos que retratam o efeito da remoção dos dias efetivamente trabalhados no material 90200189.

Para efeitos de futuros cálculos de pontos de reabastecimento, o consumo médio diário mensal foi a unidade usada.

4.2 Comparação dos diferentes tipos de MRPs orientados ao consumo e definição de um novo tipo de MRP

Anteriormente, foram introduzidos vários tipos de MRP orientados ao consumo. Importa, neste ponto, perceber as fragilidades destes e se eles podem ser aplicados no contexto de parametrização dos MRPs dos materiais em SAP.

O facto do MRP VB não ter visibilidade sobre necessidades futuras faz com que este tipo de MRP não faça uso da informação total que tem ao seu dispor. De igual forma, apesar do MRP V1 ter visibilidade sobre OV's, necessidades fruto de STOs e reservas de materiais não são usadas para o cálculo de como é afetado o nível atual de stock em armazém.

Os MRPs de definição de ponto de reabastecimento automático (VM e V2) e o MRP por previsão de consumos (VV) são baseados no histórico de consumos registado em SAP. No capítulo 4.1.2 verificou-se que a forma como o SAP realiza os registos de consumos não é correta. De forma adicional, o uso da aba de previsão (Figura 6 do Anexo B) para a parametrização destes três MRPs distintos, por parte de um utilizador comum pode levar à definição incorreta de previsões e pontos de reabastecimento. Mais tarde, erradamente, estes parâmetros mal definidos podem acabar por ser utilizados na atividade da empresa.

Deste modo, não se podendo garantir um uso correto da aba de previsão por parte dos futuros utilizadores do MRP e possuindo-se um histórico de dados com consumos mal registados em SAP, não se fez uso deste tipo de MRPs no presente projeto.

Fica, desta forma, patente a necessidade de um MRP orientado a consumos, que seja de definição manual do ponto de reabastecimento e que tenha visibilidade sobre qualquer tipo de necessidade futura. Foi, por conseguinte, criado um tipo de MRP em SAP, de definição manual de ponto de reabastecimento e com visibilidade sobre qualquer necessidade dentro da janela temporal que compreende o *lead time* incrementado por um período de cinco dias úteis. A este MRP denominou-se V4 e, na Figura 18, é visível um esquema do seu funcionamento.

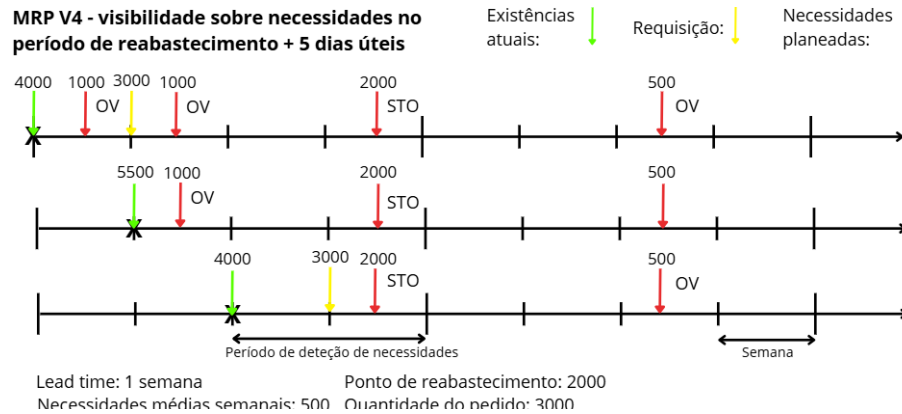


Figura 18 - Esquema com o funcionamento do MRP V4 para um produto com *lead time* de uma semana.

Existem dois tipos de necessidades: as necessidades imediatas e as necessidades planeadas. Para as necessidades imediatas, a AC tem de ter material em stock, enquanto para as necessidades planeadas (se estas forem colocadas com uma antecipação superior ao *lead time* do material), a AC consegue suplantar estas com mercadoria que irá receber do fornecedor. Atendendo a este fator, se todas as necessidades forem planeadas e se for definido um ponto de reabastecimento com base na totalidade do histórico de consumos, o nível de stock será sobredimensionado. Tal deve-se à visibilidade do MRP, que permite antecipar o impacto das necessidades futuras no stock atual e colocar requisições de material. Desta forma, qualquer necessidade futura que ultrapasse o ponto de reabastecimento será servida pela encomenda do fornecedor, não reduzindo o nível do stock do ponto de reabastecimento. Na Figura 19, apresenta-se o descrito.

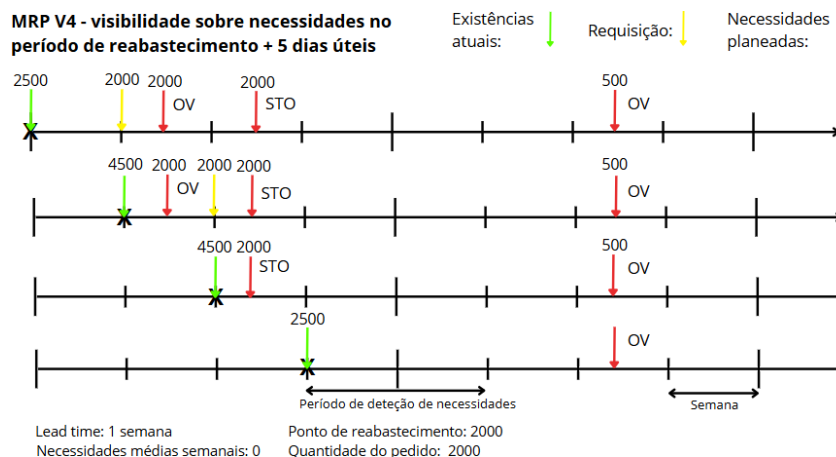


Figura 19 - Esquema do funcionamento do MRP V4 com um ponto de reabastecimento definido quando existem unicamente necessidades planeadas.

Para o exemplo da Figura 19, o MRP sugerido deveria ser o PD ou o V4, configurado sem ponto de reabastecimento.

Para uso do V4, mostra-se então importante dividir a procura entre aquela que será servida diretamente do stock e aquela que será servida pela quantidade a receber do fornecedor. O ponto de reabastecimento deve unicamente contemplar a procura imediata para evitar a acumulação desnecessária de stock. É de notar, no entanto, que caso exista uma necessidade planeada dentro da janela temporal de deteção de necessidades, mas que não reduza o stock abaixo do ponto de reabastecimento, não é despoletada uma requisição de compra, ficando a quantidade para essa necessidade reservada. Por outro lado, se não existir qualquer necessidade futura e os consumos se derem unicamente de forma imediata, o MRP V4 tem um comportamento semelhante ao MRP VB.

Em conjunto com o tipo de MRP V4, foram experimentadas várias regras de cálculo do tamanho de lote, sendo que a regra de cálculo semanal (WB), apesar do nome, foi a única que permitiu dar visibilidade sobre a totalidade de necessidades que aparecem na janela temporal de deteção de necessidades. Esta permitiu lançar uma requisição com a quantidade correta para uma data que reflete o *lead time* do fornecedor.

Para os materiais em que se constitui stock, o tipo de MRP V4 foi o escolhido para ser usado por defeito. No subcapítulo 4.5 serão demonstrados os benefícios do uso deste MRP misto, que é orientado quer a consumos, quer a necessidades.

4.3 Materiais em que se constitui stock

Para os materiais para os quais se constitui stock, pelo menos parte do consumo destes é realizado de forma imediata. É exemplo de tal o facto de empresas como a De Sousa requisitarem e recolherem no mesmo dia material no armazém MNC.

O facto de fábricas como a De Sousa, Lamas, Amorim Distribuição, entre outras estarem no mesmo polo industrial ou nas imediações do armazém MNC favorece este tipo de comportamento. Em contrapartida, as necessidades planeadas, principalmente das *Sales*, podem ser colocadas com relativa antecedência, tendo o armazém MNC visibilidade sobre estas.

Para os casos em que a procura é imediata e o armazém tem de ter disponibilidade do material, é necessário o uso de um tipo de MRP orientado ao consumo que tenha um ponto de reabastecimento definido. Para o cálculo do ponto de reabastecimento, é preciso obterem-se aquelas que são as necessidades médias diárias de consumo. Estas necessidades, podem ser obtidas através de métodos de previsão. De acordo com Makridakis *et al* (1998), a existência de tendência e sazonalidade nas séries temporais constituem uma das principais vantagens para a aplicação de métodos de previsão no dimensionamento adequado dos níveis de stock.

4.3.1 Previsão de consumo médio diário

Para o cálculo das necessidades médias diárias foram usados múltiplos métodos de previsão. Destacam-se a média móvel, a suavização exponencial simples, o *Holt Linear*, o *Holt-Winters* aditivo e o *Holt-Winters* multiplicativo.

A decisão de fazer uso de múltiplos métodos de previsão com especificidades distintas, prende-se com o facto de, na prática, não existir um modelo único melhor em todas as situações (Ballou, 2006). Assim, importa estabelecer um sistema que permita escolher o método de previsão correto, para as características da série temporal de cada material.

O ponto de partida para a previsão é a série temporal transformada em consumos médios diários mensais. Esta é separada em conjunto de treino e conjunto de teste, de modo a avaliar a robustez das previsões num conjunto de dados exteriores aos usados para treinar o modelo. Esta abordagem é designada de *holdout method*. Contudo, o facto de se usarem dados a partir de 01-01-2023, faz com que haja um conjunto de períodos limitados para divisão. No entanto, de acordo com Hyndman e Athanasopoulos (2018), o conjunto de teste deve ter, no mínimo, a duração do horizonte temporal máximo que se está a prever.

De acordo com Hyndman *et al* (2008), pontos de reabastecimento constantes fazem sentido quando a procura é estacionária e independente. O autor indica ainda que quando a procura é sazonal, os pontos de reabastecimento devem ser ajustados à procura de cada período. Por conseguinte, foi definido com a equipa de Logística que para produtos de maior importância (produtos classe A e B), estes teriam a sua parametrização revista mensalmente. Por outro lado, para os produtos menos importantes (produtos classe C), estes serão revistos de quatro em quatro meses. Desta forma, o tamanho do conjunto de teste foi definido como os últimos quatro períodos da série temporal.

Com a série temporal dividida em conjunto de treino e teste, os modelos são ajustados ao conjunto de treino, verifica-se a validade dos modelos de previsão com base nos resíduos e é avaliado o seu erro de previsão no conjunto de teste.

A medida de erro escolhida foi o erro médio absoluto, uma vez que os modelos são comparados com base na mesma série temporal. O modelo que apresentar um menor erro médio absoluto e que cumpra com os critérios de validade dos métodos de previsão é selecionado para efetuar a previsão do consumo. Na Tabela 5 apresenta-se a comparação dos vários modelos de previsão para o material 90200189.

Tabela 5 - Erro médio absoluto da série temporal do produto 90200189, para os vários modelos de previsão.

Método de previsão	Erro Médio Absoluto (EMA)	Erro Médio Absoluto Percentual (EMAP)
Média móvel	359,86	18,45%
Suavização Exponencial Simples	267,62	13,54%
<i>Holt Linear</i>	337,16	17,21%
<i>Holt-Winters</i> aditivo	258,36	13,02%
<i>Holt-Winters</i> multiplicativo	180,08	9,15%

Do exemplo da Tabela 5, o modelo selecionado para efetuar a previsão do consumo médio diário mensal para o material apresentado será o *Holt-Winters* multiplicativo. De forma adicional, os erros de previsão associados ao modelo selecionado são armazenados para posterior utilização na definição do stock de segurança.

4.3.2 Definição de stocks de segurança

Para o cálculo do stock de segurança, é necessário identificar-se a variabilidade nos erros de previsão, definir o nível de serviço a aplicar, definir o *lead time* médio de entrega e a procura média diária do produto.

A incerteza da previsão é obtida pelo cálculo do desvio padrão dos erros de previsão como apresentado no subcapítulo 2.1.3.

Na definição do nível de serviço, Rushton *et al* (2022) indicam que um nível de serviço típico é de 95%, com artigos prioritários com níveis de serviço a atingir 98% e 99%. Desta forma, foi delineado, em conjunto com a equipa de armazém, a definição de um nível de serviço de 99% para produtos críticos. No contexto de produtos críticos na AC, subentendem-se produtos que provocariam a paragem da atividade de empresas do grupo. Para os restantes produtos, como regra geral, ficou definido um nível de serviço de 95% ou, em alternativa, por indicação da equipa de armazém, não se define stock de segurança (nível de serviço de 50%) por serem materiais não críticos, podendo o fornecimento ser adiado ou apenas parcialmente satisfeito, caso necessário.

O *lead time* a considerar é constituído por três componentes:

- Tempo de conversão de uma requisição em pedido;
- *Lead time* de entrega do fornecedor;
- Tempo de inspeção do material (caso o material seja sujeito a inspeção).

O tempo de conversão de uma requisição em pedido de compra foi analisado com a equipa de Compras. Esta referiu que em um dia útil, é realizada a conversão da requisição em pedido de compra, sendo este o valor considerado. Para o *lead time* de entrega do fornecedor, foi considerado o *lead time* indicado pela equipa de Compras. Optou-se por não usar a distribuição do *lead time* de entrega do fornecedor com base nos registos do histórico do material, uma vez que não se pode distinguir as ocorrências que se deveram a atrasos e adiantamentos do fornecedor, das ocorrências que se deveram ao planeamento realizado pela equipa de armazém. Para o tempo de inspeção do material foi considerada a média e o desvio padrão do tempo de inspeção nos registos de cada material. Desta forma, só é considerada a variabilidade no *lead time*, na componente de inspeção do produto, caso o produto seja sujeito a inspeção. Na Figura 20, é apresentado um esquema das várias componentes que têm impacto no *lead time* total do material.

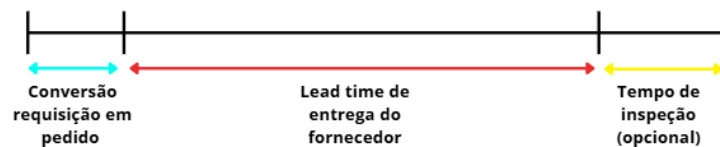


Figura 20 – Esquema com as várias componentes com impacto no *lead time* de um material.

Por fim, é possível definir o stock de segurança para um dado produto como visto na fórmula 4.1, caso o produto esteja sujeito a tempo de inspeção.

$$SS = z_{\alpha} \sqrt{\sigma_p^2 l_{total} + \sigma_{inspect}^2 \bar{d}^2} \quad (4.1)$$

Onde:

z_{α} , é o nível de serviço
 σ_p , é o desvio padrão dos erros de previsão
 l_{total} , é o *lead time* total
 $\sigma_{inspect}$, é o desvio padrão do tempo de inspeção, e
 $\bar{d}$, é a procura média diária

A equipa de Logística não considerou importante incorporar uma componente no stock de segurança relacionada com a possibilidade de algum lote de material ser rejeitado, pelo facto de ser um evento raro e a AC possuir mecanismos internos para lidar com tal situação.

4.3.3 Definição de pontos de reabastecimento

A definição do ponto de reabastecimento parte então da previsão do consumo médio diário, para posterior cálculo das necessidades médias durante o período de reabastecimento e do stock de segurança. A fórmula 4.2 representa como é definido o ponto de reabastecimento para uso com o tipo de MRP V4.

$$PR = \bar{d} l_{total} + SS \quad (4.2)$$

Onde:

$\bar{d}$, é o consumo médio diário previsto
 l_{total} , é o *lead time* total, e
 SS , é o stock de segurança

Com a definição do ponto de reabastecimento e inserção dos restantes atributos necessários à parametrização de um dado material em SAP, o módulo MRP passa a poder ser utilizado para planeamento de necessidades futuras do material. Desta forma, sempre que o encarregado de armazém, ou a rotina interna do SAP, execute a transação “MD01”, as requisições são despoletadas para os materiais cujo stock se encontre abaixo do ponto de reabastecimento. Além disso, quando as saídas de material dentro do período de deteção do MRP V4 indiquem que o nível de stock ficará abaixo do ponto de reabastecimento, também irão ser geradas requisições de material.

As requisições geradas pelo MRP para lidar com as necessidades de material aparecem na transação “ME5A”, onde o encarregado de armazém pode depois fixá-las. Se houver alguma incorreção na requisição gerada pelo SAP, o encarregado de armazém pode também editá-la antes de a fixar. As requisições fixadas, assim como requisições que já tenham sido convertidas em pedidos de compra, passam a ser contabilizadas como entradas de material no horizonte de planeamento do MRP V4. Estas são tidas em conta para efeitos de cálculo de necessidades sempre que a transação “MD01” for executada.

4.3.4 Materiais de consumo intermitente

No contexto dos materiais em que é feito stock no armazém MNC, alguns produtos encaixam-se na categoria de materiais de procura intermitente, segundo o critério descrito no subcapítulo 2.3.3. A regra adotada neste projeto para identificar quando um material apresenta procura intermitente é quando o seu intervalo médio entre consumos é superior ao seu tempo de reabastecimento, ou seja, quando $\frac{1}{\lambda L} > 1$.

Este tipo de comportamento verifica-se em materiais de manutenção, materiais de limpeza e materiais de consumo pontual usados no processo produtivo. Para estes materiais, a definição dos pontos de reabastecimento foi vista caso a caso com a equipa de armazém, podendo-se diferenciar os seguintes comportamentos a que o MRP deve obedecer:

- Materiais de reduzida importância, que podem ser reabastecidos somente quando o stock acaba, não havendo problema em atrasarem-se fornecimentos. Por exemplo, material de economato, material de limpeza e alguns materiais de embalagem.
- Materiais importantes, para os quais se deve ter em stock a quantidade em que um pedido ao armazém MNC é normalmente feito. Por exemplo, alguns materiais de manutenção.

Para o primeiro caso, foi definido um ponto de reabastecimento tal que quando o stock é nulo, o MRP lança uma requisição. Para o segundo caso, por padrão, definiu-se um ponto de reabastecimento com base no percentil 90% dos pedidos históricos. De seguida, com base na experiência do encarregado de armazém, incrementa-se ou não esse ponto de reabastecimento com base no percentil de uma quantidade por forma a constituir-se um stock de segurança.

Na Figura 21, apresenta-se um material de manutenção com um *lead time* total de seis dias úteis (um dia de conversão de requisição em pedido, cinco dias de entrega do fornecedor e sem tempo de inspeção) e com um tempo médio entre necessidades de 43,7 dias úteis. Para este produto, foi definido, em conjunto com a equipa de armazém, um ponto de reabastecimento de dezasseis unidades, coincidente com o percentil 90% do histórico de pedidos ao armazém.

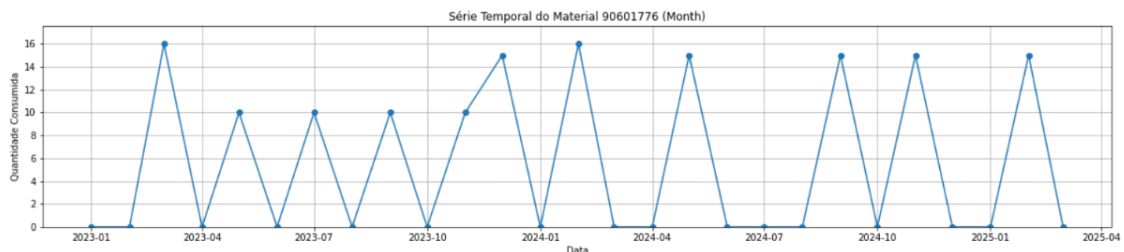


Figura 21 - Gráfico com o consumo do material de manutenção 90601776 de 01-2023 a 03-2025.

De forma adicional, para os produtos de procura intermitente, foi experimentado o uso do método de Croston para a definição de pontos de reabastecimento. No entanto, não foi possível obter resultados que pudessem ser aplicados no contexto do armazém MNC. Este método acabou por não ser implementado.

4.3.5 Materiais de compra em bolo

Os materiais de compra em bolo têm a particularidade de se colocar um pedido de quantidade elevada ao fornecedor, ficando este material no armazém deste. Mais tarde, aquando da deteção de necessidades e por um processo exterior ao SAP, a AC pede ao fornecedor que parcelas deste bolo sejam entregues no armazém MNC.

O processo de solicitação da entrega de uma parcela passa por o encarregado de armazém enviar um email ao departamento de Compras. O departamento de Compras, por sua vez, contacta o fornecedor para que este entregue uma carga (parcela do bolo) numa dada data. Não existe, portanto, uma requisição de material que seja depois convertida em pedido dentro do SAP, pois o pedido, quando é realizado, é para a quantidade total do bolo e não para uma parcela. Além disso, o pedido de compra ao fornecedor para o total do bolo encontra-se visível em SAP na transação “MD04”, e a quantidade deste pedido refere-se à quantidade no armazém do fornecedor. Sempre que ocorre uma entrega de uma parcela, esta quantidade é atualizada para refletir a quantidade total pendente para entrega. Na Figura 7 do Anexo B, é visível o referido.

É de referir, no entanto, que as parcelas entregues pelo fornecedor obedecem a um tamanho mínimo de lote de entrega, bem como estão sujeitas a um *lead time* do fornecedor, pois este precisa de tempo para preparar a mercadoria e entregá-la.

Apesar de haver um *workflow* diferente para estes materiais, tal não inviabiliza o uso do módulo MRP existente em SAP. À semelhança dos restantes materiais em que se constitui é possível definir pontos de reabastecimento e associar-se um MRP orientado a consumos para estes materiais. No entanto, ao invés do encarregado de armazém seguir o *workflow* normal em SAP, em que quando o stock baixa do ponto de reabastecimento aparece uma requisição sugerida na transação “ME5A”, este usa o módulo MRP como um alerta.

Quando aparece a requisição na transação “ME5A”, o encarregado sabe que está na altura de enviar um email ao departamento de Compras para pedir mais uma entrega de uma parcela do bolo ao fornecedor. Mais tarde, assim ocorrer a entrada do material em armazém e o stock ultrapassar o ponto de reabastecimento, a requisição sugerida pelo MRP é eliminada da transação “ME5A” na próxima vez que a transação “MD01” for executada.

Adicionalmente, a requisição lançada pelo MRP também serve de alerta para o encarregado de armazém verificar quanto é que do volume inicial encomendado (“bolo”) ainda está disponível. Caso esta seja reduzida, então o encarregado informa o departamento de Compras da necessidade de se colocar uma nova encomenda em bolo ao fornecedor.

O encarregado do armazém pode igualmente fazer uso da requisição da parcela do bolo e editá-la com as quantidades e restante informação necessária para a colocação de uma requisição de compra em volume. Depois de a fixar, esta requisição já terá um *workflow* semelhante às restantes requisições sugeridas pelo MRP.

Existe, no entanto, um pormenor importante para o qual a equipa de armazém foi alertada. O pedido em bolo tem de estar colocado para uma data que garanta que até à entrega da última parcela do bolo, o pedido em bolo não apareça na janela temporal de deteção de necessidades. Tal levaria a que este fosse contabilizado como uma entrada, impedindo que o MRP realize o planeamento correto. Na prática, a data do pedido em bolo é meramente informativa, pelo que a sua definição para datas bastante posteriores ao momento atual não representa um problema.

4.3.6 Materiais requisitados à sexta-feira

Como referido anteriormente, existe um conjunto de materiais para os quais apenas são efetuados pedidos ao fornecedor à sexta-feira para futura entrega na quarta-feira seguinte. Este

tipo de materiais obedece, portanto, a um modelo de revisão periódico em que o tempo de revisão é de cinco dias úteis e o *lead time* de entrega é de três.

No entanto, o módulo MRP em SAP funciona com base no modelo de revisão contínua, em que, sempre que o MRP é executado pela rotina diária do SAP ou pelo encarregado de armazém, as necessidades são despoletadas. Apesar disso, tal não impede o uso do módulo MRP no contexto destes materiais.

O ponto de partida para a parametrização dos materiais de revisão periódica é a definição de um nível até ao qual deve ser feita a reposição do material. A definição do nível de stock é realizada por meio do uso da fórmula 2.3. Este valor é definido como ponto de reabastecimento para o MRP V4 e sempre que o nível de stock baixe desse valor, uma requisição que obedece ao tamanho mínimo de lote e ao valor de arredondamento do material é gerada, para repor o stock acima do ponto de reabastecimento.

No entanto, para uso em SAP, caso a requisição seja gerada antes de sexta-feira, o encarregado não a fixa, sendo que esta será atualizada sempre que o MRP é executado, modificando a quantidade da requisição de acordo com a evolução do nível de stock. Só quando se chega a sexta-feira, é que o encarregado fixa a requisição para conversão no próprio dia em pedido de compra ao fornecedor, com entrega na quarta-feira seguinte. Desta forma, simula-se o modelo de revisão periódica em SAP.

Para a parametrização do MRP destes materiais, foi igualmente testada uma configuração do MRP V4 com a regra de cálculo do tamanho de lote de reposição até ao stock máximo (HB). O stock máximo é definido, da mesma forma, de acordo com a fórmula 2.3, sendo o restante funcionamento em SAP igual ao descrito no parágrafo anterior. No entanto, verificou-se, que as requisições geradas por este MRP calculam a quantidade da necessidade obedecendo unicamente à fórmula 3.1, não ajustando as quantidades da requisição de material ao tamanho mínimo de lote do fornecedor e à quantidade de arredondamento. Por este motivo, optou-se, ainda assim, pelo uso do tipo de MRP V4 com a regra de cálculo de tamanho de lote WB para estes materiais.

4.3.7 Materiais de lote

Como referido anteriormente, os materiais de lote possuem um código identificador único, mas com uma subdivisão interna em SAP por lotes, que é usada para discriminar tamanhos de artigos nos pedidos ao fornecedor. É exemplo de tal, o fardamento, que possui uma subdivisão extra em tamanhos, por exemplo, S, M e L. No entanto, para efeitos de consideração de produtos distintos, existem vários produtos dentro de um mesmo código identificador único.

O módulo MRP em SAP não permite discriminar, dentro de um código identificador único, o lote ao qual será aplicado o MRP. Desta forma, o MRP ao despoletar necessidades, não indica qual o lote de material específico a que a necessidade se refere, e interpreta o stock do produto de uma forma conjunta e não segregada.

Por este motivo, apesar de haver interesse na colocação destes materiais em MRP, inicialmente estes não foram parametrizados em SAP.

4.4 Materiais para expedir

Os materiais de expedição têm a particularidade de não se constituir stock destes e as quantidades serem pedidas ao fornecedor exatamente nas quantidades solicitadas pelos clientes. Desta forma, um tipo de MRP orientado ao consumo, e com ponto de reabastecimento definido, não é aplicável. Justifica-se, portanto, o uso de um tipo de MRP orientado às necessidades futuras, neste caso o PD, integrado com a regra de cálculo de tamanho de lote exato (EX).

Como, por defeito, nos tipos de MRP orientados a necessidades, as requisições são colocadas para a mesma data da saída do material, optou-se, juntamente com a equipa de armazém, por parametrizar um tempo de processamento interno de cinco dias úteis, de forma a antecipar as datas das requisições de material cinco dias úteis relativamente à data que se irá verificar a saída do armazém.

É de referir que, na eventualidade de uma necessidade ser colocada para uma data em que não é possível ter o material disponível no armazém, o MRP faz o planeamento para a data mais próxima que satisfaça o *lead time* de entrega do fornecedor.

Apesar de não se esperarem impactos nos níveis de stock com o uso deste tipo de MRP nos materiais de expedição, existem, na mesma, alguns benefícios resultantes da sua implementação. Destaca-se a automatização do processo de levantamento de necessidades para este tipo de produtos. Tal faz com que deixe de ser necessário o encarregado de armazém consultar a carteira de encomendas (documento interno) e redigir requisições manualmente.

Desta forma, sempre que exista alguma necessidade para algum material de expedir, o encarregado de armazém consulta apenas a transação “ME5A” e fixa a requisição para a futura conversão em pedido de compra ao fornecedor. Do lado do departamento de Compras, se houver mais do que uma requisição pendente para um mesmo material, é possível agrupar várias requisições num pedido único de material ao fornecedor.

4.5 Programa desenvolvido

Com o intuito de aplicar a metodologia apresentada nos subcapítulos anteriores, foi desenvolvido um programa, que, baseado no histórico de movimentos e especificidades dos materiais, permite a parametrização rápida e correta do MRP em SAP para um determinado material. O programa foi concebido tendo em conta a possibilidade de aplicar a mesma metodologia a diferentes armazéns, mediante a variação dos dados de entrada.

O programa foi desenvolvido em linguagem *Python*, com recurso à biblioteca *Tkinter* para a construção de interfaces. Os métodos de previsão por suavização exponencial aplicados foram implementados com recurso à biblioteca *statsmodel*. Para o tratamento dos *datasets*, foi feito uso da biblioteca *Pandas* do *Python*.

Por último, foi criado um executável do programa o qual foi instalado nos computadores da empresa.

4.5.1 Dados de entrada

Os documentos que servem de input ao programa são:

- Documento com os movimentos de consumo, obtidos através da transação “MB51” para todos os materiais, desde 01-01-2023 até à data de fecho do mês mais recente;
- Documento com os tempos de inspeção dos materiais, cedido pelo departamento de Qualidade, com acessos especiais ao SAP para a sua extração;
- Documento com as informações das especificidades de um dado material (valor de arredondamento, tamanho mínimo de lote, etc);
- Documento com a data de pedido de compra e data de entrada para cálculo do *lead time* do fornecedor de acordo com o histórico (opcional).

À exceção do documento com as especificidades dos materiais, que foi criado para o efeito, os restantes documentos são diretamente extraídos do SAP sob a forma de Excel.

Aquando do uso do programa para a definição e atualização da parametrização dos MRPs, os dados mais atualizados devem ser extraídos do SAP, e as especificidades dos materiais atualizadas (caso tenha havido mudanças nestes).

Para se efetuar a parametrização de um armazém distinto, devem ser extraídos do SAP os documentos correspondentes a esse armazém e criado um ficheiro com as informações específicas dos materiais, seguindo o mesmo *template* utilizado para o armazém MNC.

4.5.2 Funcionamento do programa

Para o correto funcionamento do programa, devem ser carregados na primeira vista do programa os documentos referidos no subcapítulo 4.5.1 (Figura 1 do Anexo D). De seguida, o encarregado de armazém deve percorrer a lista de materiais transacionados no seu armazém com interesse para introdução em MRP. Para cada material que for selecionado, é efetuado um filtro aos documentos de *input*, ficando a informação relativa ao material visível na vista principal do programa (Figura 2 do Anexo D).

Uma consulta da forma como tem evoluído o histórico de consumos pode igualmente ser realizada. Esta consulta pode ser feita através do consumo absoluto de material ao mês, pela sobreposição dos consumos anuais e por consumo médio diário mensal. Para cada um destes, o programa apresenta o respetivo gráfico de consumos (Figura 3 do Anexo D).

Uma vista com a decomposição dos consumos pelos vários clientes e fábricas que consomem um dado produto foi igualmente criada (Figura 4 do Anexo D). Neste ponto, é feita uma distinção entre aqueles que são movimentos de venda (origem em OV's) e aqueles que são movimentos de transferência de stock entre armazéns (origem em STOs). Esta decomposição dos consumos pode ser extraída para ficheiro Excel.

Na vista principal, é possível associar-se o MRP correto ao material. A associação do MRP ao material pode ser feita manualmente pelo encarregado, mas o programa permite identificar automaticamente o tipo de MRP aplicar (PD para materiais para expedir ou V4 para materiais em que se constitui stock).

Verificou-se com a equipa de armazém que materiais para expedir possuem no seu histórico unicamente movimentos de venda (movimento 601), pelo que é possível associar automaticamente a definição do tipo de MRP PD e a regra de cálculo do tamanho de lote EX, aquando da leitura de um dado material, sendo emitido um aviso no programa.

Para os restantes materiais, que apresentam além do movimento 601 outros movimentos de consumo, como o 201 ou o 641, é-lhes associado, por defeito, o tipo de MRP V4 com regra de cálculo do tamanho de lote WB, uma vez que estes representam materiais em que se constitui stock. Para estes últimos materiais, o utilizador pode efetuar o cálculo do ponto de reabastecimento pelo programa.

No programa, mostra-se, igualmente, o *lead time* obtido pelo histórico, caso os documentos de onde esse dado é extraído tenham sido carregados no programa. No entanto, este não é utilizado para efeitos de cálculo, sendo antes este usado para comparar o valor obtido com o dado pelo departamento de Compras.

No caso de produtos com consumo intermitente, é emitido um aviso, no qual a definição do ponto de reabastecimento com base no percentil do histórico de pedidos é realizada, ou não, de acordo com a experiência do encarregado de armazém.

Por outro lado, os produtos de revisão periódica possuem um *workflow* no programa igual aos restantes materiais em que se constitui stock, tendo-se unicamente corrigido o *lead time* do fornecedor para incluir também o tempo de revisão.

Após a leitura, atribuição automática do tipo de MRP e cálculo do ponto de reabastecimento (caso se esteja na presença do tipo de MRP V4), os dados de um determinado material são exportados para um “Excel de carga”. O “Excel de carga” (Figura 5 do Anexo D) é um agregador de informação que será inserida, em massa, no SAP. No contexto da parametrização dos tipos de MRP dos materiais, cada linha representa um material e cada coluna um atributo

do material a ser parametrizado. Com o uso do “Excel de carga”, não há necessidade de se parametrizar, um material de cada vez, na transação “MM02”.

Um ponto pertinente, para os materiais em que se constitui stock, é que o *lead time* total, que é usado para a definição de pontos de reabastecimento, não é o mesmo *lead time* que é exportado para o “Excel de carga”. O *lead time* total é definido em dias úteis e é composto pelo tempo de conversão de requisição em pedido de compra, *lead time* de entrega do fornecedor e tempo de inspeção. Já o *lead time* exportado para o “Excel de carga” constitui apenas o tempo de entrega do fornecedor convertido em dias de calendário. Este ponto é importante, pois é este parâmetro que define a data das requisições de material, que indicam o dia em que ocorrerá a entrada.

Após ter percorrido a totalidade dos materiais e efetuado o preenchimento do “Excel de carga”, o encarregado de armazém envia este documento à equipa de Dados Mestre da AC, que efetuará o carregamento do Excel em SAP. Após o carregamento, para os materiais parametrizados, o planeamento do MRP é executado sempre que a transação “MD01” for executada.

4.5.3 O MRP V4 no programa

Como referido anteriormente, o MRP V4 tem visibilidade sobre necessidades futuras que ocorram dentro da janela temporal do *lead time*, incrementado de cinco dias úteis. Se houver clientes que coloquem pedidos com uma antecedência superior ao *lead time*, então é possível utilizar a janela temporal para identificar necessidades e verificar o seu impacto nas existências atuais em armazém. Caso o ponto de reabastecimento seja ultrapassado, o MRP gera automaticamente uma requisição de material.

Desta forma, na vista de decomposição dos consumos pelos vários clientes (Figura 4 do Anexo D), é possível distinguir entre clientes que colocam os pedidos com antecedência e os que não o fazem. Os clientes que colocam os pedidos com antecedência podem ser removidos do histórico de consumos, não afetando o cálculo do ponto de reabastecimento e obtendo-se uma série temporal de consumos distinta. Na Figura 22, é visível o efeito da remoção de um dos clientes que coloca os pedidos com antecedência na série temporal.

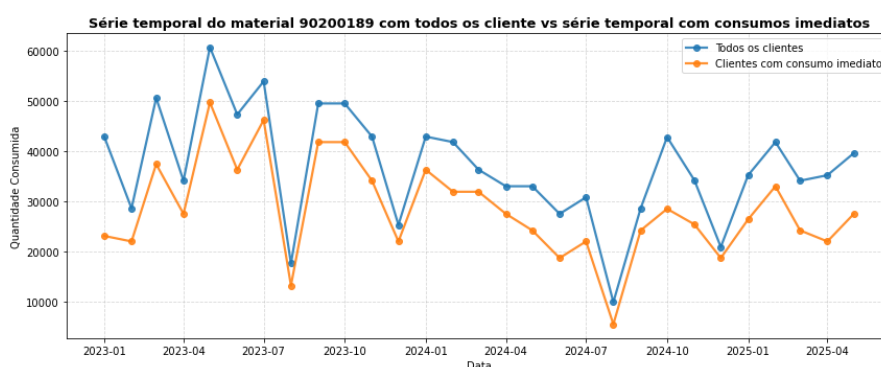


Figura 22 - Gráfico com o impacto nos consumos do material 90200189, com a remoção de um cliente que coloca os pedidos de material com antecedência.

A remoção dos clientes para os quais existe visibilidade sobre necessidades futuras tem impacto no cálculo do ponto de reabastecimento e no respetivo stock de segurança. Na Tabela 6 é visível a redução do ponto de reabastecimento e do stock de segurança, para o exemplo das séries temporais apresentadas na Figura 22, para o mesmo nível de serviço de 95%.

Tabela 6 - Erros e modelos seleccionados para o material 90200189, para duas séries temporais distintas aquando da previsão do consumo médio diário mensal para o período de 06-2025.

Série temporal	Erro Médio Absoluto	Erro Médio Absoluto Percentual	Método de previsão com menor erro	Ponto de reabastecimento	Stock de Segurança
Todos os clientes	180,08	9,15%	<i>Holt-Winters</i> multiplicativo	14399	2474
Clientes que só efetuam consumo imediato	164,28	11,87%	<i>Holt</i> Linear	11019	1945

De acordo com Ghiani *et al* (2004), quando a procura é irregular, existe uma elevada aleatoriedade no padrão de procura, que dificulta a obtenção de uma previsão confiável. Os autores indicam ainda que é típico o caso em que alguns clientes colocam encomendas raras e de volume elevado. Por último, os autores defendem que a forma de lidar com tais clientes é criar uma maior flexibilidade na cadeia de abastecimento ou um sistema *Make-To-Order* (MTO) capaz de satisfazer os pedidos dos clientes rapidamente.

Alinhado com os autores do parágrafo anterior, a possibilidade da AC servir clientes que colocam pedidos ocasionais, não com o stock existente em armazém, mas sim com uma quantidade a receber do fornecedor, permite a obtenção de previsões com menores erros. Por teste no programa, a redução do stock de segurança é mais significativa quando os clientes excluídos do histórico de consumos possuem encomendas raras e de quantidade elevada, introduzindo uma maior variabilidade na série temporal.

5 Discussão de resultados e conclusões

A medição de resultados foi realizada aquando do fecho do mês de maio. A primeira rubrica analisada foi o número de requisições sugeridas pelo MRP que foram fixadas pelo encarregado de armazém para posterior conversão em pedido de compra ao fornecedor. A segunda rubrica analisada indica o impacto da aplicação do MRP nas existências em armazém aquando do fecho do mês de maio.

No que diz respeito à quantidade de produtos introduzidos em MRP, para efeitos de teste do módulo MRP em SAP, no mês de abril foram introduzidos cerca de 70 materiais de elevada rotação em MRP. Já no início do mês de maio, 206 dos 230 materiais de interesse para inclusão em MRP (89,57%) foram parametrizados em SAP recorrendo ao programa desenvolvido. Os 24 materiais que não foram introduzidos traduzem-se em:

- vinte materiais de lote;
- quatro materiais de compra em bolo.

Os materiais de lote, como referido anteriormente, por possuírem artigos distintos associados a um mesmo código identificador único, não podiam ser colocados em MRP.

Os quatro materiais de compra em bolo correspondem a produtos de tratamento da cortiça que já possuíam entradas programadas para o ano de 2025, incluindo para o mês de maio e junho.

5.1 Conversão de requisições MRP em pedidos de compra

O número de requisições sugeridas pelo MRP e fixadas pelo armazém central, constitui um indicador da adoção do uso do módulo MRP em SAP por parte do armazém MNC. Na Figura 23, apresenta-se a distribuição do número de requisições geradas pelo MRP e fixadas pelo encarregado de armazém em comparação com as requisições criadas manualmente por este para o ano de 2024. As requisições ZMRP constituem requisições geradas através do módulo MRP, enquanto as requisições ZSNB correspondem a requisições redigidas manualmente pelo encarregado de armazém.

Distribuição dos tipos de requisições no ano de 2024 para o armazém MNC

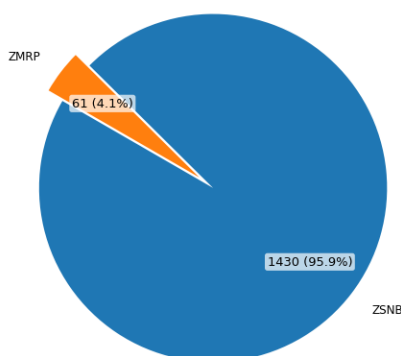


Figura 23 - Gráfico com a distribuição da tipologia das requisições no ano de 2024 para o armazém MNC

Como referido anteriormente, já existiam materiais com MRP parametrizado no armazém MNC, no entanto, para a maioria destes, o planeamento não era seguido, ou então as requisições geradas pelo MRP eram editadas pelo encarregado de armazém antes de serem fixadas. Tal é refletido pela quantidade de requisições do tipo ZMRP fixadas para 2024.

Por comparação com os dados obtidos de 2024, apresenta-se na Figura 24 a evolução das requisições no armazém MNC para os meses em que decorreu o projeto. Para o mês de março de 2025, ainda não haviam sido introduzidos materiais em MRP, uma vez que ainda se estavam

a realizar testes com o módulo MRP no ambiente *offline* do SAP. Desta forma, as requisições fixadas ainda se referiam a parametrizações antigas dos materiais.

Para o mês de abril, como referido anteriormente, 70 materiais de elevada rotação foram introduzidos em MRP no ambiente *online* do SAP e foi monitorizado o comportamento destes ao longo do mês. Já em relação ao mês de maio, 206 materiais foram introduzidos em MRP com recurso ao programa desenvolvido, sendo que nem todos os materiais chegaram a ter requisições geradas pelo módulo MRP.

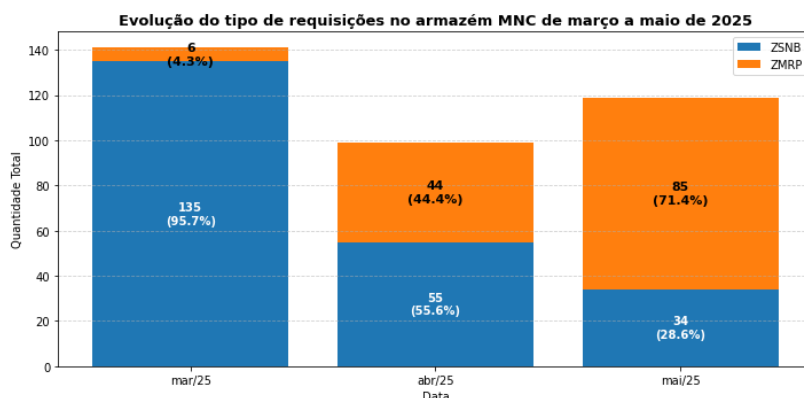


Figura 24 - Gráfico com a evolução do tipo de requisições no armazém MNC durante a duração do projeto.

É visível uma evolução no armazém MNC ao nível da quantidade de requisições geradas pelo MRP e fixadas pelo encarregado de armazém. No mês de maio de 2025 foram fixadas mais requisições geradas pelo MRP que no ano inteiro de 2024. Além disso, o armazém evoluiu de uma situação inicial, onde cerca de 4% das requisições convertidas em pedido de compra tinham sido geradas pelo MRP, para um estado, onde cerca de 70% das requisições foram geradas pelo MRP e convertidas pelo encarregado de armazém. Nesta percentagem não se insere o número de vezes que o módulo MRP serviu de alerta nos materiais de compra em bolo para o encarregado de armazém enviar um email ao departamento de Compras a fim de pedir uma carga ao fornecedor.

Existem, no entanto, alguns fatores que podem fazer com que, mesmo estando um material em MRP, tenha de ser redigida manualmente uma requisição pelo encarregado de armazém. É exemplo de uma circunstância destas, materiais que sejam para expedir e para os quais não foi lançada ainda a OV em SAP. Nestes casos, não havendo OV para gerar a necessidade pelo MRP e tendo o armazém central conhecimento, de uma eventual necessidade futura, sinalizada pela equipa de Serviço e Apoio ao Cliente (SAC) da AC, a equipa de armazém procede à emissão de uma requisição manual, caso considere haver risco do material ser recebido tarde demais para a sua expedição na data esperada.

5.2 Resultados ao nível de existências em armazém

Com o fecho do mês de maio, foi possível retirar as existências do armazém MNC e analisar o impacto da introdução da maior parte dos materiais em MRP. Esta análise foi realizada tendo em conta os 206 materiais introduzidos em MRP no início do mês de maio.

Na Figura 25, apresenta-se a evolução do valor das existências no armazém MNC desde o fecho do mês de janeiro de 2023 até maio de 2025, obtida do SAP através de uma transação que permite obter as existências em armazém aquando do fecho de um determinado mês. Por motivos de confidencialidade, foi aplicado um multiplicador comum a todos os valores apresentados.



Figura 25 - Gráfico com a evolução do valor total das existências armazém no armazém MNC, para os materiais introduzidos em MRP.

O valor total das existências em armazém pode, no entanto, ainda ser decomposto em:

- Materiais para expedir;
- Materiais em que é feito stock.

A rubrica de materiais em que é feito stock, serve como base de comparação para efeitos de análise de resultados. Já os materiais para expedição, como referido anteriormente, não se constitui stock destes. No entanto, enquanto estes materiais aguardam expedição, que pode ou não estar atrasada, o seu valor contribui para o valor total das existências registado no fecho de cada mês.

Na Figura 26, é apresentada a evolução do valor total em armazém, decomposto segundo estas duas rubricas.

Ano 2023				Ano 2024				Ano 2025			
Mês	Total	Expedir	Stock	Mês	Total	Expedir	Stock	Mês	Total	Expedir	Stock
janeiro	270 333	18 715	251 618	janeiro	261 133	19 161	241 972	janeiro	235 875	20 624	215 251
fevereiro	305 750	13 873	291 878	fevereiro	236 961	29 264	207 696	fevereiro	237 107	17 335	219 772
março	246 559	15 170	231 389	março	221 806	25 782	196 024	março	190 606	15 675	174 931
abril	271 351	19 114	252 237	abril	246 080	17 793	228 287	abril	198 054	13 817	184 237
maio	271 778	7 959	263 819	maio	235 871	28 135	207 736	maio	184 485	22 148	162 337
junho	271 309	10 067	261 242	junho	205 503	19 005	186 499				
julho	250 421	14 276	236 145	julho	243 376	29 406	213 970				
agosto	268 743	14 591	254 151	agosto	186 917	19 137	167 781				
setembro	256 074	17 836	238 237	setembro	253 071	17 981	235 090				
outubro	250 547	14 281	236 267	outubro	250 718	18 107	232 612				
novembro	254 674	25 611	229 063	novembro	203 770	22 219	181 551				
dezembro	237 250	24 099	213 151	dezembro	210 121	15 328	194 793				

Figura 26 - Decomposição das existências no armazém MNC, onde “Expedir” se refere a material de expedição e “Stock” a material em que se constitui stock.

Para os materiais introduzidos em MRP, verifica-se, para o mês de maio de 2025 um valor de 162 337€ em stock, o que face ao mês de maio de 2024, em que se fechou o mês com 207 736€, corresponde a uma redução de 21,85% das existências em armazém.

Já o mínimo histórico de existências em armazém, para os materiais em que se constitui stock, foi registado em agosto de 2024 com 167 781€ em stock. Por comparação, com o mês de maio de 2025, atingiu-se um novo mínimo histórico, com uma redução de 3,24% face ao mínimo anterior.

No entanto, o valor registado no fecho do mês não representa necessariamente o nível médio de stock. Além disso, a maioria dos materiais introduzidos em MRP não teve planeamentos efetivamente realizados pelo módulo. Importa também referir que, no SAP da AC, não existe qualquer transação que permita obter o nível médio de stock, sendo o stock ao fecho do mês a única referência disponível para análise das existências em armazém.

Apesar disso, efetuou-se uma análise adicional para estimar o impacto a longo prazo da introdução dos materiais em MRP, com o cálculo do nível médio de stock para os materiais em que se constitui stock. Para tal, recorreu-se à fórmula 5.1, introduzida por Bowersox *et al* (2019), para materiais de revisão contínua. De forma análoga, o mesmo autor, indica a fórmula 5.2 para estimar o nível médio de stock para materiais de revisão periódica. No caso específico dos materiais de consumo intermitente, por não apresentarem ciclos de reabastecimento convencionais e por o tempo de reposição ser inferior ao tempo médio entre consumos, foi usada a fórmula 5.3 (uma adaptação da fórmula 5.1).

$$I_{avg} = \frac{Q}{2} + SS \quad (5.1)$$

$$I_{avg} = \frac{Q}{2} + \frac{PD}{2} + SS \quad (5.2)$$

$$I_{avg} = \frac{Q}{2} + PR \quad (5.3)$$

Onde:

I_{avg} , é o nível médio de stock
 Q , é a quantidade do pedido
 P , é a duração do período de revisão
 D , é a procura média diária, e
 SS , é o stock de segurança, e
 PR , é o ponto de reabastecimento

De acordo com as fórmulas anteriormente apresentadas, o nível médio de stock para o conjunto de materiais introduzidos em MRP é de 150 734€, o que, face ao mínimo histórico de agosto de 2024, representaria uma redução de 10,16% das existências em armazém. Importa, no entanto, notar que o valor do nível médio de stock obtido é referente à parametrização dos MRPs para o mês de maio. À medida que forem sendo feitas alterações na parametrização dos materiais, o nível médio de stock estimado também irá ajustar-se. O objetivo será, idealmente, a aproximação entre o valor das existências em armazém e o nível médio de stock calculado para cada parametrização.

6 Conclusões e trabalhos futuros

6.1 Conclusões

No fim do mês de maio de 2025, existiam 206 materiais em MRP no armazém MNC, faltando introduzirem-se vinte materiais de lote e quatro materiais de compra em bolo.

Em relação aos materiais de lote, a equipa de Dados Mestre da AC efetuou, a meio do mês de maio, uma extensão em SAP dos códigos destes materiais, que consistiam em fardamento e EPIs. Cada material deu lugar a vários materiais distintos de acordo com o lote, que, no contexto destes materiais, se refere a tamanhos. Desta forma, os vinte materiais iniciais deram origem a 93 códigos distintos. Com estes códigos, que já representavam um único material, foi possível a introdução destes materiais em MRP, o que foi feito no início do mês de junho. É de referir que não foi feito uso do programa para a definição do ponto de reabastecimento destes materiais, por estes não possuírem histórico de consumo. O ponto de reabastecimento foi então definido pelo encarregado de armazém.

Já os quatro materiais de compra em bolo, foram igualmente introduzidos em MRP com recurso ao programa desenvolvido. No entanto, é esperado que só se comece a usar o módulo MRP nesses materiais, depois de se atingir a última entrada planeada.

Desta forma, os 230 materiais de interesse para inclusão em MRP foram parametrizados no SAP para o armazém MNC.

No início do mês de junho, um armazém de químicos da fábrica de rolhas naturais de Lamas, responsável por armazenar e preparar os químicos para a lavação da cortiça, teve os seus materiais introduzidos em MRP. Estes consistem em oito materiais dos quais três são comprados mediante a existência de ordem de fabrico, pelo que lhes foi aplicado o MRP PD, para os restantes, uma vez que é constituído stock, foi aplicado o MRP V4. O encarregado deste armazém foi formado no uso do módulo MRP em SAP. O encarregado do armazém MNC ficou responsável por dar suporte a este armazém na área do MRP, quando necessário.

Antes do término do projeto, a parametrização dos materiais de classe A e B voltou a ser revista em conjunto com o encarregado do armazém MNC, servindo como uma última ação de formação do principal utilizador do programa. Adicionalmente, foram desenvolvidos vídeos a demonstrar o uso do programa, que servirão de consulta na existência de dúvidas e de meio de formação para novos utilizadores.

Espera-se que, a longo prazo, se venham a colher a totalidade dos benefícios da introdução dos materiais do armazém MNC em MRP, uma vez que houve materiais introduzidos em MRP que não apresentaram nenhum ciclo de reabastecimento durante a duração do mês de maio. De notar que, a qualidade dos resultados futuros dependerá sempre de atualizações na parametrização dos MRPs, as quais terão impacto na evolução do nível médio de stock e no nível de serviço do armazém central para com os armazéns dependentes.

As atualizações terão de ser realizadas regularmente, processo para o qual o programa dará suporte, contribuindo para que o módulo MRP se mantenha em uso no armazém MNC. A cada atualização dos parâmetros, também ficará disponível um histórico de consumos mais alargado para os métodos de previsão se basearem. Espera-se, assim, uma definição progressivamente mais fiável dos pontos de reabastecimento para os materiais em que se constitui stock.

Além disso, a AC, com vista à introdução de mais armazéns em MRP, possui agora pessoal treinado no uso do módulo MRP em SAP, e no uso da ferramenta desenvolvida no âmbito deste projeto que promove a ajuda na parametrização dos MRPs dos materiais para novos armazéns.

6.2 Trabalhos futuros

Um próximo passo relevante será um trabalho conjunto com o departamento de Compras, focado na análise das quantidades a encomendar aos fornecedores, especialmente no caso de produtos de menor rotação. Nestes casos, a definição da quantidade de compra com base apenas no custo final unitário poderá não ser a melhor solução para a empresa, quando considerados os custos de posse do stock, o custo de capital e o risco de obsolescência. A experiência com os materiais de menor rotação demonstrou que o simples uso do MRP, sem uma política de compra ajustada, pode levar a decisões subótimas.

Outro ponto de melhoria, diretamente relacionado com o uso do módulo MRP em SAP, seria o estudo conjunto com as fábricas da possibilidade de efetuarem um planeamento antecipado das suas necessidades de materiais não cortiça. Constatou-se que a maioria das empresas nas imediações do armazém MNC possui uma previsão das suas necessidades, mas, em muitos casos, os pedidos ao armazém são realizados apenas no próprio dia em que o material é necessário. Se as necessidades forem comunicadas com maior antecedência, será possível adaptar a operação do armazém MNC a um modelo mais reativo às reais necessidades das fábricas. Isto permitiria reduzir os pontos de reabastecimento e os stocks de segurança, promovendo uma gestão mais eficiente e com menores níveis de stock.

Estes desenvolvimentos futuros, se implementados, poderão reforçar os ganhos já obtidos com a aplicação do módulo MRP no armazém MNC, contribuindo para uma cadeia de abastecimento mais eficiente.

Referências

- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2023). *Operations and supply chain management* (17th International Student ed.). McGraw-Hill Education.
- Christopher, M. (2011). *Logistics & supply chain management* (4th ed.). Prentice Hall.
- Ballou, R. H. (2006). Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial (5ª ed.). Bookman.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). *The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain* (6th ed.). Kogan Page.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control*. John Wiley & Sons.
- Axsäter, S. (2006). *Inventory control* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-33331-1>.
- Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1987). Implementing Multiple Criteria ABC Analysis. *Journal of Operations Management*, 7(1-2), 79–85.
- Zenkova, Z., & Kabanova, T. (2018). The ABC-XYZ analysis modified for data with outliers. In *2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GOL.2018.8378073>
- Pandya, B., & Thakkar, H. (2016). A Review on Inventory Management Control Techniques: ABC-XYZ Analysis. *REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3), 82–86.
- Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2011). *Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence*. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 606–615. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.004>
- Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). *A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories*. *International Journal of Forecasting*, 20(3), 375–387. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.005>
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). *Forecasting with exponential smoothing: The state space approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-71918-2>
- Kurbel, K. E. (2013). *Enterprise resource planning and supply chain management: Functions, business processes and software for manufacturing companies*. Springer.
- Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M. B., & Bowersox, J. C. (2019). *Supply chain logistics management* (5th ed., International Student Edition). McGraw-Hill Education.

- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice* (2nd ed.). OTexts. <https://otexts.com/fpp2/>
- Williams, T. M. (1984). Stock control with sporadic and slow-moving demand. *Journal of the Operational Research Society*, 35(10), 939–948. <https://doi.org/10.1057/jors.1984.185>
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E., & Croston, J. D. (2005). *On the categorization of demand patterns*. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 495–503. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601841>

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Com o presente trabalho, identificam-se impactos positivos em dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): o ODS 9 e o ODS 12.

No âmbito do ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestruturas), o projeto contribuiu para a automatização do processo de levantamento de necessidades, através da parametrização dos MRPs no sistema ERP da empresa. Esta automatização aumentou a eficiência operacional, reduzindo a dependência de processos manuais e melhorando o planeamento logístico.

Em relação ao ODS 12 (Produção e Consumo Sustentáveis), a adoção de uma gestão mais rigorosa dos stocks e a melhoria na adequação entre o consumo e o aprovisionamento permitiram um uso mais eficiente dos recursos, evitando excessos de stock e desperdícios. A redução de existências traduz-se não só numa diminuição do capital imobilizado, mas também numa menor pegada ambiental, relacionada com o armazenamento e eventual obsolescência de materiais.

Em suma, este trabalho teve um impacto direto na eficiência e sustentabilidade da operação logística da AC.

ANEXO A: Diagramas de processos

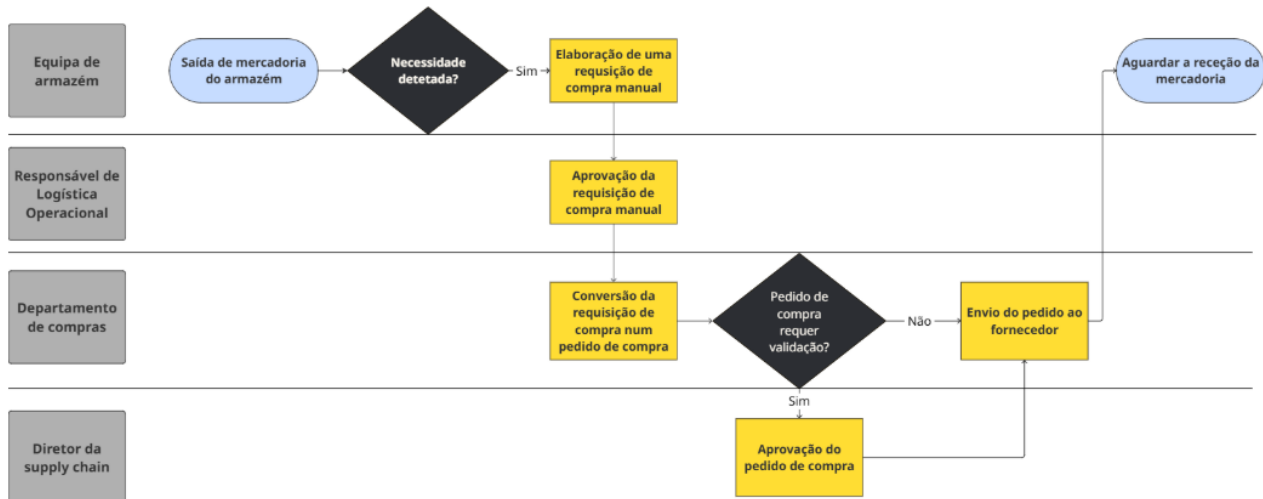


Figura 1 – Diagrama de processos com requisição manual criada pela equipa de armazém



Figura 2 – Diagrama de processos com requisição automática gerada pelo SAP

ANEXO B: Transações relevantes para o MRP em SAP

Lista de necessidades/estoque à(s) 14:39 hora(s)

Árvore de material ON Planejamento individual multinível PlanIndiv.interativ

Material: 90200465

Denominação:

Área MRP: 1499 AIPT - ACEN

Centro: 1499 Tipo de MRP: ZN Tipo material: ZM02 Unidade: KG

Lista individual Vis.dentro cent.

F... Data	Elеме...	Dados p/elemento MRP	Dt.reprogra...	E... Entrada/Nec.	Qtd.disponível
22.05.2025	Estoque	1420077913/000010/0...			0,00
26.05.2025	OrdCli	1420077913/000020/0...		2,925-	2,925-
06.06.2025	OrdCli	1420077913/000020/0...		0,975-	3,90-

Figura 1 – Transação “MD04” que permite ver necessidades futuras de material. Neste caso específico existem duas ordens de venda e nenhum stock disponível.

Material: 90300019 (Embalagem)

Centro: 1499 AIPT - ACEN

Dados gerais

UMB	PAL	Paleta	Grupo MRP	LA99
Grupo de compradores			Código ABC	
Status material			Início da validade	

Procedimento MRP

Tipo MRP	ZN	Sem MRP c\Verif.Dispon.
Ponto de reabastec.		Horizonte plan.fixo
Ciclo planej.	Z02	Planejador MRP

Dados do tamanho do lote

RegraCálctamLotes	EX	Cálculo exato do tamanho de lote
Tamanho min.lote		Tamanho máx.lote
Tamanho lote fixo		Estoque máximo
Csts.indep.tam.lote		Cód.csts.armazenagem

Figura 2 – Transação “MM02” onde é possível modificar os atributos do material. A vista seleccionada é a vista MRP 1 com os principais atributos para a parametrização do MRP.

Planejamento Processar Ir para Configurações Sistema Ajuda

Execução do planeamento de necessidades de material

Dimensão planejam. Centro 1499

Parâmetros de controle MRP

Chave de processamento	NETCH	Net-change no horizonte inteiro
Criar requisição compra	1	ReqC no horizonte de abertura
Divisões prog.remissas	3	Divisões progr.remissas no horizonte pla
Criar lista MRP	1	Lista MRP
Modo planeamento	3	Adaptar dados de planeamento (modo norm

Programação 2 Determinação de datas-base para ordens p

Data MRP 11.06.2025

Parâmetros de controle execução

☒ Procmto.paralelo

☒ Exibir lista materiais

User exit: seleção de materiais para o planeamento

Chave exit usuário

Parâm.user exit

Figura 3 – Transação “MD01” onde é possível executar o MRP ao nível do centro. O centro 1499 é o centro do armazém MNC.

Exibir lista de requisições de compra

Exibir lista de requisições de compra

Dta.solic.	TpDc	ReqC	Pedido	Cen.	PIM	Criado por	Fixada	It...	C	Material	Texto breve	Quantida...	UM	Preço a...	Forn.fi...	Dt.remes...	GC...	Or...
11.06.2025	ZMRP	46602161		1499	QM1	Quimicos		10	90200162				KG			20250618	AN1	
	ZMRP	46602162		1499	QM1	Quimicos		10	90200182				KG			20250618	AN1	
	ZMRP	46602163		1499	QM1	Quimicos		10	90200189				KG			20250618	AN1	
	ZMRP	46602164		1499	QM1	Quimicos		10	90200159				KG			20250618	AN1	
	ZMRP	46602165		1499	QM1	Quimicos		10	90200160				KG			20250618	AN1	
	ZMRP	46602166		1499	FA1	Mat Primas M		10	90300232				CDA			20250616	AN1	
	ZMRP	46602167		1499	ME1	Mercadorias		10	90303874				KG			20250709		
	ZMRP	46602168		1499	MS1	Segurança		10	91200688				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602169		1499	MS1	Segurança		10	91200690				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602170		1499	MS1	Segurança		10	91200691				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602171		1499	MS1	Segurança		10	91200692				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602172		1499	MS1	Segurança		10	91200693				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602173		1499	MS1	Segurança		10	91200713				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602174		1499	MS1	Segurança		10	91200716				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602175		1499	MS1	Segurança		10	91200717				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602176		1499	MS1	Segurança		10	91200729				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602177		1499	MS1	Segurança		10	91200730				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602178		1499	MS1	Segurança		10	91200731				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602179		1499	MS1	Segurança		10	91200732				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602180		1499	MS1	Segurança		10	91200733				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602181		1499	MS1	Segurança		10	91200734				UN			20250623	AN1	
	ZMRP	46602182		1499	MS1	Segurança		10	91200735				UN			20250623	AN1	

Figura 4 – Transação “ME5A” onde é possível visualizar as requisições geradas pelo MRP.

Material	Texto breve de material	CentroDep.	TMv	Txt.tipo movimento	Lote	Qtd.	UM registro UMR	Montante em MI	Doc.material	Pedido
90200148		1499	AC01	601	RM remessa	OrdCint.	25/01178		4986451963	
90200192		1499	AC15	601	RM remessa	OrdCint.	V02W12/099		4986451963	
90200216		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.	5155666		4986451963	
90200986		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.	25/00862		4986451963	
90201632		1499	AC01	601	RM remessa	mercador.	P25/6443		4986451963	
90300212		1499	AC01	641	TR p/estoq.trânsito				4986451909	4600033560
90200216		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.	5033666		4986451905	
90200476		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.	4387653		4986451682	
90300019		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.			4986451540	
90300139		1499	AC01	344	ET OrdCli	blq.->livr	81072		4986451024	
90300139		1499	AC01	344	ET OrdCli	blq.->livr	81072		4986451024	
90300139		1499	AC01	101	EM p/EstqOrd	Cliente	81072		5003250916	4400132127
90201448		1499	AC15	343	TR OrdCli	blq.->livr	377/25		4986423212	
90201448		1499	AC01	343	TR OrdCli	blq.->livr	377/25		4986423212	
90201276		1499	AC01	343	TR OrdCli	blq.->livr	10003319		4986423101	
90201276		1499	AC15	343	TR OrdCli	blq.->livr	10003319		4986423101	
		1499		101	EM p/ClassCont.				5003249384	4500045899
		1499		102	EM p/ClCont.estorno				5003249383	4500044953
		1499		101	EM p/ClassCont.				5003249382	4500045899
		1499		102	EM p/ClCont.estorno				5003249381	4500044953
90300019		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.			4986415468	
90300108		1499	AC15	601	RM remessa	mercador.			4986415468	

Figura 5 – Transação “MB51” onde é possível ver-se o histórico de movimentos para um dado centro.

Modificar material 90200476 (Quimicos)

Dados gerais

Unid.medida básica	KG	Modelo prev.	D	Código de período	M
Última previsão	01.06.2021			Variante exercício	
Mat.ref. - consumo				Centro ref. - consumo	
Data até				Multiplicador	

Nº dos períodos desejados

Períodos hist.	12	Períodos previsão	6	Períodos/CiclSazonal	12
Períodos p/inicial.		Períodos fixos			

Dados de controle

Inicialização		Limiar de aviso	4,000	☒ Reinicializ.autom.
Seleção modelo	A	Processo sel.modelo	2	☐ Otimização parâms.
Nível de otimização	F	Grupo de ponderação		☐ Fatores de correção
Alismto.val.básico	0,30	Amortecimto.ValTend.		
Amortcmto.ÍndSazonal		Amortecimento DMA	0,30	

Botões de Ação:

- Efetuar previsão
- Valores previsão
- Valores consumo

Figura 6 – Vista de Previsão da transação MM02 em SAP.

Lista de necessidades/estoque à(s) 09:14 hora(s)

Lista de necessidades/estoque à(s) 09:14 hora(s)

Árvore de material ON Planejamento individual multinível PlanIndiv.interativo 60

Material 90200189

Denominação

Área MRP 1499 AIPT - ACEN Fabric.ext

Centro 1499 Tipo de MRP V4 Tipo material 2M02 Unidade KG

Lista individual Vis.dentro cent.

F... Data	Eleme...	Dados p/elemento MRP	Dt.reprogra...	E... Entrada/Nec.	Qtd.disponível	De...
18.06.2025	Estoque				30.800,00	
30.09.2025	DivEst	4400130480/00010		20 72.600,00	103.400,00	AC01

Figura 7 – Material de compra em bolo com um pedido de compra referente à quantidade no armazém do fornecedor e da qual se irão subtrair cargas fornecidas à AC.

ANEXO C: Decomposição dos materiais de interesse para colocação em MRP

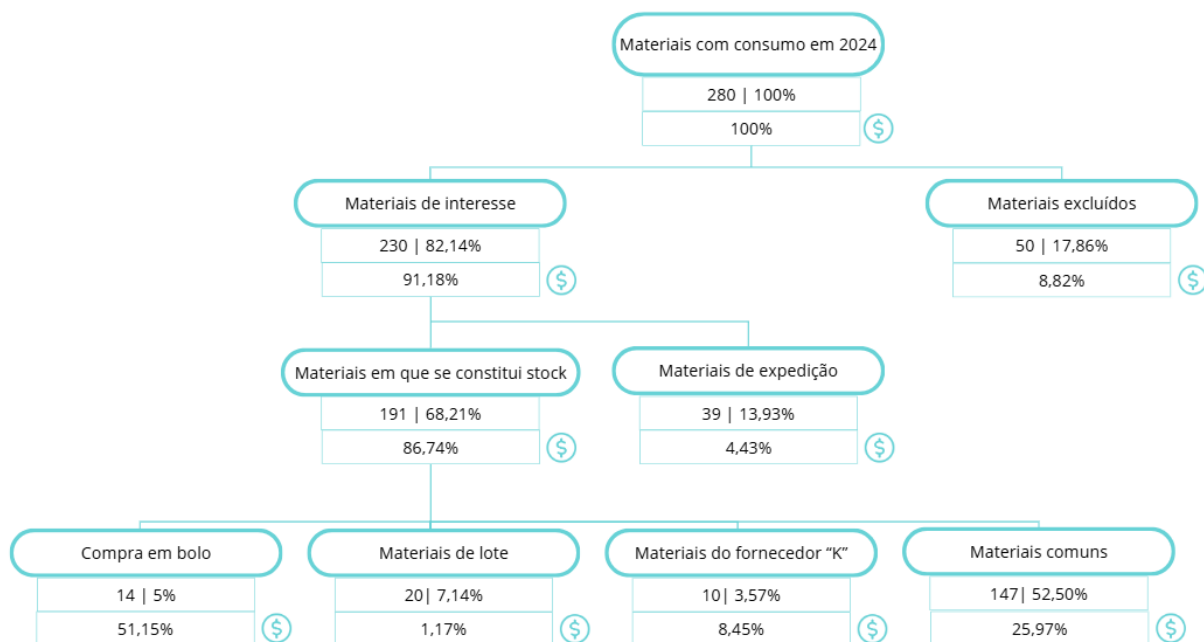


Figura 1 – Decomposição dos materiais transacionados em 2024 no armazém MNC, por quantidade e valor movimentado.

ANEXO D: Vistas do programa de parametrização dos MRPs em SAP

Figura 1 – Vista com os documentos para carregamento em SAP.

Figura 2 – Vista principal do programa onde é efetuada a parametrização do MRP para um dado material.

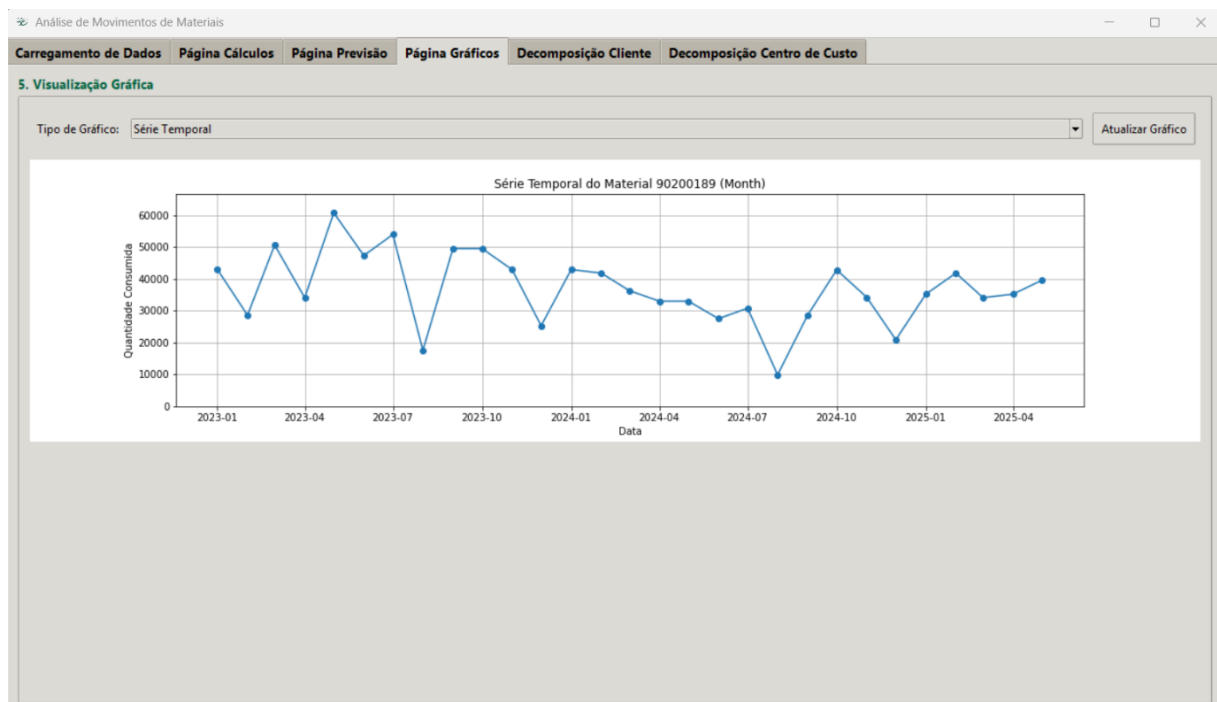


Figura 3 – Vista com os gráficos com consumos históricos.

The screenshot displays the 'Análise de Movimentos de Materiais' application. The 'Página Gráficos' tab is active, showing a detailed table of historical consumption for material 90200471. The table is organized by month (Mês) and includes columns for client codes (a-f), stock transfers (Transferências de st), production adjustments (Ajustes Produção), and total consumption (Total). The data is presented for the period from June 2023 to May 2025.

Mês	a	b	c	d	e	f	Transferências de st	Ajustes Produção	Total
May/25							800		800
Apr/25		400			200	400	800		1800
Mar/25							800		800
Feb/25		200			200		400		800
Jan/25	800						1600		2400
Dec/24							400		400
Nov/24	800	400	200		600	400	800		3200
Oct/24							800		800
Sep/24	800				400	400	800		2400
Aug/24	800						400		1200
Jul/24	800				400	800	1200		3200
Jun/24		400					1200		1600
May/24	400				200	800	800		2200
Apr/24	800	200					800		1800
Mar/24		200		200			400		800
Feb/24							1000		1000
Jan/24							800		800
Dec/23							400		400
Nov/23	1200	400					200		1800
Oct/23						800	800		1600
Sep/23		400	400			400	400		1600
Aug/23							800		800
Jul/23						400	1200		1600
Jun/23							800		800

Figura 4 – Vista com decomposição dos consumos pelos vários clientes que apresentaram consumo no passado para o produto 90200471. Por motivos de confidencialidade, os nomes dos clientes foram substituídos por letras.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	MATNR	MAKTX	WERKS	DISMM	DISPO	MNEE	DISLS	BSTMI	BSTRF	BESKZ	Depósito pl suprimento externo	PUF2
2	Material	Descrição	Centro	Tipo de MRP	Planeador MRP	Ponto Reabast	Regra Cálc Tam Lotes	Tamanho Min Lote	Arredond quant pedida	Tipo suprimento	Depósito pl suprimento externo	Prazo de entrega previsto em dias
3	90200471		1499	V4	QM1	1420	WB	1600	200	F	AC01	14
4	90200159		1499	V4	QM1	2911	WB	1000	1000	F	AC01	7
7	90200258		1499	V4	QM1	1244	WB	1080	60	F	AC01	14
8	90200256		1499	V4	FA1	718	WB	1200	600	F	AC01	14
9	90200188		1499	V4	QM1	3386	WB	8700	1450	F	AC01	7
10	90300331		1499	V4	FA1	1027	WB	2000	80	F	AC01	21
11	90300109		1499	V4	FA1	166	WB	990	33	F	AC01	14
12	90200182		1499	V4	QM1	1158	WB	700	700	F	AC01	7
13	90300225		1499	PD	ME1	0	EX	0	1	F	AC01	28
14	90300325		1499	V4	FA1	489	WB	500	100	F	AC01	21
15	90200216		1499	V4	QM1	312	WB	600	200	F	AC01	28
16	90300320		1499	V4	FA1	1768	WB	2000	80	F	AC01	28
17	90300328		1499	V4	FA1	1549	WB	2000	80	F	AC01	21
19	90300278		1499	V4	FA1	109	WB	192	16	F	AC01	4
20	90200475		1499	V4	QM1	37	WB	288	12	F	AC01	10
21	90300385		1499	V4	FA1	458	WB	800	800	F	AC01	7
22	90608573		1499	PD	ME1	0	EX	0	1	F	AC01	21
23	90300219		1499	PD	ME1	0	EX	0	1	F	AC01	28
24	90200195		1499	V4	FA1	522	WB	1520	760	F	AC01	14
25	90200162		1499	V4	QM1	701	WB	700	700	F	AC01	7
26	90200192		1499	PD	ME1	0	EX	0	1	F	AC01	7
27	90300139		1499	PD	ME1	0	EX	0	1	F	AC01	21
28	90200472		1499	PD	ME1	0	EX	0	20	F	AC01	14
29	90200551		1499	PD	ME1	0	EX	0	24	F	AC01	7
30	90300173		1499	V4	FA1	1600	WB	2000	2000	F	AC01	7
31	90601773		1499	V4	FA0	19	WB	30	1	F	AC01	7

Figura 5 – Excel de carga usado para introduzir os materiais em MRP para o mês de maio de 2025.