

Ricardo Costa

**Desenvolvimento de um modelo  
para a gestão de stocks no grupo  
Nors**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Julho 2014

Ricardo Costa

**Desenvolvimento de um modelo  
para a gestão de stocks no grupo  
Nors**

*Relatório de Estágio*

*Mestrado em Matemática Aplicada à Engenharia e às Finanças*

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Julho 2014

À minha avó Carolina

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço ao grupo Nors, pela oportunidade de estágio que me proporcionou. E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para as excelentes condições de trabalho.

Aos meus orientadores do ISEP, professora Sandra Ramos e professor Manuel Cruz. Agradeço todo o seu apoio, todo o saber transmitido, todas as críticas e todas as suas opiniões. As notas da sua orientação foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

À Dra. Margarida Pina orientadora do grupo Nors, pelo profissionalismo e disponibilidade prestada. Estou grato pelo despertar do meu interesse e motivação em todo o trabalho desenvolvido.

Ao Filipe Velhinho e ao Sérgio Gomes pelo companheirismo e profissionalismo. Agradeço todo o seu envolvimento e toda a sua colaboração neste projeto.

Ao Nuno Jacinto pela disponibilidade demonstrada em me ajudar.

Aos meus pais, que desde sempre me ensinaram a definir objetivos, e a lutar para os atingir.

# Resumo

Hoje em dia, um dos grandes objetivos das empresas é conseguirem uma gestão eficiente. Em particular, empresas que lidam com grandes volumes de stocks têm a necessidade de otimizar as quantidades dos seus produtos armazenados, com o objetivo, de entre outros, reduzir os seus custos associados.

O trabalho documentado descreve um novo modelo, desenvolvido para a gestão de encomendas de uma empresa líder em soluções de transporte. A eficiência do modelo foi alcançada com a utilização de vários métodos matemáticos de previsão. Salientam-se os métodos de Croston, Teunter e de Syntetos e Boylan adequados para artigos com procura intermitentes e a utilização de métodos mais tradicionais, tais como médias móveis ou alisamento exponencial. Os conceitos de *lead time*, stock de segurança, ponto de encomenda e quantidade económica a encomendar foram explorados e serviram de suporte ao modelo desenvolvido. O stock de segurança recebeu especial atenção. Foi estabelecida uma nova fórmula de cálculo em conformidade com as necessidades reais da empresa.

A eficiência do modelo foi testada com o acompanhamento da evolução do stock real. Para além de uma redução significativa do valor dos stocks armazenados, a viabilidade do modelo é reflectida pelo nível de serviço alcançado.

# Abstract

Nowadays, one of the main goals of companies is to achieve efficient management. In particular, companies that deal with large volumes of stocks have a need to optimize the amounts of stored products, with the aim, among others, to reduce their costs.

The documented work describes a new model developed for the management of orders for a leader in transportation solutions. The efficiency of the new model was achieved with the use of various mathematical forecasting models. Emphasize the methods of Croston, Teunter and Syntetos and Boylan, suitable to items with intermittent demand, and the use of more traditional methods such as moving averages or exponential smoothing. The concepts of lead time, safety stock, reorder point and economic order quantity have been explored and support the model developed. The safety stock received special attention. A new calculation formula has been established in accordance with the actual needs of the company.

The efficiency of the model was tested by monitoring the evolution of the real stock. In addition to a significant reduction in the stocks stored, the model viability is reflected by the service level achieved.

# Conteúdo

<b>Resumo</b>	<b>5</b>
<b>Abstract</b>	<b>6</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>9</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>10</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>11</b>
1.1 Organização do relatório . . . . .	13
<b>2 Apresentação do problema</b>	<b>14</b>
2.1 A empresa . . . . .	14
2.2 Descrição do problema . . . . .	15
2.3 Objetivos . . . . .	15
2.4 Modelo atual . . . . .	15
2.5 Comportamento das vendas dos seus artigos . . . . .	17
<b>3 Modelos matemáticos de previsão</b>	<b>19</b>
3.1 Zero forecast (ZF) . . . . .	20
3.2 Naive forecast (NF) . . . . .	20
3.3 Médias móveis (MA) . . . . .	20
3.4 Alisamento exponencial (ES) . . . . .	21
3.5 Método de Croston (CR) . . . . .	21

3.6	Método de Syntetos - Boylan (SBA) . . . . .	22
3.7	Método de Teunter (TSB) . . . . .	22
3.8	Método SAGA . . . . .	22
3.9	Método Poisson . . . . .	23
3.10	Média . . . . .	23
3.11	Método K . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Modelo implementado</b>	<b>25</b>
4.1	Modelo teórico adotado . . . . .	25
4.1.1	Estimação dos modelos . . . . .	26
4.1.2	Seleção do melhor modelo . . . . .	27
4.1.3	Cálculo do stock de segurança . . . . .	27
4.1.4	Ponto de encomenda . . . . .	28
4.1.5	Quantidade económica a encomendar . . . . .	28
4.1.6	Restrição de <i>picks</i> . . . . .	28
4.2	Implementação . . . . .	29
4.2.1	Construção das séries temporais de vendas . . . . .	29
4.2.2	Parametrização e inicialização dos métodos . . . . .	30
<b>5</b>	<b>Resultados preliminares</b>	<b>31</b>
5.1	Características da simulação . . . . .	31
5.2	Resultados . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Conclusões e trabalho futuro</b>	<b>35</b>
6.1	Conclusões . . . . .	35
6.2	Trabalho futuro . . . . .	36
	<b>Referências</b>	<b>37</b>

# Lista de Tabelas

2.1	Número de semanas a encomendar, em função do custo e da previsão mensal de vendas de cada artigo. . . . .	17
3.1	Métodos utilizados e respetivas abreviaturas. . . . .	19
3.2	Notação utilizada nos modelos de previsão. . . . .	20
4.1	Número mínimo de momentos de venda do último ano (número de <i>picks</i> ), que estabelece um alerta ao utilizador. . . . .	29
4.2	Valores considerados na parametrização dos modelos de previsão. . . .	30
4.3	Inicialização das variáveis dos métodos de previsão. . . . .	30
5.1	Resultados obtidos no processo de testes, após 4, 8 e 12 semanas. . . .	33
5.2	Número de ruturas de stock obtido em cada semana de simulação, nos armazéns do Porto e do Seixal. . . . .	33

# Lista de Figuras

2.1	Fluxograma referente ao modelo de controlo de stocks, adotado no sistema nos pesados. . . . .	17
2.2	Distribuição de vendas diárias alguns artigos, num horizonte alargado de tempo. O eixo horizontal representa o tempo e o eixo vertical os artigos. Cada ponto da figura ilustra um momento de venda. . . . .	18
4.1	Fluxograma referente ao sistema de controlo de stocks implementado. .	26
5.1	Evolução do valor económico armazenado da família de artigos considerada em cada um dos armazéns. . . . .	32
5.2	Percentagem de utilização dos métodos de previsão em cada um dos armazéns. . . . .	34

# Capítulo 1

## Introdução

Hoje em dia, as empresas lutam por uma gestão eficiente dos seus recursos. Em particular, empresas que lidam com grandes volumes de stocks têm a necessidade de otimizar as quantidades dos seus produtos armazenados, com o objetivo, de entre outros, reduzir os seus custos associados. O grupo Nors enquadra-se neste tipo de empresas. Nesse sentido, identificou a necessidade de integrar uma nova função de análise de suporte à gestão dos seus stocks.

O grupo Nors, é um grupo português líder em soluções de transporte e de equipamentos de construção. Um dos seus serviços, no qual se enquadra este projeto, é o negócio de peças aftermarket. Nesta área de negócio a empresa compra os seus produtos diretamente às unidades fabris e aprovisiona-os antes de os comercializar.

O seu atual processo de encomendas de peças para viaturas ligeiras torna-se desadequado face ao volume de dados processados. Para além de ser pouco eficiente, é bastante dependente da sensibilidade humana. Em consequência, o grupo Nors apresenta grandes quantidades de stocks armazenados, refletindo-se num grande volume de dinheiro empatado e no risco dos seus produtos se tornarem obsoletos.

Face a esta situação, a empresa necessita de um sistema de encomendas com maior automatização e mais independente das decisões humanas. Pretende um sistema robusto com modelos de previsão mais eficientes, ajustado à realidade do negócio e mais próximo das suas necessidades.

No desenvolvimento do novo modelo foi importante a sua estruturação, e juntamente com as entidades responsáveis decidiu-se implementar os conceitos *lead time*, stock de segurança, pondo de encomenda e quantidade económica a encomendar. O modelo proposto apresenta vários métodos matemáticos de previsão contornando os diversos comportamentos de vendas dos seus artigos.

Segundo Romeijnders et al. (2012), melhores técnicas de previsão são capazes de reduzir os stocks de segurança e consequentemente reduzir os seus custos associados.

Assim, percebeu-se que a eficiência do novo modelo estaria dependente da qualidade das previsões efetuadas.

Uma análise ao histórico de vendas de uma dada família de artigos revelou comportamentos de venda muito distintos. Observaram-se artigos vendidos com regularidade, enquanto outros apenas são vendidos em determinados momentos, seguidos por intervalos longos e variáveis sem procura. Uma revisão bibliográfica em torno de técnicas de previsão, permitiu concluir que existem métodos adequados à intermitência de procuras. Salientam-se os métodos de Croston, de Syntetos e Boylan (2001), de Teunter (2011) e o método de Poisson (Neves et al., 2008).

No modelo desenvolvido implementaram-se vários métodos de previsão. Por um lado, métodos mais indicados para a intermitência das vendas e por outro, métodos mais tradicionais, tais como médias móveis ou alisamento exponencial. Embora considere vários métodos, o modelo foi desenvolvido para que a previsão de vendas de cada artigo, seja dada pelo método que melhor ajusta a evolução de vendas desse artigo à realidade. A seleção do método é baseada na minimização de uma nova medida de erro, que foi definida e implementada.

Um outro ponto analisado cuidadosamente foram os stocks de segurança. Tendo como objetivo uma proteção contra eventuais aumentos acima da procura prevista, estes foram redefinidos. Contemplando o histórico de vendas, o stock de segurança foi definido em função dos ajustes dados pelos métodos de previsão. Foi estabelecida uma nova fórmula de cálculo.

O novo modelo controla a obsolescência dos artigos com o processo denominado restrição de *picks*. Esta condição implementada lança um alerta ao utilizador sempre que o artigo corre o risco de se tornar obsoleto.

O modelo de gestão de encomendas foi implementado em Matlab/Octave. Foi desenvolvida uma complexa função, que ao receber alguns parâmetros de entrada, determina todas as sugestões de encomendas, exportando-as para uma folha de cálculo.

Com o objetivo de testar a eficiência do novo modelo, foi acompanhada a evolução do stock de uma das famílias de artigos comercializada pelo grupo Nors. Durante um período de doze semanas, foram testadas, semanalmente, encomendas para os dois armazéns da empresa. Os resultados obtidos foram bastante animadores. Ao fim das doze semanas do processo de testes houve uma redução cerca de 17.7% do valor inicial registado. Verificou-se que as ruturas de stock ocorrem em um número reduzido de vezes, refletindo um nível de serviço de 92.5%.

Concluiu-se que o modelo proposto é mais eficiente do que o atual usado pelo grupo. O decréscimo do valor dos seus stocks é notório e bastante satisfatório no ponto de vista das entidades responsáveis.

## 1.1 Organização do relatório

O relatório encontra-se estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 é apresentado o grupo Nors. Descreve-se o seu problema e apresentam-se os objetivos. Ao analisar o problema e o modelo atualmente utilizado na gestão de encomendas, faz-se uma descrição da abordagem matemática do mesmo.

No capítulo 3, apresenta-se o conjunto de métodos matemáticos de previsão que constituíram, em grosso modo, a base matemática deste projeto.

Posteriormente no capítulo 4, descreve-se o novo modelo proposto. Apresenta-se o modelo teórico que lhe serve de suporte bem como algumas características assumidas na sua implementação computacional.

No capítulo 5 são apresentados os resultados preliminares, obtidos num processo de testes realizado.

Por fim, no capítulo 6, descrevem-se as conclusões e as perspectivas de trabalho futuro.

# Capítulo 2

## Apresentação do problema

Este capítulo é dedicado à apresentação do grupo Nors. Descreve-se o problema apresentado pela empresa e os objetivos que foram estabelecidos no desenvolvimento deste projeto. O atual modelo utilizado na gestão de encomendas é sucintamente apresentado e faz-se uma descrição da abordagem matemática do mesmo.

### 2.1 A empresa

A génese do grupo Nors remonta a 1933, quando Luiz Óscar Jervell se tornou representante da marca Volvo em Portugal. Desde sempre ligado ao ramo de transportes, a denominação Auto Sueco foi utilizada durante cerca de 80 anos, a qual acabou por dar origem a uma nova identidade e ao nome Nors.

Atualmente, o grupo Nors é um grupo português, líder em soluções de transporte e equipamentos de construção. Ancorado numa forte internacionalização e com a ambição de crescimento, atua em 4 continentes e em 15 mercados.

Focando os seus serviços em vários ramos da indústria automóvel, um dos produtos comercializados são as peças para viaturas ligeiras e pesados - negócio de peças aftermarket. Nesta área o grupo tem várias empresas a operar em Portugal, Espanha e Angola. Para suporte a estas operações foi criada uma estrutura que centraliza as funções *core* do negócio de aftermarket - Compras negócio, gestão de produto, gestão de operações, na qual se encontra incluída a gestão de stocks e desenvolvimento de negócio.

Em Portugal a importação e distribuição de peças para viaturas ligeiras é assegurada pela empresa AS Parts com dois armazéns centrais sediados no Porto e em Lisboa.

## 2.2 Descrição do problema

Na operação de peças de viaturas ligeiras, o grupo Nors identificou a necessidade de integrar uma nova função de análise de suporte à gestão dos seus stocks. O atual modelo usado na gestão de encomendas torna-se pouco eficiente para processar elevados volumes de dados. É pouco automático e bastante dependente da sensibilidade humana. Aliado ao seu conhecimento e à sua experiência, o gestor de stocks requer sentido crítico na análise das quantidades que deve encomendar. Um processo pouco viável para os cerca de 80000 artigos registados em stock na AS Parts.

Em consequência, o grupo depara-se com grandes volumes de stocks armazenados. Além do valor económico empatado muitos dos artigos correm o risco de se tornar obsoletos.

## 2.3 Objetivos

O grupo Nors apresenta a necessidade de implementação de um novo sistema na gestão de stocks para peças de veículos ligeiros. Contrariando a situação descrita, o grupo pretende um sistema que contemple algumas características.

Sistema robusto com modelos de previsão mais eficientes.

Sistema ajustado à realidade do negócio e mais próximo das suas necessidades.

Sistema com maior automatização e menos dependente da sensibilidade humana.

Sistema executável em tempo útil e que possa ser alocado aos recursos já existentes.

## 2.4 Modelo atual

Atualmente, no negócio de peças aftermarket é utilizado o mesmo sistema informático para as duas operações, ligeiros e pesados, no controlo dos stocks. No entanto, o modelo utilizado na operação dos pesados encontra-se mais desenvolvido do que o modelo utilizado na operação dos ligeiros.

Em cada ano civil são calendarizados os momentos de controlo dos stocks. Este agendamento é definido de acordo com as necessidades da empresa associadas às suas decisões de carácter económico.

Apesar da sua calendarização, o atual modelo de encomendas utilizado nos ligeiros é bastante simples, mas torna-se desadequado face à dimensão do negócio nesta área. O processo de encomendas é composto por várias etapas, tornando-o pouco funcional

e por vezes moroso. Ao considerar uma previsão mensal de vendas para cada um dos artigos, o sistema depende do utilizador na definição das quantidades a encomendar. O responsável dá a indicação ao sistema do período para o qual se pretende realizar a encomenda.

A previsão dada é obtida pela média mensal das vendas dos últimos 6 meses. A forma de controlar a incerteza da procura estabelecendo um stock superior do que o previsto passa, uma vez mais, pelo utilizador. Aliado à sua experiência, o profissional pode estabelecer encomendas por um período superior ao inicialmente estabelecido.

Na área de operações dos pesados, a empresa conta com um sistema de encomendas mais desenvolvido e mais adequado às características do negócio deste tipo de peças. Verificou-se após uma análise cuidada deste sistema, que o método de previsão utilizado se baseava no modelo SAGA (Caiado, 2011).

Juntamente com as entidades responsáveis, decidiu-se desenvolver um novo modelo, que englobasse os conceitos *lead time*, stock de segurança e ponto de encomenda, os quais estão implícitos no sistema dos pesados.

O ***lead time* (Lt)** é o termo utilizado que define o período que decorre desde o momento da realização da encomenda até à sua entrega (Zermati, 2000). Na empresa, este termo, para além de contabilizar o período descrito, considera também o tempo necessário na conferência das encomendas, até estarem disponíveis em inventário.

O **stock de segurança (SS)** é entendido como um "stock extra", e tem como função, estabelecer uma proteção contra eventuais aumentos acima do consumo previsto (Zermati, 2000).

O **ponto de encomenda (PE)** é visto como a quantidade de artigos que são consumidos no período *lead time*.

Define-se **stock em posse (SP)**, como a quantidade total de artigos, que se podem contar no momento em que é controlado o stock. A sugestão de encomenda é lançada sempre que o SP não for suficiente, para cobrir o consumo previsto pelo PE.

Tirando partido dos encargos associados aos processos de encomendas, decidiu-se estabelecer encomendas para períodos mais longos. Esses períodos definidos e tabelados pelo departamento comercial da empresa (ver Tabela 2.1), dependem da previsão mensal de vendas (*Prev*) e do seu preço de custo. Assim, a **quantidade económica a encomendar (QEE)** fica estabelecida pela fórmula:

$$QEE = PE - SP + \frac{Prev}{4} \times T \quad (2.1)$$

onde *T* representa o número de semanas dado pela Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Número de semanas a encomendar, em função do custo e da previsão mensal de vendas de cada artigo.

Preço de Custo		Previsão mensal						
		A	B	C	D	E	F	G
1	$[0;0.33[$	24	15	10	8	7	5	2
2	$[0.33; 1.09[$	14	10	6	5	5	4	2
3	$[1.09; 3.28[$	10	6	5	4	4	3	1
4	$[3.28; 10.93[$	8	5	4	3	3	2	1
5	$[10.93; 32.8[$	6	4	3	3	2	2	1
6	$[32.8; 109.32[$	5	3	3	2	2	2	1
7	$[109.32; 327.95[$	4	2	2	2	2	1	1
8	$[327.95; 1093.18[$	3	2	2	1	1	1	1
9	$\geq 1093.18$	3	2	1	1	1	1	1

Apresenta-se resumidamente, na Figura 2.1, o fluxograma com o modelo adotado no sistema nos pesados.

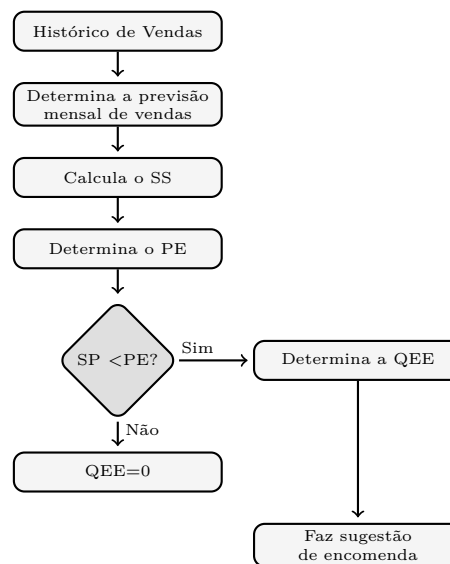


Figura 2.1: Fluxograma referente ao modelo de controlo de stocks, adotado no sistema nos pesados.

A eficiência dos modelos da gestão de encomendas adotados pela empresa depende da qualidade das previsões efetuadas. Para além de influenciar a quantidade dos stocks de segurança, a previsão de vendas influencia diretamente as quantidades a encomendar.

## 2.5 Comportamento das vendas dos seus artigos

Uma primeira análise ao histórico de vendas de uma dada família de artigos permitiu perceber onde a matemática poderia agir e ser útil a solucionar o problema. Repre-

sentando a distribuição de vendas diárias, num horizonte alargado de tempo (Figura 2.2) foi possível observar comportamentos de vendas muito diversos. Registam-se artigos com procura esporádica, ou seja, artigos que são consumidos em determinados momentos, seguidos por intervalos longos e variáveis de ausência de procura. Por outro lado, há artigos que são vendidos regularmente.

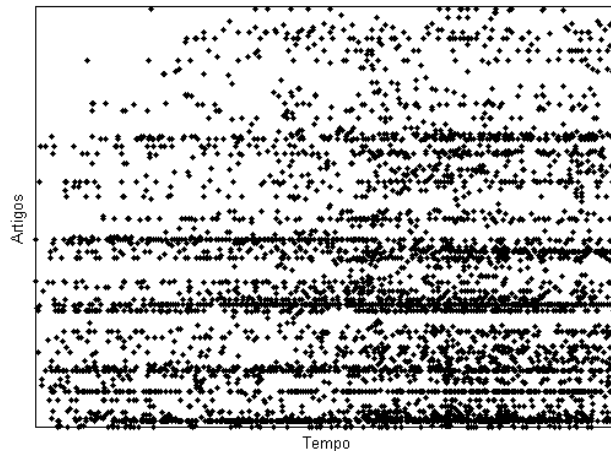


Figura 2.2: Distribuição de vendas diárias alguns artigos, num horizonte alargado de tempo. O eixo horizontal representa o tempo e o eixo vertical os artigos. Cada ponto da figura ilustra um momento de venda.

Segundo Romeijnders et al. (2012), melhores técnicas de previsão são capazes de reduzir os stocks de segurança e consequentemente reduzir os seus custos associados, sem penalizar o nível de serviço prestado. Assim, decidiu-se implementar no novo modelo um conjunto com vários métodos de previsão. Dada a intermitência da procura de grande parte dos artigos, foram estudados e analisados vários modelos. Salientam-se os métodos de Croston, de Syntetos e Boylan (2001) e o de Teunter (2011), que lidam precisamente com a questão de procuras intermitentes.

# Capítulo 3

## Modelos matemáticos de previsão

Este capítulo apresenta um conjunto de métodos de previsão que constituíram, grosso modo, a base matemática deste trabalho. Não se pretende uma descrição completa e exaustiva, mas apenas apresentar os principais conceitos.

A literatura na área da gestão de stocks é escassa quando se trata da análise deste tipo de peças de substituição. No entanto, existe um consenso entre investigadores, de que a previsão de vendas deste tipo de artigos não deve ser realizada pelos métodos tradicionais, tais como médias móveis ou alisamento exponencial, devido ao baixo consumo e aos longos tempos entre procuras [2].

Face à intermitência de vendas de alguns artigos e à regularidade de vendas de outros, foram implementados modelos que melhor se adequassem a cada uma destas características. Esses modelos são apresentados nas secções seguintes e registam-se na Tabela 3.1 as respetivas abreviaturas utilizadas. Na Tabela 3.2 é apresentada a notação utilizada em cada um desses métodos.

Tabela 3.1: Métodos utilizados e respetivas abreviaturas.

Método	Abreviatura
Zero forecast	ZF
Naive forecast	NF
Médias móveis	MA
Alisamento exponencial	ES
Método de Croston	CR
Método de Syntetos-Boylan	SBA
Método de Teunter	TSB
Método de SAGA	SAGA
Método de Poisson	POISS
Média	Media
Método K	K

Tabela 3.2: Notação utilizada nos modelos de previsão.

Descrição	Notação	Modelo	
	$d_t$	Procura real no mês $t$	Todos os Modelos
	$\hat{X}_t$	Previsão para o mês $t$	Todos os Modelos
	$\hat{S}_t$	Previsão para o tamanho da procura no mês $t$ , desde que a procura seja positiva	CR, SBA e TSB
	$\hat{K}_t$	Previsão para o mês $t$ , do número consecutivo de meses com procura positiva	CR e SBA
	$k_t$	Número de meses que decorreram desde a última procura positiva, no mês $t$	CR e SBA
	$\hat{p}_t$	Previsão da probabilidade, para o mês $t$ , de se obter procura positiva	TSB
	$p_t$	Variável binária, indicadora de procura positiva para o mês $t$	TSB
	$a_t$	Nível da série no mês $t$	SAGA
	$b_t$	Tendência da série no mês $t$	SAGA
	$\alpha, \beta$	Constantes de alisamento ( $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ )	ES, CR, SBA, TSB, SAGA

### 3.1 Zero forecast (ZF)

Este modelo matemático, muito simples, estima em cada período uma previsão de valor zero [5].

$$\hat{X}_{t+1} = 0 \quad (3.1)$$

### 3.2 Naive forecast (NF)

O modelo Naive forecast é também bastante simples. No entanto, pode ser considerado como um caso particular dos métodos ES e MA (Romeijnders et al., 2012). A sua previsão de vendas é dada pelo último valor do histórico registado.

$$\hat{X}_{t+1} = d_t \quad (3.2)$$

### 3.3 Médias móveis (MA)

No modelo MA, a previsão é baseada na média dos  $N$  períodos anteriores [8]. É um modelo bastante sensível às alterações recentes do comportamento dos dados e é

utilizado na avaliação da tendência de séries temporais. O modelo é definido por:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d_{t-N+i} \quad (3.3)$$

### 3.4 Alisamento exponencial (ES)

O modelo ES é robusto e adapta-se rapidamente a mudanças da procura. É bastante usado na prática. Ao contrário das médias móveis, este utiliza combinações ponderadas exponencialmente decrescentes das observações passadas, para estimar previsões futuras [1, 5]. Na verdade, utiliza a previsão do último instante ajustado pelo seu erro de previsão  $d_t - \hat{X}_t$ , através da expressão:

$$\hat{X}_{t+1} = \hat{X}_t + \alpha(d_t - \hat{X}_t) \quad (3.4)$$

Manipulando algebricamente a fórmula anterior, obtém-se:

$$\hat{X}_{t+1} = (1 - \alpha)\hat{X}_t + \alpha d_t \quad (3.5)$$

### 3.5 Método de Croston (CR)

No início da década de 70 do século passado, Croston mostrou que os métodos ES e MA não se adaptam tão bem a séries com procuras intermitentes. Assim, propôs atualizar a quantidade  $\hat{S}_{t+1}$  e o intervalo de procura  $\hat{K}_{t+1}$ , separadamente. O modelo ES é usado para estimar os valores dessas duas componentes, apenas nos períodos de procura positiva. A previsão para o tamanho da procura no mês  $t$  é dada por:

$$\hat{S}_{t+1} = \begin{cases} \hat{S}_t, & d_t = 0 \\ (1 - \alpha)\hat{S}_t + \alpha d_t, & d_t > 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

e a previsão do número de períodos com vendas positivas por:

$$\hat{K}_{t+1} = \begin{cases} \hat{K}_t, & d_t = 0 \\ (1 - \beta)\hat{K}_t + \beta k_t, & d_t > 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

A previsão sugerida pelo modelo de Croston é obtida por:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{\hat{S}_{t+1}}{\hat{K}_{t+1}} \quad (3.8)$$

### 3.6 Método de Syntetos - Boylan (SBA)

Syntetos e Boylan (2001) mostraram que o método original de Croston é enviesado e desenvolveram uma modificação que, teoricamente, corrige o seu enviesamento. Propuseram incluir o fator  $1 - \frac{\alpha}{2}$  no modelo de Croston e assim a sua previsão é dada por:

$$\hat{X}_{t+1} = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{\hat{S}_{t+1}}{\hat{K}_{t+1}} \quad (3.9)$$

onde  $\hat{S}_{t+1}$  e  $\hat{K}_{t+1}$  são determinados respetivamente pelas fórmulas (3.6) e (3.7) do método de Croston.

### 3.7 Método de Teunter (TSB)

O modelo de Teunter (2011) é considerado como um modelo alternativo ao método de Croston. Teunter propôs um modelo que atualiza a probabilidade de existir procura positiva, ao contrário dos métodos CR e TSB, que atualizam previsão do número de períodos com vendas positivas.

A previsão de consumo no mês  $t$  é dada por:

$$\hat{S}_{t+1} = \begin{cases} \hat{S}_t, & d_t = 0 \\ (1 - \alpha)\hat{S}_t + \alpha d_t, & d_t > 0 \end{cases} \quad (3.10)$$

e a probabilidade de se obter procura positiva é dada por:

$$\hat{p}_{t+1} = (1 - \beta)\hat{p}_t + \beta p_t \quad (3.11)$$

Assim, a previsão dada pelo modelo de Teunter é obtida por:

$$\hat{X}_{t+1} = \hat{p}_{t+1}\hat{S}_{t+1} \quad (3.12)$$

### 3.8 Método SAGA

O método Saga, também conhecido pelo método de Holt é adequado para séries com tendência linear. Usa o modelo de alisamento exponencial para estimar o nível  $a$ , e o declive de tendência de crescimento,  $b$  [1]. Este modelo utiliza as equações de atualização:

$$a_t = \alpha d_t + (1 - \alpha)[a_{t-1} + b_{t-1}], \quad (3.13)$$

e

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3.14)$$

A previsão a um passo à frente é obtida através da função:

$$\hat{X}_{t+1} = a_t + b_t \quad (3.15)$$

### 3.9 Método Poisson

A distribuição de Poisson é usada para modelar eventos que se processam casualmente ou aleatoriamente ao longo do tempo. O método apresentado por Neves et al. (2008) usa esta distribuição para a previsão, como alternativa aos métodos que se baseiam em séries temporais. Este foi adaptado à situação concreta deste problema, assumindo que o evento raro corresponde ao número de artigos vendidos durante um período de tempo. Assim, definindo  $X_i$  como a variável aleatória, número de vendas da peça  $i$  no intervalo de tempo  $\Delta$  e considerando que  $X_i \sim P_o(\lambda)$ , onde:

$$\lambda = E(X_i) \approx \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (3.16)$$

e  $\sum_{j=1}^n d_{ij}$  é o número total de artigos  $i$  vendidos em  $n$  períodos  $\Delta$ .

A previsão,  $\hat{X}_i$ , deste modelo é obtida por

$$P(X_i < \hat{X}_i) = 1 - \alpha \quad (3.17)$$

onde  $\alpha$  representa o nível de confiança pretendido.

Salienta-se que a aplicação deste método só é válida, para artigos cuja respetiva procura é bem modelada pela distribuição de Poisson.

### 3.10 Média

A previsão deste método é dada pela média aritmética das vendas mensais observadas nos últimos seis meses, ou seja:

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{1}{6} \sum_{i=0}^5 d_{t-i} \quad (3.18)$$

### 3.11 Método K

À semelhança do método anterior, o modelo K implementado considera a série de vendas do último ano registado. Neste, é considerada uma média ponderada das vendas mensais desse período, dando maior importância às observações mais recentes

e menor às observações passadas. Atribui uma ponderação de 50% aos três meses mais recentes, 30% aos 3 meses anteriores, e 20% aos restantes.

$$\hat{X}_{t+1} = \frac{1}{12} \left( 0.5 \sum_{i=0}^2 d_{t-i} + 0.3 \sum_{i=3}^6 d_{t-i} + 0.2 \sum_{i=7}^{11} d_{t-i} \right) \quad (3.19)$$

# Capítulo 4

## Modelo implementado

Neste capítulo é apresentado o modelo proposto para o controlo de stocks, de peças de veículos ligeiros. É detalhadamente descrito todo o seu processo e apresentam-se todas as características implementadas.

O capítulo está dividido em duas partes. A primeira descreve o modelo teórico que lhe serviu de suporte, e a segunda, a sua implementação computacional.

### 4.1 Modelo teórico adotado

O novo modelo destaca-se pela sua complexidade e robustez, alcançada pelos conceitos que foram implementados. Utiliza os conceitos Lt, SS, PE e QEE apresentados na secção 2.4. Por outro lado recorre a previsões mais ajustadas à realidade do negócio dadas pelos vários métodos de previsão apresentados no capítulo 3. Indo ao encontro das necessidades reais da empresa, uma nova fórmula de cálculo do SS foi implementada.

Ao receber a informação do histórico de vendas, o modelo inicia o processo, com a definição do melhor método de previsão para cada um dos artigos. A seleção do melhor método que define o valor das previsões é baseada na minimização de uma medida de erro. Essa avaliação é realizada com a métrica proposta (4.2).

Posteriormente, as previsões de vendas determinam o SS, o PE e a QEE. No entanto, para os artigos cuja QEE determinada for inferior a uma unidade o sistema sugerirá a QEE igual a um.

Com o objetivo de controlar a obsolescência dos artigos, foi acrescentado um novo processo. Denominado de restrição de *picks*, este processo analisa, para cada artigo, o número de períodos de vendas do último ano. Se esse valor for reduzido, o sistema avisa o utilizador de se poder tratar de um artigo em risco de se tornar obsoleto. A

sugestão de encomenda será lançada em conformidade com a quantidade de artigos existente em armazém.

De uma forma geral, a estrutura do novo modelo é ilustrada na Figura 4.1.

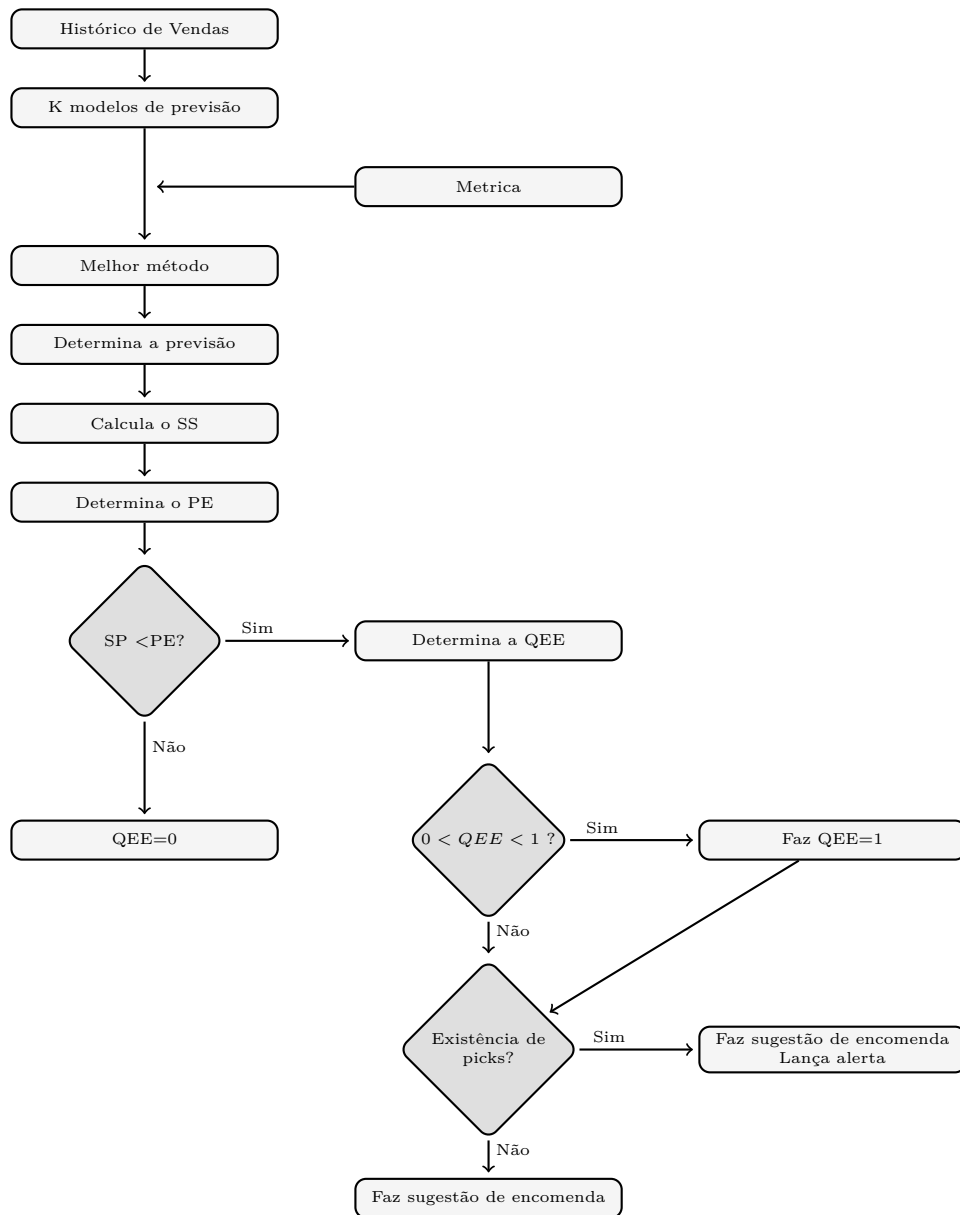


Figura 4.1: Fluxograma referente ao sistema de controlo de stocks implementado.

#### 4.1.1 Estimação dos modelos

O modelo implementado contempla os vários métodos de previsão apresentados no capítulo 3. No entanto, pretende-se que as previsões de cada artigo, sejam obtidas

pelo modelo que melhor ajusta a evolução das vendas desse artigo à realidade. Nesse sentido, após estimação de cada modelo de previsão, com base num subconjunto do histórico disponível (conjunto de treino) avalia-se a qualidade do ajuste de cada modelo considerando um conjunto de teste.

Os métodos MA, ES, CR, SBA, TSB e SAGA são paramétricos, pelo que os seus ajustes dependerão dos valores considerados em cada um dos seus parâmetros. O ajuste que se considerará em cada método, será aquele que apresentar o menor *EQM*:

$$EQM = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m (d_t - \hat{X}_t)^2 \quad (4.1)$$

### 4.1.2 Seleção do melhor modelo

Após a estimação dos diferentes métodos para cada artigo, o processo passa agora pela escolha do modelo a utilizar no cálculo das previsões. Para esta seleção foi definida a métrica *Erro*, que compara os valores reais do conjunto de teste com as respetivas previsões.

Esta medida implementada dá uma ponderação superior aos desvios nos períodos mais recentes, e menor ponderação aos passados, sendo que o melhor modelo é o que minimiza esta medida de erro.

$$Erro = 0.4 \sum_{t=1}^{\frac{n}{2}} (d_t - \hat{X}_t)^2 + 0.6 \sum_{t=\frac{n}{2}+1}^n (d_t - \hat{X}_t)^2 \quad (4.2)$$

O ponto seguinte do modelo passa pelo cálculo da previsão de vendas com o melhor método.

### 4.1.3 Cálculo do stock de segurança

Estabelecendo uma proteção contra eventuais vendas acima das previstas, uma nova fórmula de cálculo do SS foi implementada. Observando o ajuste dado pelo melhor método ao histórico de vendas, este determina o valor médio ( $Er_{med}$ ) do número de peças que faltarão para garantir a totalidade dessas vendas:

$$Er_{med} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (d_t - \hat{X}_t), \forall t \in \{1, \dots, n\} : d_t > \hat{X}_t \quad (4.3)$$

Possibilitando um melhor ajuste do valor do SS foi também implementada uma nova variável  $\alpha'$ . Entendida como um fator de risco, esta deverá ser ajustada pelo utilizador e poderá aumentar, ou reduzir, o valor do SS. Assim, o SS é dado por:

$$SS = Z_{1-\frac{\alpha'}{2}} \times Erro \quad (4.4)$$

Onde o valor de  $Z$  poderá ser calculado utilizando uma distribuição considerada adequada à referência em estudo.

#### 4.1.4 Ponto de encomenda

Após o cálculo do  $SS$  e da previsão mensal de vendas,  $Prev$ , o modelo determina para cada artigo o seu  $PE$ . Ou seja, determina a quantidade de peças que serão consumidas durante o número de semanas do  $L_t$ .

$$PE = \frac{Prev \times L_t}{4} + \frac{SS \times L_t}{4} \quad (4.5)$$

#### 4.1.5 Quantidade económica a encomendar

Contabilizando a quantidade disponível em stock no armazém, o sistema prossegue verificando a necessidade de encomendar cada um dos artigos. Para cada um deles é comparado o  $SP$  com o valor do  $PE$ . A sugestão de encomenda será lançada apenas para os artigos cuja quantidade disponível em armazém ( $SP$ ) for inferior ao valor do seu  $PE$ .

Para tirar partido dos custos associados aos processos de encomendas, decidiu-se estabelecer encomendas por períodos mais longos. Assim a  $QEE$  é dada por:

$$QEE = PE - SP + \frac{Prev}{4} \times T \quad (4.6)$$

e  $T$  é dado em função do preço de custo e da previsão mensal de vendas de cada artigo. Valores estabelecidos pelo departamento comercial da empresa e apresentados na Tabela 2.1.

#### 4.1.6 Restrição de *picks*

A restrição de *picks*, assim denominado na empresa, é um método de controlar a obsolescência dos artigos. Esta condição implementada no sistema proposto, pretende controlar as encomendas de artigos com baixa rotatividade. Devolve uma mensagem de alerta ao utilizador, sempre que o número de momentos de venda no último ano é inferior, ou igual, ao valor estabelecido para cada artigo. Os valores estão tabelados (Tabela 4.1) e são dados em função do seu preço de custo.

Tabela 4.1: Número mínimo de momentos de venda do último ano (número de *picks*), que estabelece um alerta ao utilizador.

Preço de Custo	Número de picks
$[0; 0.33[$	1
$[0.33; 1.09[$	1
$[1.09; 3.28[$	1
$[3.28; 10.93[$	1
$[10.93; 32.8[$	1
$[32.8; 109.32[$	1
$[109.32; 327.95[$	2
$[327.95; 1093.18[$	2
$\geq 1093.18$	3

O modelo termina com a apresentação das sugestões de encomendas dos devidos artigos. Posteriormente caberá ao utilizador a concretização das encomendas.

## 4.2 Implementação

O modelo teórico apresentado na secção anterior foi implementado em software Matlab/Octave. Foi desenvolvida uma função, que recebendo a indicação do Lt, do fator de risco, do código do armazém e importando o histórico de vendas, preço de custo e quantidades em armazém, calcula e devolve as sugestões de encomendas para cada artigo. Neste ponto do relatório, são apresentadas algumas das metodologias abordadas.

No grupo Nors os artigos são agrupados por famílias, segundo as suas características e os seus fornecedores. O novo modelo faz a gestão de encomendas por famílias de artigos e por armazém de forma independente.

Para cada uma dessas famílias são necessários dados referentes ao histórico de vendas, às quantidades existentes em stock e aos preços de custo de cada artigo. Estes dados são fornecidos pelo sistema da empresa em ficheiros Excel distintos. Assim, foram criados processos para a importação desses ficheiros.

### 4.2.1 Construção das séries temporais de vendas

Os dados fornecidos pelo histórico de vendas registam todas as quantidades movimentadas, nas quais estão também registadas as notas de crédito. Antes da construção da série de vendas, foi implementado o processo que trata as notas de crédito. Uma nota de crédito anula uma venda registada num período anterior.

Foi considerada uma periodicidade mensal na construção da série temporal de vendas. Aqui, assumiu-se que todos os meses são constituídos por 30 dias e o tamanho da série de vendas dependerá naturalmente do intervalo de datas do histórico considerado.

## 4.2.2 Parametrização e inicialização dos métodos

Na Tabela 4.2 apresentam-se os valores assumidos na parametrização de cada um dos métodos de previsão.

Tabela 4.2: Valores considerados na parametrização dos modelos de previsão.

Parâmetros	Método	Mínimo	Máximo	Passos
N	MA	1	n	1
$\alpha$	ES, CR, SBA, TSB, SAGA	0	1	0.1
$\beta$	ES, CR, SBA, TSB, SAGA	0	1	0.1

A inicialização das variáveis foi necessária em duas situações distintas, na parametrização e no cálculo das previsões futuras. Considerando  $T \in d$  como o conjunto dos meses do histórico que apresentam vendas positivas, as inicializações implementadas resumem-se na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Inicialização das variáveis dos métodos de previsão.

Método	Parametrização	Previsões
ES	$\hat{X}_1 = d_1$	$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n d_t$
SAGA	$b_1 = \frac{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1}{3}$ $a_1 = \bar{Y}_1 - 2b_1$ onde $\bar{Y}_1 = \frac{1}{3} \sum_{t=1}^3 d_t$ e $\bar{Y}_2 = \frac{1}{3} \sum_{t=4}^6 d_t$	$b_1 = \frac{\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1}{3}$ $a_1 = \bar{Y}_1 - 2b_1$ onde $\bar{Y}_1 = \frac{1}{3} \sum_{t=n-5}^{n-3} d_t$ e $\bar{Y}_2 = \frac{1}{3} \sum_{t=n-2}^n d_t$
CR e SBA	$\hat{K}_1 = \hat{S}_1 = k_1 = 1$	$\hat{K}_{n+1} = \frac{n}{ T }$ $\hat{S}_{n+1} = \frac{1}{ T } \sum_{t \in T} d_t$
TSB	$\hat{K}_1 = \hat{p}_1 = 1$	$\hat{S}_{n+1} = \frac{1}{ T } \sum_{t \in T} d_t$ $\hat{p}_{n+1} = \frac{ T }{n}$

Na avaliação da qualidade da distribuição de Poisson executou-se o teste de Chi-quadrado, com um nível de significância de 15% e considerou-se um nível de confiança de 0.5 para as previsões efetuadas.

# Capítulo 5

## Resultados preliminares

De forma a testar o modelo desenvolvido, foi acompanhada a evolução do stock de uma das famílias de artigos comercializada pelo grupo Nors. Foi analisada a evolução do seu valor armazenado nos armazéns do Porto e do Seixal.

Iniciando o processo de teste a 26 de fevereiro com dados reais, foi acompanhada a evolução do stock ao longo de um período de doze semanas. Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos, bem como a frequência de utilização de cada um dos métodos de previsão.

### 5.1 Características da simulação

O conjunto de dados é referente a uma família de artigos e divide-se em dois grupos. Um referente ao armazém do Porto e o outro ao armazém do Seixal. Em ambos os casos é contemplado o histórico de vendas de um período de 18 meses. Após várias simulações efetuadas, decidiu-se usar como conjunto de treino 16 meses do histórico e como conjunto de teste os restantes dois. Isto deveu-se à homogeneidade dos resultados obtidos em termos das diferentes partições consideradas, juntamente com factores operacionais. Assim, considerou-se como período de teste cerca de 88% do histórico.

Para possibilitar a comparação entre o stock real e o stock obtido pelo método implementado, foi necessário considerar as quantidades em armazém para uma dada família de artigos.

O *lead time* para a família considerada é de 3 semanas e o controlo das encomendas foi realizado semanalmente, durante doze semanas. Considerou-se que os pendentes a fornecedores existentes no primeiro período, fossem todos entregues na segunda semana de simulação. Utilizou-se um fator de risco de 0.1 no cálculo do SS.

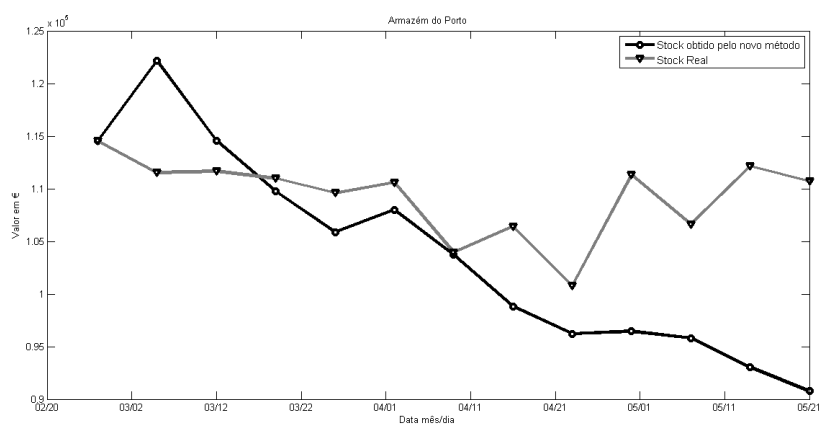
O número de artigos da família varia em função do armazém. Para o armazém do

Porto foram considerados 471 artigos e 498 para o armazém do Seixal.

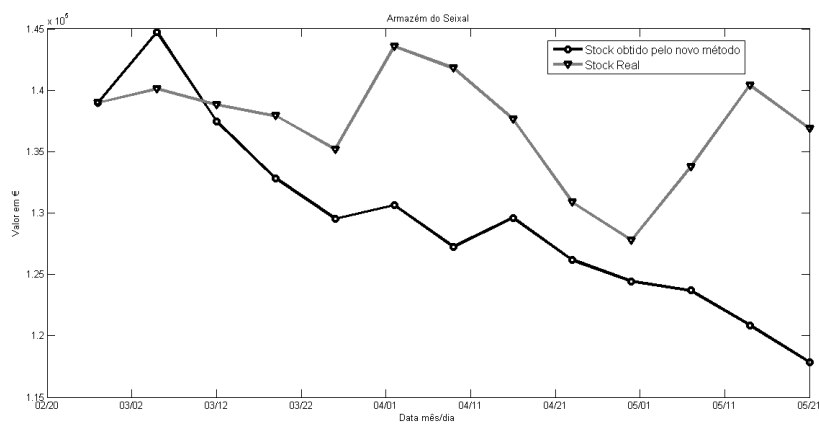
## 5.2 Resultados

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos nas simulações da evolução dos stocks, ao longo das doze semanas, em cada um dos armazéns.

A Figura 5.1 ilustra a evolução dos stocks obtidos no processo de testes efetuado.



(a) Armazém do Porto



(b) Armazém do Seixal

Figura 5.1: Evolução do valor económico armazenado da família de artigos considerada em cada um dos armazéns.

Em ambos os armazéns, o stock obtido pelo novo método evolui de forma decrescente, sendo que a diferença percentual foi mais acentuada no armazém do Porto.

Apresentam-se detalhadamente na Tabela 5.1, os valores obtidos em cada um dos ar-

mazéns, respetivamente ao fim de quatro, oito e doze semanas após o início do processo de testes. Regista-se o valor monetário e o valor percentual reduzido, relativamente ao valor observado no início da simulação. Embora, o valor monetário reduzido seja idêntico ao fim das 12 semanas, o valor percentual torna-se mais evidente no armazém do Porto.

Tabela 5.1: Resultados obtidos no processo de testes, após 4, 8 e 12 semanas.

Períodos	Porto	Seixal
26 fevereiro	114500€	139000€
26 março	-8600€ -7.5%	-9500€ -6.8%
23 abril	-18270€ -16.0%	-12800€ -9.2%
21 maio	-23700€ -20.1%	-21200€ -15.3%

A utilização deste modelo na gestão de encomendas permitiria uma redução de cerca de 17.7% do valor em stock na empresa, da família de artigos considerada.

Tendo em conta a totalidade das vendas reais da empresa, o número de ruturas de stock obtido em cada semana do processo de testes é apresentado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Número de ruturas de stock obtido em cada semana de simulação, nos armazéns do Porto e do Seixal.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total de ruturas	Total de vendas
Porto	0	0	0	2	3	1	10	3	6	4	9	10	48	675
Seixal	0	0	1	5	3	7	7	5	3	5	6	3	45	565

As ruturas de stock são superiores no armazém do Seixal (cerca de 7.9%) e ligeiramente inferiores no do Porto (cerca 7.1%). Na globalidade, correspondem a 7.5% da totalidade das vendas da empresa.

Relativamente à taxa de utilização dos métodos de previsão, a percentagem dos métodos definidos como os melhores são apresentados na Figura 5.2.

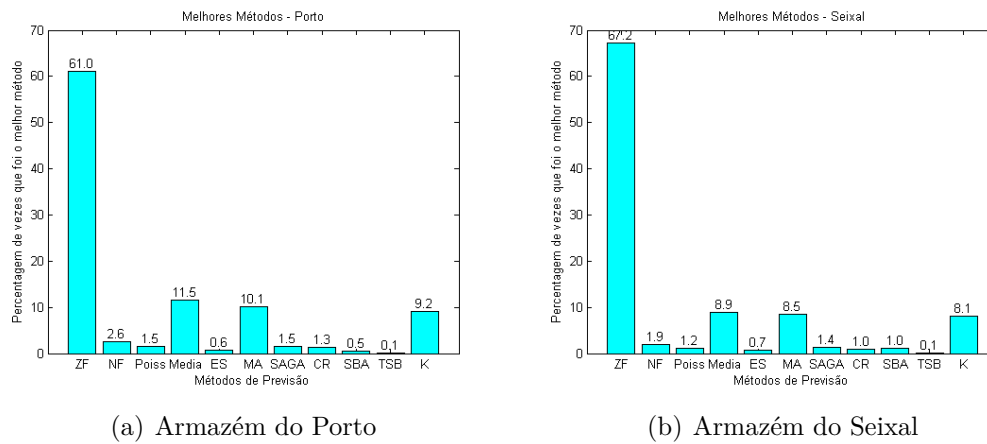


Figura 5.2: Percentagem de utilização dos métodos de previsão em cada um dos armazéns.

O método de previsão mais utilizado para o cálculo das previsões é o método ZF. Este destaca-se e é utilizado cerca de 61% das vezes no armazém do Porto e 67% no do Seixal. Em seguida, os métodos Media, MA e K são os mais utilizados que apresentam taxas de utilização semelhantes. Respetivamente 11.5%, 10.1% e 9.2% no armazém do Porto e 8.9%, 8.5% e 8.1% no armazém do Seixal. Os restantes são utilizados um número reduzido de vezes.

# Capítulo 6

## Conclusões e trabalho futuro

### 6.1 Conclusões

O conhecimento dos conceitos Lt, PE, SS e QEE, foram essenciais a estruturação do modelo desenvolvido.

O estudo do atual modelo de encomendas utilizado na empresa, e a análise dos diferentes comportamentos das vendas dos seus produtos permitiu concluir que, o processo de previsão do novo modelo deveria ser efetuado por diferentes métodos matemáticos de previsão.

Considerando os vários métodos de previsão implementados, o modelo proposto permite uma modelação adequada do histórico de vendas de cada artigo, possibilitando o cálculo de previsões mais ajustadas à realidade do negócio. Assim, para a família de artigos testada, o modelo desenvolvido permite um decréscimo dos stocks armazenados. A redução observada nos três meses de testes é cerca de 20% no armazém do Porto e 15% no armazém do Seixal, ou seja, cerca de 17.7% na globalidade para a empresa.

A nova fórmula de cálculo do stock de segurança permite uma redução das quantidades a encomendar, indo de encontro com as necessidades reais da empresa.

A análise efetuada sobre o número ruturas de stock baseou-se sobre a totalidade de artigos vendidos pela empresa. Assim, o novo modelo de encomendas cobriria em cerca de 92.9% das vendas registadas no armazém do Porto e 92.1% das vendas registadas no armazém do Seixal. Na globalidade o nível de serviço alcançado seria de 92.5% um pouco abaixo dos 95% pretendidos pela empresa.

Ao nível computacional, o tempo de execução da função desenvolvida, para esta família com cerca de 500 artigos em ambos armazéns é de cerca de 15 segundos. Do ponto de vista das entidades responsáveis é considerado um tempo aceitável. No entanto, em famílias com um número alargado de artigos, este poderá ser bastante superior.

O modelo é bastante sensível aos dados fornecidos pela empresa. A alteração das suas

características poderá levar a problemas de execução.

Embora não fosse objetivo deste trabalho, a taxa de utilização dos diversos modelos foi analisada. No cálculo das previsões, a utilização dos métodos não foi idêntica. Embora o estado da arte indicasse que os modelos de CR, SBA e TSB fossem mais adequados para procuras intermitentes, estes foram utilizados um número reduzido de vezes. No processo de testes, os modelos mais utilizados foram o ZF, Media, MA e K.

Em conclusão geral, pode dizer-se que o modelo proposto demonstra resultados bastante promissores. Além de uma redução significativa dos stocks, o novo modelo é menos dependente do utilizador. Desta forma, pode dizer-se que os objetivos delineados foram atingidos.

## 6.2 Trabalho futuro

O modelo proposto não está ainda implementado no sistema do grupo Nors. Um passo importante passará pela sua implementação. Só desta forma será viável a sua utilização na gestão de encomendas.

O modo de utilização poderá ser melhorado. A função desenvolvida importa os dados de cada família separadamente, pelo que a mesma necessita da indicação dos ficheiros Excel com os respetivos dados. Note-se que há um trabalho previo na extração dos dados do sistema da empresa. Futuramente fará sentido implementar um procedimento que faça diretamente essa importação.

Ao longo do tempo, o colaborador poderá definir o fator de risco que melhor se adapta a cada família de artigos, ou seja, aquele que estabelece um tradeoff entre o decréscimo dos stocks e o número de falhas de stock. Assim, poderá ser criada uma nova base de dados que registe o fator de risco mais adequado a cada família. O modelo desenvolvido poderá importar diretamente dessa base de dados o respetivo fator de risco, tornando ainda mais automático todo o processo de encomendas.

As quantidades económicas a encomendar para cada um dos artigos, dependem da previsão de vendas e do seu preço de custo. Foi visto que o número de semanas a encomendar é estabelecido pelos valores apresentados na Tabela 2.1. A otimização desses valores poderá influenciar positivamente as quantidades a encomendar, e nesse sentido justificar-se-á, um estudo cuidadoso desses valores.

Os níveis de serviço alcançados foram ligeiramente inferiores aos pretendidos pelo grupo. Assim, o modelo deverá ser ajustado para que se consiga cobrir um número maior de vendas. No entanto, o modelo proposto já acautela este facto permitindo a parametrização do fator de risco, o que permite que o modelo responda de forma simples aos objetivos definidos pela empresa.

# Referências

- [1] Caiado, J. 2011. *Métodos de Previsão em Gestão -1ª Edição* , Lisboa, Edições Sílabo.
- [2] Neves, G., Diallo, M., Lustosa, L. 2008. Initial Electronic Spare Parts Sock and Consumption Forecasting. *Investigação Operacional*, 28, 45-58.
- [3] Nors, Sobre Nors. Disponível em:  
<http://www.nors.com/pt/sobre-nors/a-nossa-historia.aspx> [Último acesso: 27 de Junho de 2014]
- [4] Rego, J. & Mesquita, M., 2011. Controle de estoque de peças de reposição: uma revisão da literatura. *Produção*, 21, 645-655.
- [5] Romeijnders, W., Teunter, R., Jaarsveld W., 2012. A two-step method for forecasting spare parts demand using information on component repairs. *European Journal of Operational Research*, 220, 386-393.
- [6] Syntetos, A.A. & Boylan, J.E., 2001. On the bias of intermitent demand estimates. *International Journal of Production Economics*, 71, 457-466.
- [7] Teunter, R.H., Syntetos, A.A., Zied Babai, M., 2011. Intermitent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. *European Journal of Operational Research*, 214, 606-615.
- [8] Wiley, J. & Sons, 1989. Forecasting Methods for Management. *Prod 2100-2110*. Disponível em:  
<http://www.poms.ucl.ac.be/etudes/notes/prod2100/cours/Part%206-Forecast.pdf> [Último acesso: 14 de Julho de 2014]
- [9] Zermati, P. 2000. *A Gestão de Stocks*, Lisboa, Editorial Presença.