



Dissertação

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

“Gestão de *stocks* e encomendas no retalho de medicamentos”

Pedro Gomes Fetal

Leiria, Julho de 2015



Dissertação

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

“Gestão de *stocks* e encomendas no retalho de medicamentos”

Pedro Gomes Fetal

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Carlos Vieira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e co-orientação do Professor Nuno Órfão, Professor(a) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, Julho de 2015

*“Success is no accident.
It is hard work, perseverance, learning, studying,
sacrifice and most of all, love of what you are doing”.*

Pele

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Nuno Órfão e Carlos Vieira Miguel que desde o início me incentivaram e direcionaram, tornando possível a realização desta dissertação de mestrado nos moldes que ela se encontra.

Aos meus pais e irmã que tornaram possível a realização de um projeto desta dimensão, pelo seu apoio e incentivo, indispensável para a conclusão da minha formação pessoal e académica.

Não poderia terminar os agradecimentos sem antes agradecer a todos os colegas de mestrado e não só, pela ajuda e troca de experiências e ideias que ajudaram a melhorar todo o trabalho.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Nos últimos anos o agravamento da crise económica convergiu profundas alterações o setor farmacêutico, assistindo-se por isso a uma transferência de inventário das farmácias para os distribuidores, passando estes também a desempenhar a função de armazenistas. Estas preocupações manifestaram-se noutros setores de atividade em primeiro lugar, tendo algumas soluções sido inspiradas para a resolução de problemas no setor farmacêutico.

Este trabalho de dissertação visa desenvolver ferramentas com conhecimento técnico na avaliação de melhores soluções de um caso real. Estas ferramentas centram-se em primeiro lugar no processo de previsão na procura e, posteriormente, de forma complementar, um estudo de heurísticas matemáticas no contexto retalhista farmacêutico.

Tendo por base alguns trabalhos desenvolvidos neste âmbito pretende-se desenvolver ferramentas e retirar conclusões orientadoras na gestão e planeamento estratégico da indústria farmacêutica.

O objetivo global do trabalho passa por comparar diferentes modelos matemáticos com os dados reais e retirar algumas conclusões sobre a qualidade da previsão de procura, e comportamento das heurísticas de cálculo de encomendas. Em duas partes distintas, validar-se-á métodos de matemáticos que possam ser usados na previsão, e com os mesmos dados da procura cálculos de quantidades de encomenda reais para os mesmos períodos. Em ambos os casos serão sempre feitas comparações com a realidade e retiradas conclusões.

As principais elações retiradas de um trabalho no âmbito da gestão de inventários ilustram uma área pouco criteriosa e rudimentar em termos práticos, mesmo em setores de atividade avançados e menos prováveis como é o farmacêutico. No caso de estudo deste trabalho em concreto, a gestão destes bens é muito condicionada pela interpretação do operador e intuição de vendas do gestor. Nestas condições existe, ainda antes de implementar novas filosofias de trabalho e gestão, algum trabalho de sensibilização e preparação do trabalho. Este trabalho preliminar permite uma menor resistência ao processo: organização de dados concretos e necessários aos modelos; sensibilização da necessidade de otimização nos trabalhadores.

Nas questões técnicas das previsões existe inúmeros fatores na escolha das mesmas: universo temporal, dados disponíveis e características dos produtos entre outros, por exemplo. Contudo o tempo disponível e disponibilidade financeira para realizar as mesmas não devem ser menosprezados. As previsões diárias proporcionam um menor erro quando comparadas com as previsões periódicas. Contudo, a complexidade e morosidade das primeiras é bastante mais acentuada, podendo não compensar o seu menor erro (previsão-procura).

Na avaliação em Lot-sizing as características dos medicamentos (procura e preço) condicionam os *inputs*. Estas variações de *inputs* podem tornar as respostas das heurísticas um pouco imprevisíveis, tendo por referência a referência bibliográfica. De forma concreta foi possível avaliar neste trabalho prático a heurística *Wagner-Within* com os melhores resultados, mas obtendo alguns resultados não tão favoráveis. Estes fatores já podem ser encontrados na literatura anteriormente: procura pouco intensa e *stock* inicial diferente de zero. Para além disso foi possível verificar que um custo demasiado baixo (custo de posse, neste caso) pode criar alguns problemas de sensibilidade nos ciclos/períodos de cálculo.

As restantes heurísticas oscilaram com os *inputs* introduzidos, sendo as heurísticas CMT e QEP com comportamentos bastante bons, comparativamente.

Palavras-chave: gestão de stock, indústria farmacêutica, previsão, lot-sizing, modelos matemáticos,.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

In recent years the worsening economic crisis induces profound changes in pharmaceutical industry, then the inventory was transferred of pharmacies to distributors, and they also perform stockists function. These concerns manifested themselves in other sectors and some solutions were adopted for solving problems in pharmaceutical sector.

The aim of this dissertation is to develop some tools with technical knowledge in evaluating best solutions in a real case. These tools focus on the demand forecasting process and subsequently in a complementary way, a mathematical heuristic study in the pharmaceutical retail context.

Based on some work done in this area is intended to develop tools and draw some conclusions as guidelines in the management and strategic planning in pharmaceutical industry. The main objective of this study is to compare different mathematical models with real data and draw some conclusions about the demand forecast quality and heuristic behavior in orders calculation. It shall to be validated mathematical methods that can be used in prediction and with the same data calculate the orders real quantities for the same periods. In both cases will done comparisons with reality and its findings.

The main conclusions about a study about inventory management shows a little careful and a rudimentary area in practical terms, even in advanced activity sectors as pharmaceutical industry. In this study, the management of these assets is conditioned by the interpretation of the operator and manager of sales institution. Under these conditions exist, even before implementing new labor and management philosophies, some outreach and preparing work. This preliminary study provides a lower resistance to the process: organizations of specific data necessary to the model and awareness of the need for optimization of employers.

In technical issues there are numerous factors in choosing the same, for example temporal universe, available data and product characteristics. However, the available time and available finance to perform the same should not be underestimated. Daily forecasts provide a smaller error compared to the periodic forecasts. Then, the complexity and

length of daily forecasts is much more pronounced, cannot compensate for it smaller error (forecast-demand).

In Lot-sizing evaluations, the drug characteristics (demand and price) conditioning the inputs. These variations of inputs can make the heuristic responses unpredictable, based on bibliographic reference. In this dissertation it was possible to evaluate the Wagner-Within heuristic with best results, however there are some not so favorable results. These factors can already be found in literature: slightly intense demand and initial stock nonzero. Furthermore it found that a low cost (cost of ownership) can create some sensitivity problems in cycles/periods of calculation.

The remaining heuristics ranged on inputs, and the CMT and QEP heuristics quite good behaviors

Key-Words: inventory managment, pharmaceutical industry, forecasting, lot-sizing, mathematic models.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Ilustrações

Ilustração 1 - Procura Constante (Fonte: Autor).....	9
Ilustração 2 - Procura Tendencial (Fonte: Autor)	9
Ilustração 3 - Procura Sazonal (Fonte: Autor).....	9
Ilustração 4 - Fluxograma de seleção de Métodos de Previsão (Baseado: Armstrong, et al., 2011)	13
Ilustração 5 - Estrutura da cadeia de abastecimento com fluxo inverso (Retirado: Amaro, et al., 2008)	21
Ilustração 6 - Esquema das causas do efeito chicote (Fonte: Autor)	22
Ilustração 7 - Os fluxos na Cadeia de Abastecimento da Indústria Farmacêutica, Baseado: Pedroso, et al. (2009)	23
Ilustração 8 - A Cadeia de abastecimento tradicional da indústria Farmacêutica; Fonte: Susarla, et al. (2012)	26
Ilustração 9 - Balanço entre Custos/Nível de serviço. Baseado: Stock, et al. (1987)	30
Ilustração 10 - Stock deliberado e involuntário (Fonte: Autor).....	33
Ilustração 11 - Tipos de <i>stock</i> (Fonte: Autor).....	34
Ilustração 12 - Balanceamento entre custos e nível de serviço (Fonte: Ballou (2004))	38
Ilustração 13 - Princípios <i>Lean Thinking</i> , Fonte: Autor	45
Ilustração 14 - Folha de cálculo dos Métodos de Previsão (Alisamentos)	66
Ilustração 15 - Janela do Excel - Média Móvel	67
Ilustração 16 - Janela do Excel - Média Móvel Ponderada	68
Ilustração 17 - Janela do Excel - Amortecimento Exponencial Simples.....	68
Ilustração 18 - Folha Genérica do modelo <i>Holt-Winters</i> – série periódica	69
Ilustração 19 - Janela <i>Excel</i> do modelo <i>Holt-Winters</i> - regressão linear.....	70
Ilustração 20 - Tabela Genérica do programa.....	74
Ilustração 21 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Aspirina)	81
Ilustração 22 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Ben-U-Ron)	82

Ilustração 23 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Cêgripe)	83
Ilustração 24 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Daflon).....	84
Ilustração 25 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Inegy).....	84
Ilustração 26 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Livazo).....	84
Ilustração 27 - Comparação de valores das heurísticas (Olsar)	85
Ilustração 28 - Comparação de valores de heurísticas (Paracetamol).....	85
Ilustração 29 - Comparação de valores de heurísticas (Zolnor)	86
Ilustração 30 - Comparação de valores totais das heurísticas (Aspirina)	87
Ilustração 31 - Comparação de valores globais de heurísticas (Ben-u-ron)	88
Ilustração 32 - Comparação de valores globais de heurísticas (Cêgripe).....	88
Ilustração 33 - Comparação de valores globais de heurísticas (Daflon)	89
Ilustração 34 - Comparação de valores globais de heurísticas (Inegy)	89
Ilustração 35 - Comparação de valores globais entre heurísticas (livazo)	90
Ilustração 36 - Comparação dos valores totais das heurísticas (Olsar)	90
Ilustração 37 - Comparação dos valores totais das heurísticas (Paracetamol).....	91
Ilustração 38 - Comparação de valores totais das heurísticas (Zolnor).....	91
Ilustração 39 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	97
Ilustração 40 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	98
Ilustração 41 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	98
Ilustração 42 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	99
Ilustração 43 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	99
Ilustração 44 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	100
Ilustração 45 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	100
Ilustração 46 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	101
Ilustração 47 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)	101
Ilustração 48 - Alisamentos para os valores periódicos da Aspirina	89
Ilustração 49 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Aspirina.....	90

Ilustração 50 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Aspirina.....	90
Ilustração 51 - Alisamentos para os valores periódicos Ben-u-Ron	91
Ilustração 52 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Ben-u-ron.....	92
Ilustração 53 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Ben-u-ron	92
Ilustração 54 - Cêgripe para alisamentos periódicos.....	93
Ilustração 55 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Cêgripe	94
Ilustração 56 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Cêgripe.....	94
Ilustração 57 - Daflon para alisamentos periódicos	95
Ilustração 58 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Daflon.....	96
Ilustração 59 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Daflon	96
Ilustração 60 - Alisamentos para valores periódicos de Inegy	97
Ilustração 61 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Inegy.....	98
Ilustração 62 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Inegy	98
Ilustração 63 - Alisamentos periódicos para Livazo	99
Ilustração 64 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Livazo.....	100
Ilustração 65 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Livazo	100
Ilustração 66 - Alisamentos periódicos Olsar.....	101
Ilustração 67 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Olsar	102
Ilustração 68 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como inicialização) - Olsar	102
Ilustração 69 - Alisamentos periódicos para o Paracetamol.....	103
Ilustração 70 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Paracetamol.....	104
Ilustração 71 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como inicialização) - Paracetamol.....	104
Ilustração 72 - Alisamentos periódico para o Zolnor	105
Ilustração 73 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Zolnor	106
Ilustração 74 - <i>Holt-Winters</i> (regressão como modelo de inicialização) – Zolnor	106
Ilustração 75 - Alisamentos diários para a Aspirina	107
Ilustração 76 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Aspirina.....	108

Ilustração 77 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Aspirina	108
Ilustração 78 - Alisamentos diários para o Ben-u-ron	109
Ilustração 79 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Ben-u-ron.....	110
Ilustração 80 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Ben-u-ron.....	110
Ilustração 81 - Alisamentos diários para o Cêgripe	111
Ilustração 82 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Cêgripe	112
Ilustração 83 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Cêgripe.....	112
Ilustração 84 - Alisamentos diários para o Daflon.....	113
Ilustração 85 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Daflon	114
Ilustração 86 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Daflon	114
Ilustração 87 - Alisamento diários para o Inegy	115
Ilustração 88 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Inegy	116
Ilustração 89 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Inegy	116
Ilustração 90 - Alisamentos diários para o Livazo.....	117
Ilustração 91 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Livazo.....	118
Ilustração 92 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como modelo de inicialização) - Livazo	118
Ilustração 93 - Alisamentos diários para o Olsar	119
Ilustração 94 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) - Olsar	120
Ilustração 95 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como inicialização) - Olsar	120
Ilustração 96 - Alisamentos diários Paracetamol.....	121
Ilustração 97 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Paracetamol.....	122
Ilustração 98 - <i>Holt-Winters</i> (regressão linear como inicialização) - Paracetamol.....	122
Ilustração 99 - Alisamentos diários Zolnor	123
Ilustração 100 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Zolnor	124
Ilustração 101 - <i>Holt-Winters</i> (média como modelo de inicialização) – Zolnor	124

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Os vários pontos da cadeia em Portugal (Fonte: INFARMED).....	5
Tabela 2 - Margens de comercialização no universo grossista e retalhista, Fonte: (GOV. 2014).....	6
Tabela 3 - Comparação de equações <i>Holt-Winters</i> , Retirado: (Kamisaki, 2009).....	17
Tabela 4 - Custo de Posse em percentagem (%). Fonte: (Ballou, 2004).....	37
Tabela 5 - Índices de desempenho operacional (Fonte: Alves, et al. (2012)).....	41
Tabela 6 - Índices de desempenho económicos (Fonte: Alves, et al. (2012)).....	41
Tabela 7 - Fatores que influenciam os modelos de lot-sizing (Grewal, 1999).....	51
Tabela 8 - Lista de medicamentos selecionados.....	64
Tabela 9 - Comparação de dados da previsão periódica.....	71
Tabela 10 - Comparação das previsões para os dados diários.....	73
Tabela 11 - Cenários do custo de posse.....	78
Tabela 12 - Custos reais por medicamento.....	80
Tabela 13 - Valores comparativos (em %) entre custos reais e das heurísticas - Periódico.....	92
Tabela 14 - Valores comparativos (em %) entre custos reais e das heurísticas - Diário.....	94
Tabela 15 - Dados dos Alisamentos - Aspirina.....	89
Tabela 16 - Dados de Cálculo do modelo Holt-Winters.....	90
Tabela 17 - Dados de alisamento - Ben-u-Ron.....	91
Tabela 18 - Dados de cálculo do Método de Holt-Winters.....	92
Tabela 19 - Dados do Alisamento - Cêgripe.....	93
Tabela 20 - Dados de cálculo do modelo Holt-Winters.....	94
Tabela 21 - Dados de Alisamento - Daflon.....	95
Tabela 22 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	96
Tabela 23 - Dados de Alisamento - Inegy.....	97
Tabela 24 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	98

Tabela 25 - Dados de Alisamento - Livazo	99
Tabela 26 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	100
Tabela 27 - Dados de Alisamento - Olsar	101
Tabela 28 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	102
Tabela 29 - Dados de Alisamento - Paracetamol.....	103
Tabela 30 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	104
Tabela 31 - Dados de Alisamentos - Zolnor.....	105
Tabela 32 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	106
Tabela 33 - Dados diários para a Aspirina	107
Tabela 34 - Dados Ben-u-ron Diários	109
Tabela 35 - Dados de cálculo do Método de Holt-Winters	110
Tabela 36 - Dados Cêgripe Diários.....	111
Tabela 37 - Dados de cálculo do modelo Holt-Winters	112
Tabela 38 - Dados Daflon diários	113
Tabela 39 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	114
Tabela 40 - Dado Inegy Diários.....	115
Tabela 41 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	116
Tabela 42 - Dados Livazo diários	117
Tabela 43 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	118
Tabela 44 - Dados diários Olsar	119
Tabela 45 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	120
Tabela 46 - Dados Diários Paracetamol	121
Tabela 47 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	122
Tabela 48 - Dados Diários Zolnor	123
Tabela 49 - Dados de cálculo do modelo <i>Holt-Winters</i>	124
Tabela 50 - Diferenças percentuais acima da heurística de referência (Periódico).....	125
Tabela 51 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 15% e variação de <i>set-up</i>	129

Tabela 52 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 20% e variação de <i>set-up</i>	130
Tabela 53 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 25% e variação de <i>set-up</i>	131
Tabela 54 - Diferenças percentuais acima da heurística de referência (Diário)	132
Tabela 55 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 15% e variação de <i>set-up</i>	136
Tabela 56 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 20% e variação de <i>set-up</i>	137
Tabela 57 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 25% e variação de <i>set-up</i>	138

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Siglas

FDA – *Food and drug Administration (EUA)*

PVA – *Produto de venda ao armazenista*

MAD – *Mean Absolute Desviation*

MSE – *Mean Squared Error*

VBA – *Visual Basic for Applications*

EC – *Efeito de chicote*

HDMA – *Healthcare Distribution Management Association*

KPI – *Key Performance Indicators*

SMED – *Single item Exchange of Die*

JIT – *Just- in-time*

SPC – *Statistical Process Control*

DoE – *Design of Experiments*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

“GESTÃO DE STOCKS E ENCOMENDAS NO RETALHO DE MEDICAMENTOS”	I
DISSERTAÇÃO.....	II
AGRADECIMENTOS	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVIII
LISTA DE SIGLAS	XXII
ÍNDICE	XXIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTO ATUAL DO SETOR FARMACÊUTICO	2
1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
2.1. PROCURA.....	8
2.2. PREVISÃO	10
2.3. MÉTODOS DE PREVISÃO	13
2.3.1. MÉTODOS QUALITATIVOS	14
2.3.2. MÉTODOS QUANTITATIVOS.....	14
2.3.3. AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PREVISÃO.....	19
2.4. A INFORMAÇÃO COMO CONDICIONANTE NA CADEIA DE ABASTECIMENTO.....	21
2.5. CADEIA DE ABASTECIMENTO	25
2.5.1. LOGÍSTICA INVERSA.....	27
2.5.2. SUBCONTRATAÇÃO GLOBAL.....	29
2.6. GESTÃO DE STOCKS NA CADEIA DE ABASTECIMENTO.....	32
2.6.1. CARACTERÍSTICAS DOS STOCKS	33
2.6.2. CUSTOS INERENTES	35
2.6.3. NÍVEL DE SERVIÇO	38
2.7. INDICADORES DE PERFORMANCE LOGÍSTICOS	40
2.8. FILOSOFIAS: KAIZEN, LEAN THINKING, SIX SIGMA, 5’S.....	43
2.9. MODELOS MATEMÁTICOS DE GESTÃO DE STOCKS	47
2.9.1. STOCKS DE SEGURANÇA	47
2.9.2. MODELOS DE LOT-SIZING	49
2.9.2.1. INTRODUÇÃO	49

2.9.2.2.	PRINCIPAIS MODELOS DE LOT-SIZING	54
2.9.3.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O <i>LOT-SIZING</i>	62
3.	ESTUDO EXPERIMENTAL	64
3.1.	DESENVOLVIMENTO DOS DADOS DOS CASOS DE ESTUDO	64
3.2.	DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE CÁLCULO.....	66
3.2.1.	PREVISÃO	66
3.2.1.1.	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS PERIÓDICOS DE PREVISÃO.....	71
3.2.1.2.	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS DIÁRIOS DA PREVISÃO	72
3.2.2.	LOT-SIZING	74
3.2.2.1.	<i>STOCK</i> DE SEGURANÇA.....	75
3.3.	CENÁRIOS A ANALISAR.....	77
3.3.1.	PERIÓDICO	81
3.3.2.	DIÁRIO	86
4.	ANÁLISE DE RESULTADOS	92
4.1.	OTIMIZAÇÃO	96
5.	CONCLUSÕES E INVESTIGAÇÃO FUTURA.....	102
6.	BIBLIOGRAFIA.....	106
7.	ANEXOS	110
7.1.	ÁRVORE PROPOSTA POR ARMSTRONG, ET AL. (2011)	110
7.2.	CÓDIGOS DE VBA (MACROS)	111
7.2.1.	MACRO MÉDIA MÓVEL	112
7.2.2.	MACRO MÉDIA MÓVEL PONDERADA	112
7.2.3.	MACRO ALISAMENTO EXPONENCIAL	114
7.2.4.	MACRO <i>HOLT-WINTERS</i> (MÉDIA COMO INICIALIZAÇÃO)	115
7.2.5.	MACRO <i>HOLT-WINTERS</i> (REGRESSÃO LINEAR COMO INICIALIZAÇÃO).....	116
7.2.6.	MACRO DOS MODELOS MATEMÁTICOS.....	117
8.	PREVISÕES (ALISAMENTOS E <i>HOLT-WINTERS</i>)	89
8.1.	PERIÓDICOS	89
8.1.1.	ASPIRINA.....	89
8.1.2.	BEN-U-RON	91
8.1.3.	CÊGRIPE	93
8.1.4.	DAFLON.....	95
8.1.5.	INEGY	97
8.1.6.	LIVAZO	99
8.1.7.	OLSAR	101
8.1.8.	PARACETAMOL	103
8.1.9.	ZOLNOR.....	105
8.2.	DIÁRIOS.....	107

8.2.1.	ASPIRINA	107
8.2.2.	BEN-U-RON.....	109
8.2.3.	CÊGRIPE	111
8.2.4.	DAFLON	113
8.2.5.	INEGY	115
8.2.6.	LIVAZO.....	117
8.2.7.	OLSAR.....	119
8.2.8.	PARACETAMOL.....	121
8.2.9.	ZOLNOR	123
8.3.	LOT-SIZING	125
8.3.1.	PERIÓDICOS.....	125
8.3.2.	DIÁRIOS	132

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

A presente Dissertação de Mestrado enquadra-se na conclusão do Mestrado de Engenharia Mecânica – Produção Industrial como projeto final. A temática desenvolvida defende não só interesse pessoal do autor mas, também, salienta a necessidade de otimização a um caso de estudo real.

A acumulação de inventário tem sido parte integrante e, nalguns casos, indissociável da atividade das empresas ao longo dos anos. Não obstante, o forte crescimento concorrencial e a recente crise mundial desencadearam um crescimento nas preocupações e na mudança de mentalidades. A otimização de *stocks* e do dinheiro investido é, nos dias de hoje, olhado como meio diferenciador um pouco por todas as indústrias. Na verdade, a consciencialização de que o capital investido no inventário influencia de forma decisiva o desempenho financeiro das operações foi o mote para novas mudanças. Controlar e adequar esta variável às realidades de cada empresa permite orientar recursos para outras áreas ou simplesmente salvaguardar ativos financeiros.

Esta tomada de consciência pode ser associada aos recentes desenvolvimentos. Os últimos anos têm sido particularmente difíceis a nível global, sendo o comércio a retalho um bom exemplo disso. Bala (2010) confirma um novo cenário denominando os tempos mais recentes como “períodos de alterações profundas na indústria do retalho”. Para além dos acontecimentos macroeconómicos, o autor identifica os dois fatores principais das mudanças de conjuntura como: intensificação concorrencial entre retalhistas e alteração de hábitos de consumo por parte dos clientes. Porém, independentemente das condicionantes que têm alterado os padrões de consumo, a otimização dos recursos ao longo da cadeia de abastecimento nasce, fundamentalmente, de um novo rigor exigido ao setor.

Na mesma ideia, Schwarz, et al. (2011) fundamenta uma evolução na estratégia (bem enraizada) na gestão de inventário por parte da indústria farmacêutica. Contudo, com recurso à componente teórica da gestão de inventários e casos práticos de outras indústrias, este autor propõe uma remodelação dos níveis de *stock* para valores mais baixos. Este objetivo só seria alcançado neste setor executando de políticas concretas nas cadeias de abastecimento.

A necessidade de repensar a forma como é encarada a gestão de inventário foi amplamente discutida, principalmente, na última década. A ideia pré-concebida de que os “inventários são males necessários” sofre, atualmente, grandes discussões (Coelho, 2009), (Bygballe, et al., 2010) e (Govindan, 2014).

Seguindo esta premissa, ao longo deste trabalho, abordar-se-á as novas ideias da gestão e otimização de inventário aplicado a um caso prático do setor retalhista farmacêutico. As preocupações provenientes das últimas décadas têm evoluído para novas perspectivas e abordagens, revolucionando a maneira como os *stocks* são encarados e geridos.

1.1. Contexto atual do setor farmacêutico

O setor farmacêutico tem sofrido alterações significativas nos últimos tempos, resultantes da crise global de 2008, mas não só. O encurtamento dos períodos da vigência de patentes e a concorrência dos genéricos contribuem para alteração do contexto operacional das indústrias farmacêuticas. Contudo, as mudanças não se ficaram por aqui: a criação de entidades reguladoras da indústria, a maturidade do mercado, a diminuição na produtividade em *R&D* levou, nas últimas décadas, a um ambiente mais desafiante (Sousa, et al., 2011). Susarla, et al. (2012) acrescentam ainda a fusão entre empresas e a previsão por excesso em relação a novos produtos desenvolvidos. Para as previsões destes medicamentos foram considerados os dados históricos dos períodos anteriores, com patente, revelando-se sobrestimadas em mercado livre.

Do ponto de vista da produção, as farmacêuticas podem ser divididas em 5 categorias (Sousa, et al., 2011):

- Multinacionais baseadas em *R&D*;
- Produtores genéricos operando ao nível global;
- Empresas locais (basicamente num país);
- Produtores por contrato (sem o seu próprio portfólio);
- Empresas de biotecnológicas (principalmente ligadas a descoberta de medicamentos).

Os mesmos autores explicam a estratégia preferencial das farmacêuticas para atravessar a crise de produtividade: “aumentar o investimento em atividades de negócio como a *R&D* e as vendas - os extremos da cadeia”. Esta estratégia foi implementada pelo próprio crescimento orgânico ou fusões e aquisições, potenciando economias de escala (Sousa, et al., 2011).

Apesar destas alterações e do aumento do investimento, a produtividade continua a diminuir. Na verdade, as receitas na indústria farmacêutica e as vendas são proporcionais às despesas gerais e administrativas. Duas empresas separadas não aumentam a taxa de retorno quando são agregadas, logo, o aumento da receita é proporcional à despesa. Os autores concluem que as empresas só podem aumentar as margens de lucro em relação ao volume e custo, conseguindo ganhos de produtividade na cadeia, ou seja através da otimização logística.

De acordo com Wang (2010), a otimização logística pode potencializar as operações e a minimização de desperdício. A melhoria do setor passa então pela gestão de inventários, planeamento e informação ao longo de toda a cadeia. O autor realça cinco pontos fundamentais explicando cada um deles. São estes:

a. **Inventários excessivos**

Os inventários excessivos são uma das características do setor. Para além da ocupação de espaço adicional em armazém, o manuseamento desta mesma carga incorre em custos adicionais de suporte (Wang, 2010).

Saliente-se que a política de inventário excessivo era recorrente nesta indústria até há poucos anos, resultado da pressão dos laboratórios. A ideia passava pela obtenção de um maior nível de serviço e uma manutenção dos próprios inventários mais baixos, resultando num aumento de inventário a jusante da cadeia (Wang, 2010) e (Schwarz, et al., 2011).

b. **Devoluções de inventário**

Ligadas à deterioração da qualidade ao longo do tempo ou, simplesmente, a ciclos de vida mais curtos. Na indústria farmacêutica é particularmente crítico, devido à perecibilidade e reciclagem ecológica. Este ponto será abordado no presente trabalho onde se irá abordar a “Logística Inversa” (Wang, 2010).

c. **Produção de produtos farmacêuticos**

A produção de produtos farmacêuticos requer reações químicas complexas e processos de fabricação, por vezes morosos, a fim de chegar aos produtos finais. O sistema de produção tem de ser bastante bem pensado e robusto, projetado a partir de requisitos rigorosos da *Food and Drugs Administration* (FDA). Em determinados casos, os engenheiros de processo têm grandes problemas em determinar parâmetros-chave para garantir a estabilidade do processo (Wang, 2010).

d. **Longos Lead-Times**

Acaba por se relacionar com o ponto “a”. As matérias-primas podem ser oriundas de vários pontos do globo, normalmente através de via marítima, transporte habitualmente utilizado. Em casos extremos, os valores podem rondar os 6 meses, originando grandes valores de inventário como salvaguarda (Wang, 2010).

e. **Intensa concorrência**

A intensa concorrência no mercado farmacêutico cria grandes instabilidades. Relacionado com esta temática está uma procura dependente dos mercados locais. A entrada de novos produtos concorrentes, condições socioeconómicas, mudanças políticas e regulamentares da FDA também devem ser fatores a ter em conta (Wang, 2010).

De certo modo, os fatores apresentados traçam um perfil de comportamento global e as especificidades deste setor. No contexto português também se identificam alguns dos problemas identificados Wang (2010). Na última auditoria realizada pelo INFARMED, em 2011, surge um radiografia geral de todo o mercado que gere o medicamento. Desde logo, salta à vista o clima de mudanças, resultantes de alterações legislativas, e os problemas clássicos da gestão de inventário.

Seguindo a tendência global, a indústria farmacêutica portuguesa sofreu os efeitos de um movimento de fusões e aquisições, tendo sido verificado uma diminuição acentuada do número das unidades produtivas (Auditoria, 2011). A mesma auditoria que refere dados do triénio de 2006 a 2009 aborda uma rendibilidade média dos capitais próprios do setor em crescendo, passando de 5,18% para 9,26%.

No mesmo documento a associação nacional de farmácias contrapõe esta ideia de rentabilidade crescente. Segundo esta associação a rentabilidade tem vindo a ser afetada através de ”*investimentos em equipamentos, stocks, instalações e outros, de forma a garantir as normas de conformidade e o serviço à comunidade*”.

Não obstante, é consensual entre os autores a redução nas margens do medicamento para quem o comercializa. Dias (2012) evidencia a acentuada regressão nas margens de comercialização num curto espaço de tempo. Aliás, o aumento das despesas em contraponto com a redução das receitas coloca algumas dúvidas em relação aos intermediários do setor e à sua capacidade de assegurar a disponibilidade dos produtos.

No entanto, a consensual redução de margens de lucro não impediu que entre 2008 e 2012 existisse um aumento em, praticamente, todos os pontos da cadeia em Portugal. Os dados não serão conclusivos em tão curto prazo pois os climas de mudança legislativa e económica poderão não estar representados.

Tabela 1 - Os vários pontos da cadeia em Portugal (Fonte: INFARMED)

	2008	2009	2010	2011	2012
Empresas Farmacêuticas	-	-	311	334	367
Armazéns Medicamentos	345	347	402	406	409
Farmácias	2664	2693	2768	2789	2796
Postos (phar. Extensions)	241	221	154	152	164
Postos de MNSRM	745	838	915	926	950

Em Portugal a tendência da distribuição grossista de medicamentos segue uma forte regulamentação. As margens de ganho por ela definidas variam de acordo com o escalão do medicamento. Ao preço de venda do armazenista é cobrado uma percentagem de lucro aos grossistas e retalhistas (farmácias), sendo a este último acrescido um valor fixo. O Produto de venda ao armazenista (PVA) é definido com valores médios de países de referência.

O contexto de redução progressiva das margens de lucro, conduziu à redução de *stock* nas farmácias, diminuição de custos de imobilização e melhoria da estrutura de custos. A distribuição de medicamentos passou a ser feita várias vezes ao dia, sem acréscimo de custos

para as farmácias. Os distribuidores encaram agora desafios como o nível de serviço, condições dos medicamentos e resposta eficaz aos pedidos, ao menor custo possível (Pereira, 2013). Além do mais, 80% do total dos medicamentos¹ em Portugal dizem respeito à venda em farmácias, sendo necessário um estudo prévio na redução de custos.

Tabela 2 - Margens de comercialização no universo grossista e retalhista, Fonte: (GOV. 2014)

Preço de Venda do Armazenista (PVA)	Grossista	Farmácias
Até 5 €	11,20 %	27,90 %
5,01 – 7,00 €	10,85 %	25,70 % + 0,11 €
7,01 – 10,00 €	10,60 %	24,40 % + 0,20 €
10,01 - 20,00 €	10,00 %	21,90 % + 0,45 €
20,01 - 50,00 €	9,20 %	18,40 % + 1,15 €
Acima de 50,00 €	€ 4,60	€ 10,35

Esta agilização na entrega de encomendas reforça, mais uma vez, a necessidade de repensar a política de inventário. A significativa alteração da estrutura de custos é alterada com estas entregas mais frequentes, não sendo claro uma solução mais adequada. É, aliás, nesses moldes que este trabalho se irá desenvolver.

1.2. Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação apresenta cinco capítulos principais a designar: 1- Introdução; 2 - Revisão bibliográfica; 3 - Desenvolvimento de trabalho prático; 4 - Análise de resultados e 5 - Conclusões. Para além dos capítulos principais apresenta capítulos auxiliares que a ajudam na articulação entre os já foram referidos: Bibliografia e Anexos.

¹ Fonte do INFARMED 2009 - 80% dos medicamentos pertencem ao mercado ambulatorio, sendo o remanescente dos Hospitais (SNS)

O Capítulo 1 é um capítulo introdutório onde se explanam as principais temáticas e estado atual do setor em causa e da gestão de inventários. Este capítulo sintetiza as ideias principais e contextualiza os capítulos seguintes.

O capítulo 2 é bastante extenso abordando o estado de arte de forma mais desenvolvida que o capítulo anterior. Pela sua extensão, este capítulo subdivide-se em temas específicos e bastante importantes: Procura; Previsão; Métodos de previsão; Avaliação dos Métodos de Previsão; A informação como condicionante na cadeia de abastecimento; Cadeia de Abastecimento; Gestão de Stocks na cadeia de abastecimento; Indicadores de performance logísticos; Filosofias: *Kaizen*, *Lean Thinking*, *Six Sigma* e 5'S; Modelos Matemáticos de gestão de *stocks*. É de salientar que todos estes capítulos são abordados sobre uma ótica do setor de farmacêutico.

O capítulo 3 dedica-se ao desenvolvimento das ferramentas de apoio ao cálculo onde são explanados todos os aspetos desenvolvidos no programa *Excel*, bem como as suas justificações. O capítulo 4 analisa os resultados obtidos pelas ferramentas no capítulo 3, existindo ainda um subcapítulo muito importante de otimização de duas heurísticas. O capítulo 5 está dividido em duas partes: desenvolvimento das conclusões e perspetivas de investigação futura.

2. Revisão da literatura

2.1. Procura

A recente conjuntura económica, a maior volatilidade da procura, a redução dos ciclos de vida e a maior diferenciação dos produtos, procuram ir ao encontro das necessidades dos clientes, tendo sido os principais responsáveis da otimização de *stocks* e da sustentabilidade da cadeia de abastecimento em si, segundo Christopher (2005).

Mantrala, et al. (1998) abordam esse problema afirmando que a quantidade ótima a encomendar é afetada pela incerteza da procura. Dias (2012) aborda o carácter imprevisível da procura originando constante desequilíbrio entre oferta e procura. Estas flutuações desencadeiam excesso e escassez de *stock* sendo que, nenhum é vantajoso. Por exemplo, a rutura ou escassez conduz à insatisfação dos clientes e à procura de produtos substitutos.

A variável económica da população é claramente importante, mas deve ter-se em atenção a alternância de preços na procura: a procura tem oscilações com a mutabilidade do preço (Dias, 2012). Agrawal, et al. (2013), falam nas condições socioeconómicas, culturais e demográficas como explicação dos vários tipos de procura para retalhistas semelhantes, logicamente transacionando produtos iguais.

A.Courtois, et al. (2007) caracterizam os dois tipos de procura:

- **Determinística**

A procura determinística é conhecida de antemão. Este é o caso da gestão de *stocks* em ambiente industrial (procura dependente). Por forma a melhorar o entendimento, tome-se como exemplo os parafusos de uma qualquer operação industrial na montagem de um produto: sabe-se quantos produtos se vão produzir diariamente, logo o número de parafusos necessários também. Em suma, estes tipos de produtos não são regulados pelo mercado mas sim pelo plano de produção.

- **Estocástica**

A procura estocástica é conhecida com um certo grau de incerteza. Pode ser trabalhada por métodos qualitativos (estudos de mercado) e quantitativos (distribuição de probabilidades). Então, esta procura é independente e, por esse motivo, regulada pelo mercado, que varia ao longo do tempo sobre várias condicionantes.

Os mesmos autores caracterizam ainda a “tipologia da procura” em:

- **Constante**

Oscila estatisticamente em torno do valor médio ao longo do tempo;

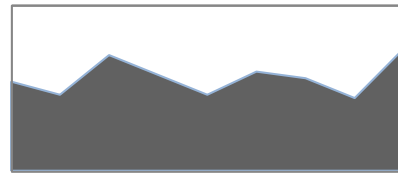


Ilustração 1 - Procura Constante (Fonte: Autor)

- **Tendencial** – oscilação entre um valor, quer seja crescente ou decrescente;



Ilustração 2 - Procura Tendencial (Fonte: Autor)

- **Sazonal** – associado a variações periódicas, claramente mais pronunciadas acima ou abaixo de um valor típico. Normalmente associada a necessidades de feriados ou férias por determinado tipo de produto.

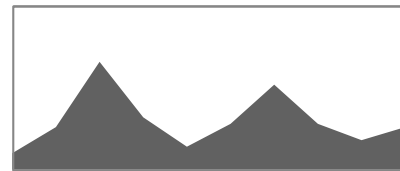


Ilustração 3 - Procura Sazonal (Fonte: Autor)

A diferenciação da tipologia da procura pode ser importante na gestão de inventário. A identificação deste conceito pode, em casos práticos, ser importante no balanceamento de unidades, evitando excessos e ruturas. Como se abordará no tópico seguinte deste trabalho, nas previsões, estes conceitos são particularmente sensíveis e, adquirem importância pelo impacto na escolha e precisão do método de previsão. Sendo a previsão a base de todos os passos de gestão de inventário, o conhecimento da procura e suas dependências não deve estar excluída na otimização de processos na gestão de *stocks*.

2.2. Previsão

Como é do conhecimento geral, o ideal para qualquer tipo de empresa seria produzir exatamente a quantidade que os clientes comprem, sem qualquer interferência e imprevisto. Desde logo esta situação apresenta-se desfasada da realidade pelo que, antecipar futuras encomendas torna-se fulcral. Danese, et al. (2011) salientam que o planeamento da produção, cálculo de vendas, lançamento de novos produtos e promoções são baseados numa previsão fiável por forma a tomar as melhores decisões. Na mesma lógica, Chen, et al. (2011), reafirmam a previsão da procura como crucial para a rendibilidade das operações: uma boa previsão evitará um excesso ou défice de *stock*, melhorando a competitividade da empresa. Susarla, et al. (2012) conclui: “Face à sua conceção, um dos problemas da indústria farmacêutica é a significativa incerteza, estando a chave do sucesso na capacidade de fazer a previsão adequada”

No âmbito geral, as previsões são aplicadas em todas as indústrias que tenham alguma preocupação com o *stock*. Na indústria retalhista, face à sua grande incerteza na procura, essa questão é ainda mais importante. Peterson (2014) diferencia os retalhistas na sua dimensão como grandes e pequenos. Os grandes retalhistas baseiam as suas previsões em curto e longo prazo, enfatizando o planeamento e utilizando os métodos de previsão pela seguinte ordem decrescente de importância: decisões administrativas; força de vendas; séries temporais; regressões e pesquisa. Em oposição, os restantes retalhistas tendem a enfatizar o curto prazo comprometendo-se mais com a orçamentação e tendendo a utilizar, fundamentalmente, as decisões estratégias dos gestores e a força de vendas como previsão.

Bala (2010) refere que o desempenho da gestão de *stocks* depende da precisão da previsão da procura. Segundo o autor a minimização do erro de previsão aumenta a eficiência da gestão, concluindo que o crescimento da indústria retalhista se deve a esta aposta. No desenvolvimento do seu trabalho, o autor acredita que os métodos de séries temporais acrescentam maior precisão no consumo retalhista. Chen, et al. (2011) são da mesma opinião em relação aos grandes retalhistas, acrescentando que os pequenos retalhistas optam pelas previsões da empresa e métodos empíricos (*know-how*).

Apesar de existirem erros nas previsões impulsionados pelo encurtamento dos ciclos de vida, sazonalidade e/ou falta de dados, as previsões são importantes nas decisões

estratégicas da empresa. Por essa razão, os retalhistas, grossistas e professores universitários têm desenvolvido estudos por forma a melhorar a sua precisão (Danese, et al., 2011).

Ao longo da última década o resultado destes estudos têm sido positivos. Chen, et al. (2011) mencionam não só os avanços nos sistemas de previsões nos últimos anos, mas também na sofisticação de sistemas de gestão de *stocks*. Os autores falam agora em novos desafios, como a convergência entre os dois sistemas já que, até então, a tendência das empresas era desenvolver apenas um dos sistemas unicamente, fosse na previsão ou na gestão de *stocks*.

Os retalhistas incorrem num tipo de procura mais desafiante no que respeita à previsão e melhoria da mesma. Kahn e Mentzer (1995, cit. por Dias, 2012) diferenciam a indústria retalhista das empresas industriais quanto à sua forma de encarar a previsão. No caso dos retalhistas, os consumidores são vistos como uma família de consumo uma vez que o bem adquirido é para consumo final. Por seu lado, as empresas industriais, pressupõe a aquisição de bens e/ou serviços para a produção de outros bens e/ou serviços. Este tipo de empresas apresenta um reduzido número de consumidores e, por isso, apresentam uma procura a curto prazo pouco elástica, sendo elástica a longo prazo. No caso dos retalhistas, a situação é exatamente oposta. Por esta razão, a indústria encara a previsão como parte integrante e contínua, muito pela relação mais estreita com os consumidores, pelo seu número e variabilidade decorrente.

Esta relação mais estreita também é salientada por outros autores no caso de venda de produtos idênticos. Agrawal, et al. (2013) abordam o problema da variação da procura em retalhistas, apesar de lidarem com produtos semelhantes. Uma previsão cuidada é defendida pelo autor como resposta a um tipo de procura estocástica e desfasada nos vários pontos. Agrawal, et al. (2013) considera ainda que, deste modo, é conseguido o aumento do lucro dos retalhistas.

Todos os aspetos abordados anteriormente influenciam o retalho farmacêutico e a sua previsão. A.Courtois, et al. (2007) abordam algumas condicionantes do ponto de vista mais lato da previsão. Para além dos aspetos de longevidade temporal da previsão (curto, médio e longo prazo), os autores consideram os variáveis genéricas que permitem escolher um método de previsão:

- Os dados históricos disponíveis sobre o produto;
- A precisão que se pretende da previsão;

- Definir o custo aceitável para a previsão;
- O tempo disponível a realizar.

Os mesmos autores referem a importância de uma previsão agregada por ter um grau de incerteza menor. Por exemplo, a previsão mensal tem um grau de certeza maior do que uma previsão semanal, logicamente. Em paralelo, as famílias de produtos também terão um grau de certeza maior: é mais fácil prever a venda de canetas no seu total do que individualizar a venda por cores. Aumentar o prazo da previsão diminuirá a possibilidade de erro e, assim trazendo benefícios na agregação de famílias.

Para finalizar, Danese, et al. (2011) alertam, com base em vários estudos, que a escolha do método mais adequado de previsão não é, por si só, sinónimo de precisão da previsão. Questões como a gestão de informação na estratégia da empresa e medição da precisão têm importância na qualidade da previsão.

2.3. Métodos de Previsão

De forma geral existem duas grandes famílias de métodos de previsão: qualitativas e quantitativas. O primeiro caracteriza-se por uma metodologia não matemática, interligadas com o conhecimento e subjetividade de peritos, estando ainda, inteiramente ligadas ao estudo de mercados e intenções de compra. Esta vertente de marketing pode ajudar no planeamento e rede de distribuição. Por outro lado, os métodos quantitativos baseiam-se na antevisão da procura futura com cálculos, suportados por dados históricos, (A.Courtois, et al., 2007).

Por norma não é fácil escolher um modelo e adequá-lo ao caso de estudo, no entanto, Chu, et al. (2003) estudam as grandes variações sazonais existentes nas vendas a retalho através da comparação da precisão dos métodos e técnicas utilizadas. Historicamente, o desenvolvimento de modelos de previsão (em que os dados apresentam sazonalidade), resultam no aparecimento de muitos métodos de pesquisa, métodos teóricos e heurísticos nas últimas décadas.

Armstrong, et al. (2011), elaboraram um trabalho extremamente detalhado que, ajuda a compreender as técnicas de previsão e a relação entre si. Na ilustração 4 encontram-se os métodos de forma sintetizada e relacionando-os entre si.

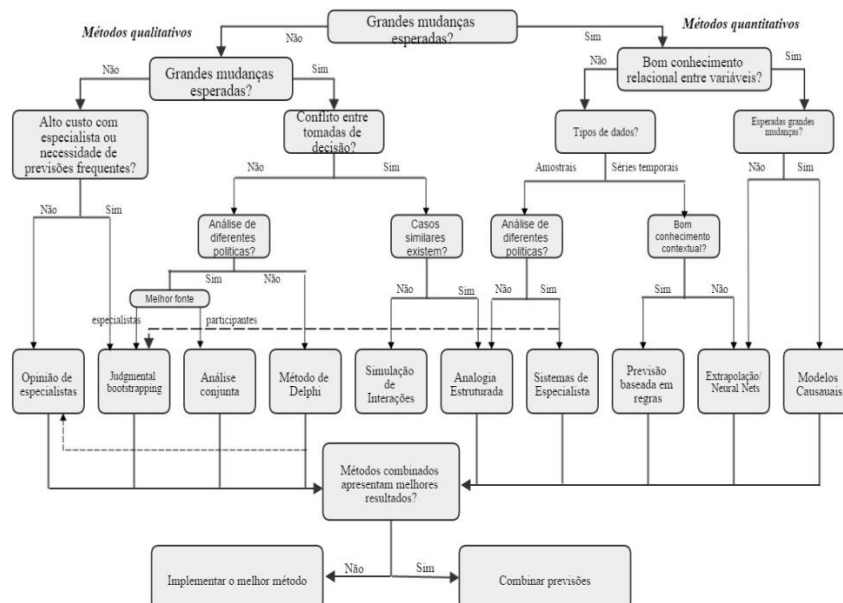


Ilustração 4 - Fluxograma de seleção de Métodos de Previsão (Baseado: Armstrong, et al., 2011)

No caso particular deste trabalho, dar-se-á maior importância às previsões a curto prazo que se destinam à atividade operacional que abrange as atividades: gestão de *stocks*, aprovisionamentos, programação e planeamento. Relativamente aos dados disponíveis, estes são número suficiente para uma análise dos métodos quantitativos, pelo que não serão considerados métodos qualitativos.

2.3.1. Métodos qualitativos

Segundo Armstrong, et al. (2011), estes métodos devem ser utilizados quando não existem dados suficientes. De forma a corroborar a análise pelos métodos qualitativos e uma vez que os dados são insuficientes, pode recorrer-se ao auxílio de estratégias tornando o método mais plausível, sendo elas: pesquisa de intenções ou expectativas (*unaided judgment*), *judgmental bootstrapping*, analogias estruturas e interação simulada e, ainda, “*Focus Group*” (faltando comprovar a eficácia da intuição de gestores e das reuniões não estruturadas).

2.3.2. Métodos quantitativos

Quando há acesso a uma considerável gama de dados, devem utilizar-se métodos quantitativos, entre os principais: extrapolação, analogias quantitativas, previsão baseada em regras e métodos causais. No que respeita aos métodos causais, as regressões são úteis quando há por base uma boa teoria e conhecimento de algumas variáveis-chave. O Modelo Index é útil para problemas de seleção: há muitas variáveis e muito conhecimento sobre as mesmas (Armstrong, et al., 2011).

De seguida serão apresentados os principais métodos quantitativos segundo o trabalho desenvolvido por Armstrong, et al. (2011).

- Extrapolações

As extrapolações requerem apenas dados históricos da variável a prever. Este método matemático é rentável quando é necessário um número considerável de previsões, p.e. quando uma empresa com centenas de itens em *stock* e que necessitam de previsão para os mesmos. Não podem, porém, ser considerados quando os fatores que afetam a variável em questão não são conhecidos.

A expressão matemática que se segue (equação 1) foi retirada de A.Courtois, et al. (2007) para o alisamento exponencial simples:

$$P_n = P_{n-1} + \alpha (D_{n-1} - P_{n-1})$$

[1]

Sendo:

P_n = Previsão para determinado período

α = Valor compreendido entre 0 e 1

D_{n-1} = Procura real do intervalo anterior

P_{n-1} = Previsão do período anterior

O coeficiente α é um valor otimizado pelo operador, variando no intervalo acima referido. No caso da existência de tendência ou sazonalidade, introduzir-se-á um maior número de coeficientes, resultando em alisamentos duplos ou triplos.

De referir que, num trabalho realizado no retalho do medicamento para a mesma empresa que esta dissertação se propõe a realizar, o Modelo *Holt-Winters* foi o modelo mais preciso, por comparação com os restantes. Associando a previsão deste trabalho ao realizado por Antunes, et al. (2014) com o tema “Modelos de Previsão no Retalho do Medicamento”, foi tido em conta o modelo com melhor desempenho, já que os dados são bastante semelhantes.

De referir ainda que as médias móveis e médias móveis ponderadas também se inserem neste âmbito, tanto para efetuar uma previsão de procura, como para alisar dados de uma

previsão - adquirem importância pela simplicidade e objetividade. Neste caso também serão consideradas mais a frente, como forma de comparação.

Para além do cálculo da média aritmética de um número de cálculos, de acordo com a equação 2, retirada de A.Courtois, et al. (2007) e Antunes, et al. (2014):

$$F_t = \sum_{i=1}^n \frac{Y_{t-i}}{n}$$

[2]

Sendo:

F_t = Previsão por média móvel para o intervalo de tempo t ;

Y_{t-i} = Vendas para o intervalo de tempo i ;

n = Quantidade total de intervalos de tempo;

No caso da média móvel ponderada é atribuído um peso diferente a cada dado: os valores mais recentes são atribuídos maior peso em contraposição com os mais antigos (equação 3).

$$F_t = a_0 Y_t + a_1 Y_{t-1} + \dots + a_{N-1} Y_{t-N+1}$$

[3]

Sendo:

$A_{0,1,n-1}$ = Pesos a atribuir a cada valor;

$Y_{t,t-1,\dots}$ = Vendas para o intervalo de tempo i ;

O modelo de *Holt-Winters* apresenta um comportamento em séries temporais com tendência linear, tratando-se de uma composição da componente estacionária, tendência, sazonalidade. Para o modelo funcionar a sazonalidade deve ser conhecida, as sazonalidades devem ocorrer nos mesmos períodos todos os anos e a variação sazonal deve ser maior que a aleatória. Este método pode dividir-se em dois tipos: aditivo e multiplicativo (Tabela 3). No modelo aditivo, a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo. Por outras palavras a, a diferença entre o maior e menor valor de procura dentro das estações do ano permanece relativamente constante no tempo. No modelo multiplicativo, a amplitude da variação sazonal aumenta ou diminui em função do tempo (Kamisaki, 2009).

Tabela 3 - Comparação de equações *Holt-Winters*, Retirado: (Kamisaki, 2009)

	<i>Holt-Winters Multiplicativo</i>	<i>Holt-Winters Aditivo</i>
Nível	$n_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ [4]	$n_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ [8]
Tendência	$b_t = \beta(L_t - n_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ [5]	$b_t = \beta(L_t - n_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ [9]
Sazonalidade	$f_t = \gamma \frac{Y_t}{n_t} + (1 - \gamma)f_{t-s}$ [6]	$f_t = \gamma(Y_t - n_t) + (1 - \gamma)f_{t-s}$ [10]
Previsão	$P_{t+m} = (n_t + b_{t-m})f_{t-s+M}$ [7]	$P_{t+m} = n_t + b_{t-m} + f_{t-s+M}$ [11]
	s – valor de repetição da sazonalidade	f _t – Sazonalidade
	n _t – Nível da série	P _t – Previsão para o período k
	b _t – Tendência	Y _t – Procura
		α, β, γ – Parâmetros exponenciais

- Analogias quantitativas

Quando existe escassez de dados para aplicar um método de previsão é possível recolher dados de uma situação análoga. Por exemplo, a perda de vendas de um medicamento após a quebra de patente, pode ser estudada com dados históricos de um fármaco idêntico, em mercados semelhantes. Neste caso, é extremamente importante escolher bem o fármaco que servirá de base para a situação-alvo, podendo mesmo convidar-se especialistas (Armstrong, et al., 2011).

Armstrong, et al. (2011) fala de um estudo em que é possível reduzir em 20% o erro de previsão através do cálculo da média dos fatores sazonais, utilizando dados de séries semelhantes. A mesma fonte acaba por concluir que, mesmo nos casos de dados disponíveis serem relevantes, os dados análogos permitem melhorar os modelos de coeficientes ou extrapolações.

- Previsão baseada em regras

Permite ao analista introduzir o conhecimento dos gestores com os dados históricos de forma barata e estruturada. Existem muitos casos em que as tendências apenas são extrapoladas quando concordam com as previsões iniciais dos gestores. Os erros tendem a ser maiores quando as forças dos métodos causais se contradizem com as tendências históricas.

Existem muitas características para a escolha de um método: horizontes de previsão, série inicial, limites de variáveis, número de observações, sazonalidade e valores fora do padrão - *outliers* (Armstrong, et al., 2011)

Como o nome indica, este é um modelo regido por regras que permitem estimar modelos de curto e longo prazo, existindo para o efeito cerca de 99 regras.

- “Neural nets”

Estes métodos são projetados para encontrar padrões não-lineares nas séries temporais longas. No entanto, a dificuldade de entender resultados, o facto de ignorar o conhecimento prévio e os resultados apresentados dos trabalhos desenvolvidos, comparativamente com outros métodos, levam o autor a descartar este método (Armstrong, et al., 2011).

- Métodos causais

São métodos como a regressão, método índice e segmentação. Aplicam-se quando os dados das variáveis que possam afetar o ponto de interesse são conhecidos. Neste caso, a parte teórica, pesquisa antecipada e conhecimento de especialistas pode fornecer informações importantes sobre as relações entre variáveis a prever mas, também, das variáveis explicativas da procura (Armstrong, et al., 2011).

Estes métodos são particularmente úteis quando:

1. Existem fortes “relações causais”;

2. São conhecidas as direções dessas relações;
3. Há grandes diferenças nas alternativas de previsão (ex.: candidatos políticos);
4. As diferenças entre as alternativas são conhecidas ou as variáveis causais podem ser melhoradas, respeitando as respectivas direções.

- Regressões

As regressões (ou modelos econométricos) envolvem estimar coeficientes de um modelo causal, a partir dos dados históricos. Os principais princípios para desenvolver um modelo de regressão podem sintetizar-se através de:

- Uso do conhecimento prévio e teórico, não estatístico, para selecionar as variáveis e caracterizar as direções correspondentes;
- Uso de modelos simples;
- Descartar de variáveis à partida, caso existam conflitos de dados resultantes da natureza das mesmas;
- Manter um modelo simples em número de equações, de variáveis e de função.

No caso das regressões, o autor defende que a amortização dos coeficientes favorece a precisão da previsão, especialmente se a incerteza for elevada, série de dados reduzida e muitas variáveis. Aliás, em muitos casos, utiliza-se o amortecimento de coeficientes com pesos iguais (caso extremo de amortecimento), tendo mesmo aumentado a precisão da previsão com modelos em que os coeficientes são ajustados estatisticamente (Armstrong, et al., 2011).

- Método Índice

O método Índice é apropriado a situações com poucos dados da variável a prever, onde existem muitas variáveis importantes e um bom conhecimento prévio sobre o efeito das mesmas. Deve também usar-se algum conhecimento empírico antecipadamente, por forma a determinar a influência direcional das variáveis sobre o resultado. Devido a estas características, os resultados experimentais são altamente recomendados e, caso estes não

existam, recomenda-se a consulta de especialistas na caracterização das variáveis. Caso sejam demasiado ambíguas ou contraditórias, estas não devem ser consideradas.

Dependendo da natureza dos dados, as variáveis podem ser codificadas em 0 ou 1 sendo numa escala mais ampla considerada a melhor. No caso dos dados históricos serem suficientes é possível estimar o modelo de previsão pela regressão do índice com a variável de interesse, tal como as vendas.

O método Index é especialmente útil para problemas de seleção, p.e. determinar/compreender o efeito da publicidade na procura. Nos casos em que uma única variável é mais importante do que as restantes, uma previsão exata pode ser realizada a partir da variável mais importante (Armstrong, et al., 2011).

- Segmentação

Trata-se de dividir a previsão em partes independentes, trabalhando-as com conhecimentos e técnicas de previsão e juntando as mesmas no final. Inicialmente é preciso identificar as variáveis causais mais relevantes, definindo assim os “segmentos”. Definir as prioridades destas mesmas variáveis também é importante.

Para cada variável são determinados “pontos cut” que são depois relacionados com a variável dependente. A maior relação entre estes provoca uma resposta de não-linearidade e por este motivo, deve então usar-se o maior número de pontos possíveis.

O autor refere vantagens da segmentação em relação a regressão. Contudo, os vários segmentos têm de se basear numa qualidade razoável de dados, com poucos erros, por forma a viabilizar uma previsão global de qualidade. Em suma, melhorando as previsões dos segmentos individualmente, aumentar-se-á a precisão global (Armstrong, et al., 2011).

A segmentação com base na seleção de variáveis *à priori*, não oferece maior precisão com um baixo risco. Em vez disso, os especialistas preferem uma abordagem de “baixo para cima”, uma vez que lhes permite usar conhecimento sobre o problema de forma eficaz. O autor refere vários estudos, onde conclui que esta abordagem é mais precisa e contém menos erros. Aliás, Carter e Chitturi (2009, cit. por Armstrong, et al., 2011), apresentam um estudo envolvendo 4 novos tipos de fármacos, envolvendo 3 tipos de modelos de segmentação, e um

que não apresenta. Os três modelos de segmentação apresentaram em média menos erros de previsão a 6,3%, 32% e 61% a 12 meses.

Para concluir, os autores deixam duas notas importantes. Em primeiro lugar a possibilidade de combinar métodos por forma a melhorar a precisão. Esta premissa é verdadeira quando se combina métodos quantitativos com modelos em que há conhecimento dos gestores (Método *Delphi*). A segunda observação de Armstrong, et al.(2011) e também Chu, et al. (2003) vai de encontro à não utilização de métodos complexos. De acordo com vários estudos comparativos, não só não melhoram a precisão como podem ser um motivo de distração. A sua complexidade condiciona o foco da atenção, ignorando erros e aplicando os métodos de forma errada, na fase prática.

Então, devem evitar-se métodos econométricos complexos, ou métodos quantitativos que não usem o conhecimento do domínio (*Neural nets*, regressão passo a passo).

2.3.3. Avaliação dos Métodos de Previsão

A precisão das previsões das vendas futuras das empresas retalhistas pode ajudar a melhorar as operações e cadeia de abastecimento na indústria retalhista (Chu, et al., 2003). Escolher métodos para avaliar a precisão pode ser tão importante como o próprio modelo em si. À partida, a escolha dos métodos mais apropriados com base nos conhecimentos teóricos e de um estudo prévio conduzirá a um modelo mais conveniente. No entanto, como em tudo na área da Engenharia Industrial, a medição dos erros e comparação entre modelos são fundamentais para a continuidade do método. No entanto, a alteração de circunstâncias num determinado caso, poderá provocar uma mudança na precisão do modelo, necessitando de mudanças adequadas.

Kamisaki (2009) aborda os principais erros utilizados da medição da adesão do método previsão a procura. Contudo, para referência futura neste trabalho considerar-se-á os seguintes:

- *MAD – Mean Absolute Deviation*

O MAD é uma forma de mostrar a precisão da previsão utilizando a mesma unidade da previsão (Kamisaki, 2009) e (Antunes, et al., 2014). A equação 12 representa fórmula de cálculo do MAD:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |D_t - F_t|$$

[12]

Sendo:

n- número de valores considerados

t - período em questão

D_t - Valor observado

F_t - Valor previsto

- *MSE – Mean Squared Error*

Este é um indicador que utiliza os erros quadrados médios, logo, muito mais sensível e pode ser usado para a comparação entre modelos (Kamisaki, 2009) e (Antunes, et al., 2014). A equação 13 representa fórmula de cálculo do MSE:

$$MSE = \sum_{t=1}^n e_t^2$$

[13]

Sendo:

n - número de valores considerados

t - período em questão

e – erro calculado

2.4. A Informação como condicionante na cadeia de abastecimento

Os últimos trabalhos desenvolvidos sobre a otimização das cadeias de abastecimento, apontam para a crescente introdução de informação. Amaro, et al. (2008) desenvolveram uma fórmula matemática de otimização no planeamento e programação, onde os “*fluxos de informação inversa*” são fundamentais no setor farmacêutico. A informação sobre os *stocks*, ocorrências operacionais, abastecimento, planeamento, procura é adequada a critérios económicos pré-definidos num determinado universo temporal, possibilitando uma programação e agendamento sequencial nos vários pontos. Citando Schwarz, et al. (2011) “ (...) a informação partilhada dos produtos e serviços nas várias posições da cadeia, trará eficácia e eficiência a todos os pontos da mesma ”.

Também nos materiais que ainda não fazem parte da cadeia, a informação é importante, por exemplo, as informações da procura são cruciais no planeamento das quantidades de materiais para adquirir. Wang (2010) discute a importância da informação para determinar o planeamento da cadeia de abastecimento eficaz bem como estratégias de aquisição de materiais. A não incorporação deste tipo de dados no planeamento causaria um inventário excessivo. A ilustração 5 mostra alguns fluxos diretos e inversos realçando a complexidade de estrutura de cadeia de abastecimento e a necessidade de troca de informação na mesma.

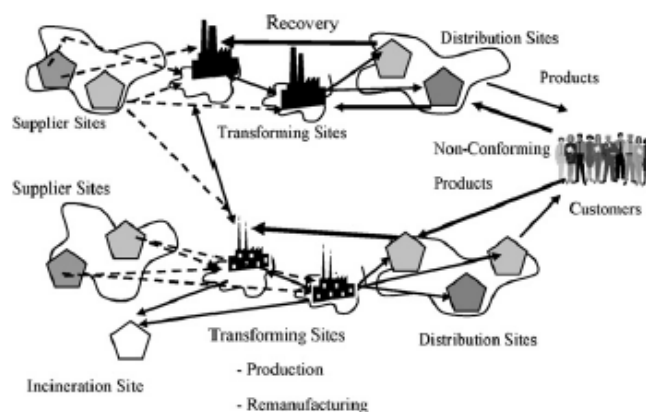


Ilustração 5 - Estrutura da cadeia de abastecimento com fluxo inverso (Retirado: Amaro, et al., 2008)

A própria estratégia da cadeia de abastecimento coordena a reposição dos *stocks* com base nas informações de procura. As grandes oscilações presentes na previsão, ou no nível de procura esperada, e/ou o problema de ter uma quantidade inadequada de inventário tende a agravar-se em toda a cadeia de abastecimento (Wang, 2010).

Os riscos associados a isso, segundo Wang, (2010), são a acumulação do espaço adicional no armazém e os custos adicionais de transporte na gestão dos mesmos. A possibilidade de devoluções de *stock* não deve ser posta de lado, estando este problema associado à deterioração da qualidade do produto ou encurtamento de vida útil.

A própria disposição geográfica vai condicionar a necessidade de informação. Por estes dias, a forma geográfica de toda a cadeia tende significativamente a ser maior. Aliado a isto, a fraca relação na troca de informação poderá originar um fenómeno dominado “efeito chicote” – ilustração 6.

Este fenómeno consiste num aumento da variabilidade das encomendas de jusante para montante, ocorrendo uma grande alternância de *stocks* no ponto final da cadeia, a montante. Em suma, este efeito desencadeia uma multiplicação dos *stocks* nos fornecedores tentando salvaguardar a rotura e criando grandes variações nas entradas/saídas. Lee (1997, cit. por Zhang, 2004), estabelece 5 causas para a ocorrência do EC:

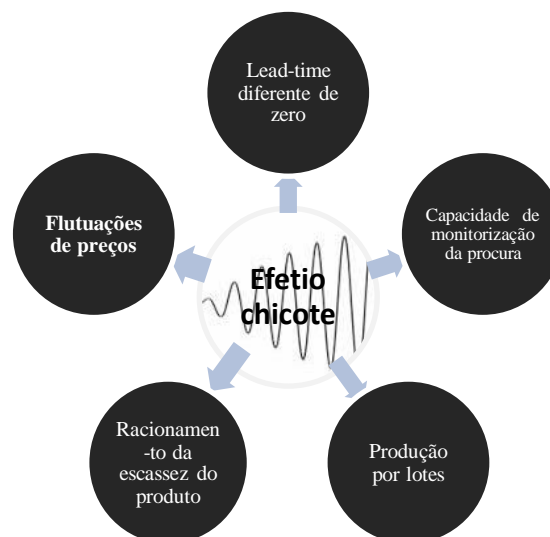


Ilustração 6 - Esquema das causas do efeito chicote (Fonte: Autor)

Pedroso, et al. (2009), caracterizam a evolução das cadeias de abastecimento. Anteriormente uma visão centrada nos fluxos materiais, este conceito desenvolveu-se, sendo

posteriormente introduzidos os fluxos financeiros e de informação. No trabalho desenvolvido, os autores identificam uma característica particular do setor farmacêutico: os consumidores não têm poder de decisão sobre a tipologia do fármaco, portanto, há necessidade de criar dois canais de informação. Um primeiro canal para regular bens, fluxo de informação para o mercado, sendo o outro canal destinado a informação técnica, representado na ilustração 7.

Os autores dão particular atenção à informação dos agentes que criam a procura (aqueles que passam as receitas), mas também à informação dos vários pontos da cadeia para ajudar às várias tomadas de decisão.

A informação sobre a procura deve viajar para montante da cadeia, criando assim níveis de serviço e bens, dando resposta ao mercado. Deste modo, a precisão e rapidez desta informação estão entre as maiores preocupações na gestão de informação. Esta situação é ainda mais importante se a informação técnica fornecida ao mercado pelo canal específico necessitar de um feedback acerca da qualidade e desempenho dos seus produtos. O estilo de consumidor das indústrias tecnológicas e aplicações específicas é extremamente bem informado e exigente. Os novos produtos têm de ser devidamente explicados sobre limitações e aplicações, por forma a evitar reclamações e má imagem aos clientes (Pedroso, et al., 2009). A ilustração 7 é elucidativa das duas cadeias de informação necessárias para conseguir transmitir uma ideia eficaz.

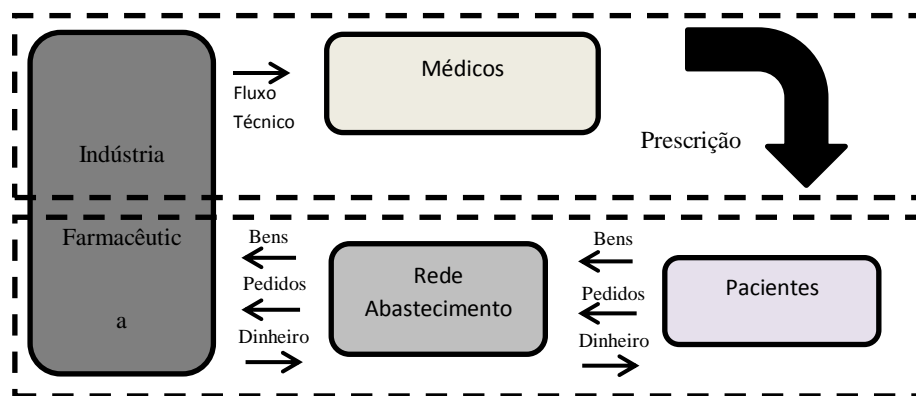


Ilustração 7 - Os fluxos na Cadeia de Abastecimento da Indústria Farmacêutica, Baseado: Pedroso, et al. (2009)

A teoria e prática de outras indústrias têm vindo a demonstrar que a informação ao longo de toda a cadeia tem vindo a aumentar a sua eficiência. Através da possibilidade de acompanhamento da procura e partilha dessa informação com os restantes pontos da cadeia

foi possível, entre outras coisas, a otimização de inventário ajustando-o as realidades. Todavia, Schwarz, et al. (2011) estudaram a primeira década do milênio na indústria farmacêutica dos EUA e concluem que tal fato não ocorreu.

As mudanças regulamentares dos distribuidores do setor levaram à redução dos *stocks*. A aposta de melhores modelos de informação para a cadeia foi uma aposta natural. No entanto, em vez de assegurarem um modelo de controlo dos próprios *stocks* e, dos restantes pontos da cadeia, os gestores utilizaram esta informação para previsões financeiras, fins promocionais e vendas. Ao invés da diminuição, a quebra no volume de negócios levou ao aumento dos inventários. Ainda assim, a má utilização de informação não justifica o aumento de inventário, por si só. De acordo com Schwarz, et al. (2011) eis as causas principais:

- Longos ciclos de produção;
- Lotes de produção fixos (grandes quantidades);
- Atrasos na aprovação da qualidade (atrasa a previsão e congela a produção);
- Incapacidades dos gestores entenderem o potencial da gestão de *stocks*;
- Aumentos dos *stocks* dos laboratórios com receio de baixo nível de serviço e, conquista de novos mercados, após a entrada da regulamentação.

2.5. Cadeia de abastecimento

A gestão da cadeia de abastecimento, também conhecida como “*supply chain*”, tem sido considerada como um excelente meio para aumentar as margens de lucro (Sousa, et al., 2011). A convergência de sinergias tais como marketing, vendas e logística têm proporcionado a reflexão e a potencialização dos recursos, proporcionando uma estratégia de sucesso. Segundo Pedroso, et al. (2009) a interação da logística e marketing tem sido reconhecida como uma mais-valia para a organização, regulando um bom fluxo de bens, serviços e informações pelos vários pontos da cadeia.

Na fase inicial da cadeia de abastecimento, as indústrias têm vindo a deparar-se com a necessidade de balancear a capacidade futura, com as exigências da previsão. A incerteza bastante vincada do setor farmacêutico, associada aos ensaios clínicos dos novos fármacos e da atividade concorrencial, aumento das regulamentação e diminuição das margens de lucro, tornam bastante complexo o planeamento da capacidade produtiva e decisões de investimento em infraestrutura (Shah, 2004).

Susarla, et al. (2012) também abordam as mudanças do setor, nomeadamente a queda de patentes, fusão de empresas, regulação rigorosa, entre outros. A aplicação de economias de escala e a gestão de recursos (instalações, materiais, informação, entre outros) foram os passos iniciais, numa indústria que não era conhecida pela otimização da cadeia de abastecimento.

Segundo Wang (2010) e Susarla, et al. (2012) as empresas farmacêuticas caracterizam-se pelo “alto nível de inventário”. Esta característica pretende garantir uma disponibilidade sobre oportunidades inesperadas, como por exemplo as calamidades. Shah (2004) fala dos altos níveis de inventário característicos do setor como método de salvaguarda do dinamismo lento entre os elos da cadeia de abastecimento.

Shah (2004) enfatiza algumas estatísticas, que ajudam a perceber o fenómeno:

- *Pipeline stocks* – caracterizam-se pelos stocks em trânsito entre pontos de cadeia de abastecimento, que ainda não foram adquiridos pelo consumidor final. Na indústria farmacêutica este *stock* situa-se entre os 30-90% da procura anual;
- A rotação de stocks (vendas anuais/média do stock) está compreendida entre 1 e 8;

- Tempo de ciclo na *Supply chain* (entrada de matéria-prima e saída como produto acabado) oscila entre as 1000 h e as 8000h;
- A eficiência do material utilizado e o aproveitado varia entre 1 e 10 %.

Como se pode verificar pelos números anteriormente mencionados, este setor de atividade apresenta várias especificidades, nem sempre fáceis de equacionar. Susarla, et al. (2012) referem que a grande variedade dos produtos e a passagem de linha entre operações, podem impossibilitar o tratamento computacional do problema. Aliás, existe alto nível de complexidade na obtenção de sustentabilidade económica.

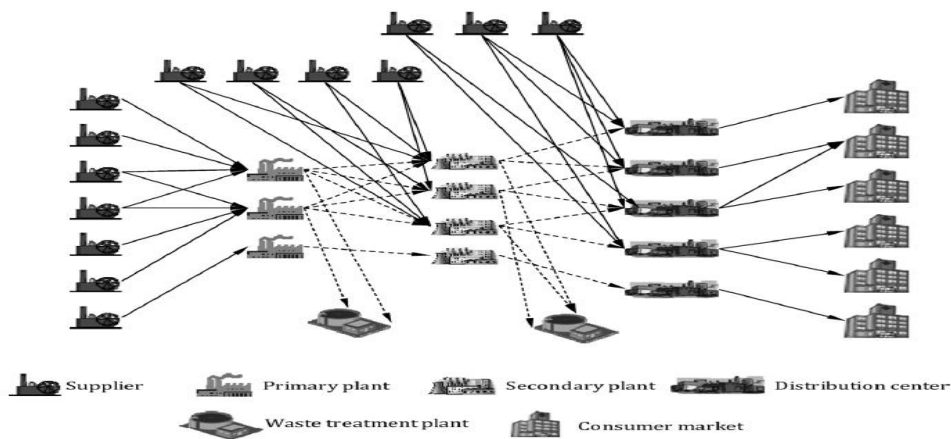


Ilustração 8 - A Cadeia de abastecimento tradicional da indústria Farmacêutica; Fonte: Susarla, et al. (2012)

Como se pode na ilustração 8, a cadeia de abastecimento requer trocas frequentes de matérias-primas, produtos intermediários, produtos finais, embalagens, etc. Dentro desta gama de operações, Susarla, et al. (2012) realça os custos associados:

- Custos operacionais decorrentes da atividade;
- Tempo;
- Administrativos (preparação, acompanhamento e receção de encomendas);
- Procedimentos regulamentares;
- Taxas de importação;
- Impostos corporativos;
- Preços de transferência entre pontos da cadeia de abastecimento.

Segundo Shah (2004), os problemas associados à estratégia e *design* de uma cadeia de abastecimento na indústria farmacêutica são os seguintes:

- Linhas de produção – seleção dos potenciais fármacos a desenvolver e o planeamento das atividades associadas;
- Desenvolvimento do processo produtivo – investigação dos fluxos de fabrico e criação dos processos industriais;
- Capacidade de planear e implementar uma rede ou vários pontos da cadeia de abastecimento;
- Equipamentos e layout – seleção dos principais equipamentos e unidades de armazenamento;
- Incerteza na procura pelos fármacos - devido à concorrência dos laboratórios e à incerteza na capacidade de proteger a vida do produto, através de novas fórmulas;
- A incerteza dos stocks “pipeline” dos novos fármacos - fundamentalmente quanto ao seu sucesso nos ensaios, à sua dosagem e ao regime de tratamento;
- Desenvolvimento dos processos produtivos – um dos problemas mais complexos nesta área. A otimização de processos químicos na produção nem sempre é atingida. Por vezes, a lentidão dos processos leva ao desfaseamento entre taxas de entrega e ciclo de produção dos lotes, sendo o principal problema no planeamento da atividade de produtiva;
- Planeamentos de capacidade – os grandes tempos de produção levam a tomadas de decisão em alturas de grande incerteza. Esperar por alturas menos conturbadas poderá inviabilizar vendas futuras;
- A geografia da rede – em algumas situações as implicações fiscais sobrepõem-se às questões logísticas. As motivações económicas do alargamento da rede geográfica da cadeia de abastecimento, potenciam complicações a médio prazo na logística de operações.

2.5.1. Logística inversa

Genericamente, a logística inversa é o oposto da gestão da cadeia de abastecimento, na medida em que regula os fluxos de bens do consumidor para determinado ponto da cadeia.

Segundo Kabir (2013) a logística inversa pretende minimizar os custos de movimentação de processos de destruição ou de processos com valor acrescentado. São exemplos destas movimentações: falhas na garantia; produtos danificados; enganos no processamento/expedição de encomendas; materiais com embalagens reutilizáveis ou produtos com necessidades de *upgrading*.

Amaro, et al. (2008) falam do aumento da consciencialização da sociedade para com os aspetos ambientais e em como esse aspeto desenvolveu uma cadeia bidirecional. Kabir (2013) acrescenta motivações concorrenciais de *marketing* (vantagem competitiva) e, no caso particular da indústria farmacêutica, regulamentares. Todavia, a logística inversa é um grande entrave financeiro. Estima-se que a gestão de fármacos se situe nos 2,5 mil milhões e, o valor dos produtos processados ronde os 5 mil milhões de dólares, nos EUA (Kongar, et al., 2014). Já a taxa de retorno de produtos farmacêuticos para eliminação, reciclagem e redistribuição de produtos se situe entre 3 e 4 %².

Na indústria farmacêutica, a logística inversa funciona de maneira diferente das restantes indústrias. Os fármacos ou produtos devolvidos raramente são reencaminhados para a produção ou revendidos mas sim devidamente eliminados. Associado a isso, Kabir (2013) relata alguns dos problemas na gestão deste processo:

- Necessidade de maior precisão no rastreamento de lotes;
- Dimensionamento de lotes e o controlo de qualidade;
- Manutenção de uma cadeia de abastecimento a baixa temperatura;
- Armazenamento e tratamento adequado;
- Anticontrafação.

Tradicionalmente, os produtos são devolvidos da farmácia, hospital ou grossista para os retalhistas, que posteriormente os enviam para um terceiro elemento que os destrói. À validação da encomenda pelo retalhista, acresce a devolução de comissões à entidade que o devolve. Por fim, aquando da destruição, o relatório deve ser mantido *online* para efeitos de regulamentação, tentando evitar duplicações do processo, desvios de envio, etc. Porém, a logística inversa tem um desafio adicional: os produtos que realmente devem ser creditados têm de ser autorizados, quantidades e tamanhos validados e, números de lote devem coincidir com o documento original (Kabir, 2013).

² Fonte: Healthcare Distribution Management Association (HDMA)

Poderá existir ainda um caso de produtos a que Kabir (2013) chama de “*recalls*”. Em tudo similares às devoluções, mas com um maior carácter de urgência e maior complexidade burocrática. Poderá ter de ser sujeito a análises para apurar a causa de inconformidade, seja defeito no laboratório, armazenamento ou outra. Desde logo salta à vista a enorme quantidade de tempo e informação desta operação, à qual estão associados custos.

2.5.2. Subcontratação global

Numa abertura global a novas economias e mercados, a escolha de países onde a produção é consideravelmente mais barata encara-se como um fator de diferenciação competitiva importante. Também os grossistas e retalhistas se inserem neste contexto, sendo aliás, os principais visados das vantagens/desvantagens da cadeia de abastecimento multinacional. Contudo, a lógica desta alternativa economicista que vai ao encontro da redução de custos (bastante favorável à partida) choca com algumas questões importantes que, embora não sejam impeditivas, merecem ser ponderadas antecipadamente.

Muitas empresas, especialmente multinacionais, possuem estruturas comerciais complexas em que, para fins tributários, as fábricas, propriedades intelectuais e centros de distribuição são considerados entidades diferentes. Isso traz mais flexibilidade na otimização da cadeia, uma vez que permite a prática de diversas políticas de preços diferentes (Sousa, et al., 2011).

A típica cadeia de abastecimento farmacêutica está associada a produtos com alto valor económico, por unidade de massa. Estes produtos dividem-se em duas etapas de fabricação: fabricação primária para o ingrediente ativo de produção e, fabricação secundária para formulação e embalagem. Como muitos produtos de alto valor, os ingredientes ativos são geralmente produzidos em pequenas quantidades e em alguns locais centralizados em todo o mundo (Sousa, et al., 2011).

Segundo Lena E. Bygballe (2010), uma das questões principais passa por compreender se a atratividade dos preços não resvala numa cadeia de abastecimento rudimentar e desadequada, disparando assim os custos logísticos – balanceamento exemplificado na

ilustração 9. Tradicionalmente, as dificuldades logísticas nestes países originam custos com *lead times* muito elevados: aumento dos custos administrativos, custos relacionados com o desenvolvimento de uma estratégia global, incerteza e risco na cadeia (C.J. Gelderman, 2006).

Como é compreensível, os tempos de encomenda mais extensos e uma logística menos eficaz, aliada a um certo grau de incerteza, atribuem uma certa “rigidez” ao longo da cadeia. De forma mais concreta, Christopher, et al. (2006) desenvolvem a mesma ideia num estudo no universo retalhista, no País de Gales, onde concluem que os “tempos de entrega são até quatro vezes superiores”. Distâncias de transportes mais longos aumentam os tempos de encomenda e incerteza na entrega, levando muitas vezes ao aumento de inventário a jusante da cadeia. Outro custo que tende a aumentar é o administrativo definido pelo acompanhamento e processamento de encomendas. Dentro desta ideia, Trent, et al. (2003) estimam que “um quarto dos custos unitários que se poupam na subcontratação de outras empresas é gasto em orçamentação”, exemplificando bem os custos “ocultos” diluídos nestas situações.

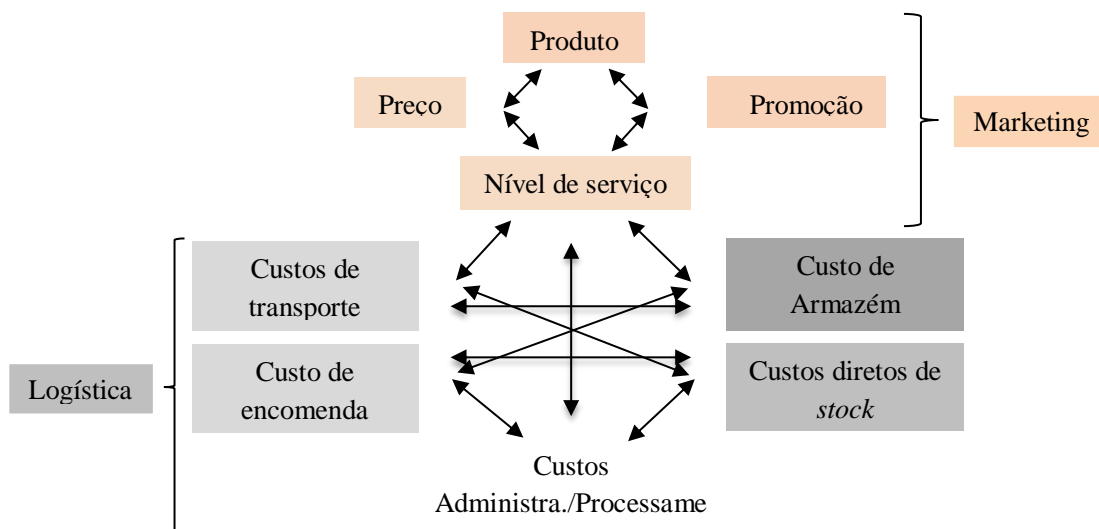


Ilustração 9 - Balanço entre Custos/Nível de serviço. Baseado: Stock, et al. (1987)

Paradoxalmente, os baixos custos associados a países em desenvolvimento poderão disparar custos de encomenda, posse, administrativos e de processamento, por exemplo. De acordo com Bygballe, et al. (2010) realçam a necessidade dos gestores em analisar os custos totais de cada cadeia de abastecimento em particular. Posteriormente, tendo em conta os objetivos de *marketing* e o serviço ao cliente devem balancear os custos, obtendo uma solução otimizada. Tomando como exemplo, a redução dos custos logísticos deve ser, na sua globalidade, a minimização do inventário para *stocks* mínimos (que desencadeará entregas

mais frequentes), o que fará disparar os custos associados (administrativos, de processamento e transporte, por exemplo).

Ainda assim, há que ter em conta a agilidade da cadeia de abastecimento. Lee (2004) alerta para os perigos de uma cadeia de abastecimento demasiado focada no custo e na velocidade de processamento, sem margem e agilidade para alteração de mudanças no consumo e não só. A título de exemplo: empresas que lançam encomendas apenas em contentores cheios, tendem a não acompanhar as flutuações de mercado (procura), originando incapacidade de resposta, consequentemente rutura de *stock* e perda de vendas. A tentativa de redução de custos e de tempos de encomenda unitários podem, eventualmente, originar situações deste género

A última década foi extremamente desafiante para a logística, devido às sucessivas ameaças tais como ataques terroristas, epidemias, catástrofes naturais e guerras. Todas estas situações atingiram determinados pontos da cadeia no planeta, influenciando ou bloqueando parte de toda a *supply chain* (Lee, 2004). Não só em situações extremas como estas, mas também na melhoria do processo e produto/ nível de serviço, os fornecedores desempenham um papel fulcral (Trent, et al., 2003). Este papel é reforçado em produtos com ciclo de vida curto e grande variedade de produtos, existindo necessidade de criar constrangimentos de inventário e, assim, evitando produtos obsoletos e grandes inventários e tempos de entrega longos (G. Persson, 2006).

2.6. Gestão de stocks na cadeia de abastecimento

Ao longo do seu trabalho Dias (2012) fala dos *stocks* como parte fundamental, tanto na alteração dos preços, como na amortização de variações de *stock* a curto prazo. No entanto, funcionando em sentido oposto, os custos associados e o ciclo de vida dos produtos, devem ser tidos em conta ao longo da cadeia. A tipologia do produto e sobretudo, um design robusto da cadeia são fatores apontados por Wang (2010) para garantir um nível de *stock*. Bygballe, et al., (2010) reforça que numa conjuntura como a atual, “a indústria a retalho sofre tremendas pressões ao nível global, originando grandes pressões na redução de custos” .

Os custos intrínsecos na gestão de inventário são certamente um fator a ter em conta na otimização de uma cadeia de abastecimento, pois são de diversas naturezas e acarretam várias consequências. Todavia, as vantagens de um *stock* são indissociáveis e indiscutíveis, permitindo um desfasamento entre a procura e produção.

Os vários tipos de artigos condicionam significativamente a gestão de *stock*: o espaço de armazém, o volume, a variedade e quantidade são alguns exemplos.

O caso da obsolescência é um dos grandes problemas associados aos produtos de ciclo de vida curtos. Cada vez mais estes produtos têm de ser extremamente bem geridos, para que não haja excesso *stock* nos vários pontos da cadeia. Ainda assim, sendo produtos com um ciclo de vida curto, a não venda por falta de *stock* (rotura) pode comprometer a venda futura, mesmo aquando da reposição do mesmo.

Para além do último conceito, ainda existe a noção de perecibilidade: caso dos produtos alimentares que requerem outras condições de transporte e armazenamento (humidade e temperatura) (Esteves, 2011).

Os diferentes tipos de indústria retalhista e grossista apresentam, logicamente, diferentes tipos de *stocks*, tornando a compreensão dos mesmos, importantes para a indústria. Segundo Tavares (1996, cit. por Soutinho, 2009), quer seja um produto, equipamento, peças sobressalentes ou consumíveis, os grandes investimentos requerem um tratamento especial.

Não existe um modelo de gestão de inventário universal para todos os casos mas sim, vários estudos e modelos que pretendem balancear prioridades - tipologia dos produtos e/ou

políticas da empresa. Após uma análise generalista, atribuir-se-á maior enfoque no setor retalhista da indústria farmacêutica.

2.6.1. Características dos stocks

Segundo A.Courtois, et al. (2007) de forma genérica, as principais causas para a criação de *stocks* são:

- a. Má qualidade das previsões;
- b. Excesso de prudência nos *stocks* de segurança;
- c. Irregularidades produtivas;
- d. Desequilíbrio de cadências na produção;
- e. Tamanho nas séries de fabrico.

Na gestão de inventários é importante desmistificar o aparecimento de inventário. O mesmo autor refere ainda que os *stocks* podem surgir de uma forma pensada e estratégica, ou de uma forma arbitrária, distinguindo-se dois grupos: voluntários ou deliberados (A.Courtois, et al., 2007). Na ilustração 10 estão inumerados alguns exemplos:

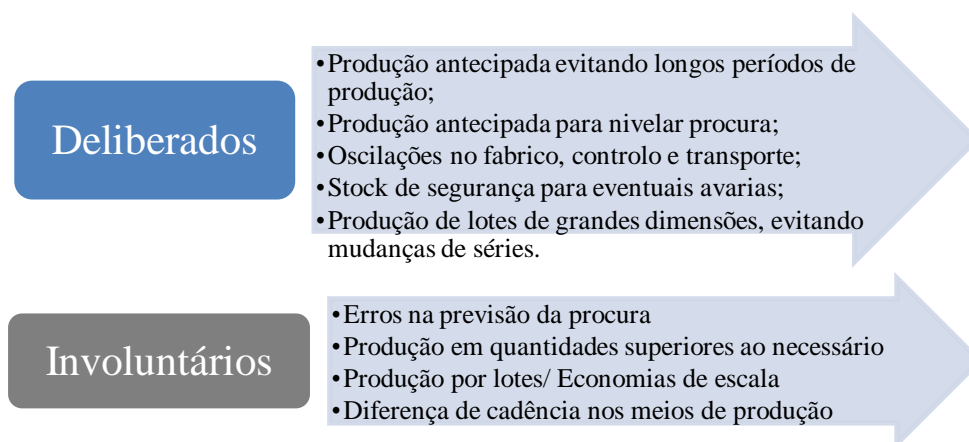


Ilustração 10 - Stock deliberado e involuntário (Fonte: Autor)

Na ótica da gestão de operações todos terão a sua importância, mas será importante o conhecimento detalhado dos *stocks* que resultam do planeamento estratégico – ilustração 11.

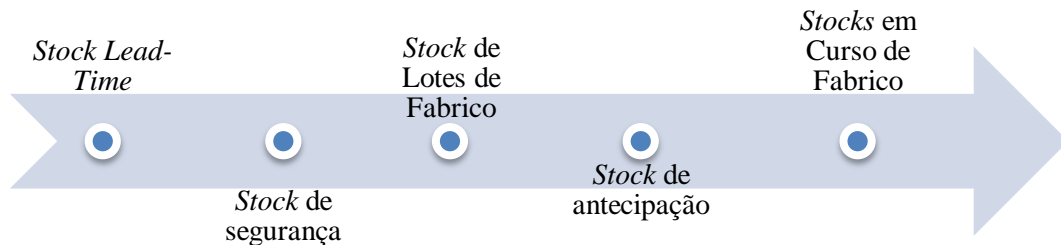


Ilustração 11 - Tipos de *stock* (Fonte: Autor)

- *Stocks em Curso de Fabrico*

No contexto industrial, existe a necessidade de algum *stock* intermediário entre as células de fabrico. Os vários níveis de cadência proporcionam desfasamento entre as várias etapas dos processos produtivos, somando ainda acontecimentos como a avaria de máquinas e equipamentos ou necessidade de transporte mais demorado.

- *Stock Lead-Time:*

Dependendo da política implementada e das indústrias, poderá existir um *stock* para satisfazer a procura após o lançamento do pedido de fornecimento, até à chegada do mesmo, no caso de este ser diferente de zero.

- *Stock de segurança:*

As previsões da procura estão sempre associadas a uma margem de erro pelo grau de incerteza associado à procura (estocástica), podendo ocorrer rutura. Por conseguinte, este tipo de *stock* articula a componente de incerteza entre duas reposições sucessivas.

- Stock de Lotes de Fabrico:

Este tipo de *stock* resulta da necessidade da indústria moderna produzir uma grande quantidade de produtos por cada lote: economia de escala e/ou imposições tecnológicas. A economia de escala resume-se à diminuição do custo unitário de um produto, à medida que o lote aumenta. As imposições tecnológicas derivam de alguns processos exigirem a produção de uma quantidade elevada de um produto, ou quantidade mínima de produção.

- Stock Sazonais ou de antecipação:

Estes *stocks* traduzem a necessidade de compensar as variações dos preços em certos períodos ao longo do ano. Não se trata de *stocks* que resultam de descontos por quantidade (apesar das promoções por quantidade também serem importantes), mas antes de um *stock* por oportunidade. Um produto pode ser adquirido em determina “época baixa” onde não é valorizado e vendido posteriormente quando a especulação fizer subir o preço, com aumento da taxa de lucro. Outra razão para este tipo de *stock* prende-se com limitações produtivas: produz-se todo o ano e vende-se numa determinada estação.

2.6.2. Custos Inerentes

Dependendo de cada autor, na manutenção de inventário existem várias designações de custos, alterando a forma como são calculados. Contudo, independentemente da forma como são considerados, os diferentes custos concorrem entre si, não sendo claro o balanceamento ótimo entre eles. Por forma a ajudar neste problema e porque existe a tendência de calcular por defeito, evidenciam-se as definições de cada custo, para permitir uma melhor compreensão dos mesmos.

- Custo de Encomenda

Integralmente suportado pela gestão de *stocks*, este custo engloba os custos administrativos de uma empresa (emissão e acompanhamento da encomenda). O custo de encomenda é considerado um custo fixo, não varia com o volume de encomendas realizadas. De forma prática, este custo anual é dividido pelo número de encomendas feitas nesse período.

No caso de artigo ser produzido pela empresa, contrapondo à situação inicial, este custo denomina-se por custo de arranque ou *set-up* (custos necessários à alteração do processo produtivo).

Neste trabalho considerar-se-á o custo de encomenda e custo de compra separado. Porém alguns autores agregam estes dois no custo de encomenda. Mais especificamente, o custo de encomenda engloba as seguintes categorias: processamento de encomenda, mudança de *set-up*, acompanhamento de encomenda, custo de transporte (caso seja considerado à parte), custo de receção e verificação de encomenda.

- Custo de compra

Valor pago aos fornecedores pelos bens adquiridos. O custo de compra funciona como referência do fluxo financeiro entre fornecedores e compradores que, associado aos restantes custos, elucida do capital imobilizado na manutenção de *stocks*.

- Custo de Posse

O custo de posse está associado a um custo unitário de produto em *stock* por unidade de tempo. Estes custos dividem-se em duas categorias: diretos e indiretos.

Entende-se por custo direto a aquisição de *stock* em maiores ou menores quantidades, consoante as políticas e filosofias da empresa. Contudo, importa ter especial atenção de que uma maior área acarreta um maior custo fixo, existem custos unitários como os seguros e a possível deterioração que impedem as vendas futuras.

Por outro lado, os custos indiretos prendem-se com o capital investido. Este capital não pode ser reinvestido até o produto ser vendido, considerando-se um investimento “parado” com a perda de juros e manutenção associada. A desadequação de inventário à realidade também é considerada um custo indireto, sendo a escassez uma causa de insatisfação dos clientes.

Ballou (2004) subdivide este custo em percentagem, proporcionando uma distribuição do peso das variáveis no custo de posse global – tabela 4.

Tabela 4 - Custo de Posse em percentagem (%). Fonte: (Ballou, 2004)

Divisão do custo de posse	
Custo por oportunidade	82%
Obsolescência	14%
Armazenamento e Movimentação	3,25%
Taxas	0,5%
Seguros	0,25%

Pelas razões apresentadas, os custos de posse não se apresentam fáceis de calcular. Contudo, autores e *experts* calculam este custo para retalhistas e indústrias produtoras entre 25% e 55% do valor de *stock* total. Na escolha da percentagem mais adequada pesará a perecibilidade dos produtos e no próprio investimento em inventário (Lok15).

- Custo de rutura

O custo de rutura (ou procura não satisfeita imediatamente) define-se como um padrão de procura superior ao *stock* e à capacidade de fornecimento da empresa. Esta situação pode levar a duas hipóteses: o cliente aguarda a reposição da encomenda, ou simplesmente recorre à concorrência.

No caso da rutura em que o cliente aguarda a reposição de *stock* o principal custo indireto é a deterioração da imagem da empresa. Já que no que respeita aos custos diretos, a

ruptura de *stock* acarreta questões como a manutenção da carteira de clientes (administrativos), custo de imobilização de equipamentos (em alguns casos) ou taxas de aquisição de equipamentos urgentes.

2.6.3. Nível de serviço

Do ponto de vista da logística, Ballou (2004) considera que o serviço ao cliente é o resultado de todos os processos da cadeia de abastecimento e atividades logísticas. O autor organiza o planejamento logístico num triângulo onde no centro se apresenta o nível de serviço, estando nos vértices as componentes: *stock*, transporte e localização. Na verdade, o nível de serviço é um balanceamento entre estas atividades, adequando os custos de cada um, consoante o nível de serviço desejado.

Na ilustração 12 é possível visualizar a proporção dos “custos totais”, “custos de transporte, processamento de encomenda e *stock*” e “custos de vendas perdidas” em função da percentagem do nível de serviço. Será ajustado notar que a cada nível de serviço se atribui um conjunto de custos logísticos alternativos. Também à medida que o nível de serviço é aumentado proporcionalmente às atividades, a taxa de custos tende a aumentar.

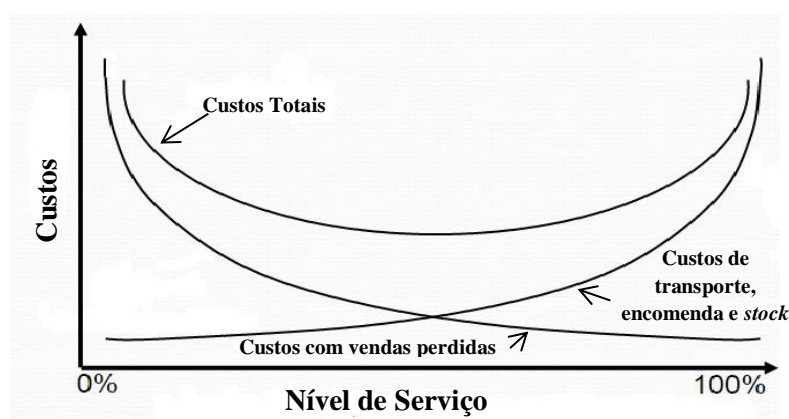


Ilustração 12 - Balanceamento entre custos e nível de serviço (Fonte: Ballou (2004))

Anteriormente em capítulos como a “Procura” e “Previsão” salientou-se a complexidade em manter *stocks* em níveis aceitáveis com a dificuldade da procura. Se a esses

casos juntarmos as expectativas dos consumidores em relação à disponibilidade dos produtos e à necessidade de maximizar o lucro, entende-se a dificuldade em relacionar todas as variáveis.

Contudo, Ballou (2004) caracteriza a gestão de *stocks* como a probabilidade de satisfação de encomendas com base no uso do stock e da sua disponibilidade. Esta probabilidade ou nível de serviço pode ser caracterizada pela seguinte fórmula [14]:

$$\text{Nível de serviço} = 1 - \frac{\text{Procura esperada não satisfeita}}{\text{Procura esperada no período } n}$$

[14]

De notar que este valor é expresso entre 0 e 1, sendo a porção de procura satisfeita a partir do inventário disponível, num dado período.

Esteves (2011) também apresenta uma alternativa a esta fórmula. Medindo a probabilidade do inventário disponível ser suficiente para satisfazer a procura, num dado período, obtêm-se fórmula [15]:

$$\text{Nível de serviço} = \text{Prob}\{\text{procura no período } n \leq \text{stock no período } n\}$$

[15]

Do ponto de vista prático Ballou (2004) classifica os vários indicadores que contribuem para um bom nível de serviço:

- Receção de pedidos:

Mínimo, máximo e a média do processamento;

% Processamento dos pedidos nos tempos definidos.

- Precisão da documentação:
% de documentação sem erros.

- Inventário e disponibilidade do produto:
% de rutura de *stock*;

% de encomendas completas;

Reclamações por perda ou dano em percentagem com os custos de transporte.

- Produtos danificados:

Devoluções sobre o total de encomendas;

Valor das devoluções no total das vendas.

- Tempo de Produção/Armazenamento:

Mínimo, máximo e média do tempo de processamento de encomendas.

2.7. Indicadores de performance logísticos

Alves, et al. (2012) abordam a medição de desempenho como: “um conceito multidimensional de um conjunto de fatores e medição das tomadas de decisão”. O impacto das estratégias, podem assim, ser avaliadas através de fatores e indicadores de performance.

Os KPI's (*Key Performance Indicators*) são a designação reconhecida, internacionalmente, para estes indicadores. No que à cadeia de abastecimento diz respeito, existe um KPI bastante importante, os *lead times*, pelo impacto que o aumento deste pode influenciar nos processos. Porém, seguem os indicadores gerais mais utilizados:

- Os principais desempenhos operacionais, aplicados às indústrias na generalidade são:

Tabela 5 - Índices de desempenho operacional (Fonte: Alves, et al. (2012))

Desempenhos Operacionais	
Qualidade	Taxa de rejeições (% de produtos rejeitados)
	Taxa de defeitos (detetados na fábrica)
	Aumento da qualidade dos produtos
Satisfação do Cliente	Eficiência do serviço pós-venda
	Taxa de reclamações dos clientes
	Taxa de rutura de <i>stock</i>
Entrega	% Entregas a tempo (<i>on time delivery</i>)
	Fiabilidade da entrega (nº de reclamações na entrega)
	Capacidade de resposta a entregas urgentes
Tempo	<i>Lead time</i> do pedido
	Tempos de ciclo
	<i>Lead time</i> da entrega
Níveis de Inventário	Unidades Equivalentes de produto acabado
	Nível de <i>stock</i> de segurança

- Os principais desempenhos económicos, aplicados as indústrias na generalidade são :

Tabela 6 - Índices de desempenho económicos (Fonte: Alves, et al. (2012))

Desempenhos Económicos	
Custo	Flexibilidade do novo produto
	Custos de produção
	Custos por hora de laboração
Eficiência	Despesas extra
	Despesas operacionais
Ganhos ambientais	Receitas/Ganhos com os produtos verdes
	Receitas/Ganhos com a reciclagem
	Custos de prevenção ambiental

	Custos com sucata
	Multas e contraordenações
Gastos Ambientais	Custos de comprar produtos amigos do ambiente
	Custos de eliminação de resíduos
	Custos de reciclagem (transporte, armazenagem,...)

Estes indicadores são adaptados a cada situação, dentro desta área de gestão de *stocks*, para além da fórmula (1) do nível de serviço, as seguintes fórmulas também são muito utilizadas (Soutinho, 2009):

$$\mathbf{Cobertura\ de\ stock} = \frac{\text{Quantidade de stock disponível}}{\text{Quantidade média consumida por unidade de tempo}} \quad [16]$$

$$\mathbf{Rotação\ de\ stock\ anual} = \frac{\text{Quantidade média consumida anualmente}}{\text{Quantidade de stock disponível}} \quad [17]$$

2.8. Filosofias: Kaizen, Lean Thinking, Six sigma, 5's

A Indústria farmacêutica enfrenta uma "mudança radical" mas a sua produção precisa de se tornar mais ágil – a sua resposta tem sido bastante limitada (Korakianiti, et al., 2010). A qualidade é, por estes dias, um dos temas mais abordados na área da produção e gestão de operações, como fator de diferenciação entre empresas. Contudo, no setor farmacêutico este é um conceito novo (Torkko, et al., 2013). De forma sucinta, neste tópico, abordar-se-ão alguns conceitos dentro desta temática, não sendo explicados todos na sua plenitude.

Apesar do *Lean Management* ser um conceito recente, McComas, 1995 enumera um número de passos que servem de divisa para reduzir o desperdício no inventário e nas compras:

- Rever os critérios de compra para avaliar as características de inventário;
- Comprar apenas a quantidade de matérias-primas necessárias para os lotes de produção ou um período de tempo;
- Estabelecer boas relações com os fornecedores para facilitar no processo de compra;
- Melhorar o controlo de *stock* através da aplicação de sistemas de controlo eficazes;
- Incentivar o intercâmbio de materiais dentro da empresa;
- Considerar na produção o *Just-in-time* (JIT);
- Incentivar a coordenação entre a equipa de compras e produção.

Já em 2002 a FDA, incentivando a adoção de novos avanços tecnológicos nos sistemas de qualidade, define a dois conceitos (Korakianiti, et al., 2010):

- Focar a produção e distribuição segundo algumas especificações e indicadores numéricos;
- Produtos e serviços de qualidade são, simplesmente, aqueles que satisfazem as expectativas do cliente para seu uso ou consumo.

O segundo ponto acaba por ir ao encontro de outros estudos que referem que: “as medidas na produção não devem apenas medir a eficiência na produção, mas levar em conta o impacto nos clientes”(Torkko, et al., 2013).

Segundo Korakianiti, et al. (2010), Torkko, et al. (2013) as pressões do desempenho na produção farmacêutica estão a emergir através de avanços tecnológicos, iniciativas regulatórias do setor e exemplos de sucesso noutras indústrias.

Dados percentuais exploram a temática da qualidade na industria farmacêutica apontam para (Korakianiti, et al., 2010):

- A percentagem de produtos rejeitados ou reproduzidos ser de cerca de 50%;
- A média dos *stocks* em espera variar entre 40-60 dias;
- Os tempos de ciclo situarem-se entre 30-90 dias. O ponto de estrangulamento de produção, os laboratórios, poder adicionar 75% ao tempo total;
- Custos com a má qualidade contribuirão entre 15 a 30 % para o total dos custos;
- A aplicação de métodos de *six sigma* permitir concluir que 80% dos problemas de qualidade poderiam ser evitados na fase de projeto.

Os estudos demonstram que as empresas farmacêuticas têm um mercado centrado no cliente. A adoção de novas tecnologias ao longo das suas infraestruturas e introdução de metodologias *lean e Kaizan*, propocionaram uma cadeia mais ágil e com um melhoramento contínuado.

O *lean manufacturing* acrescenta uma elevada qualidade para o cliente numa abordagem de "*just in time*", onde uma quantidade de ferramentas é utilizada num ambiente enriquecedor para o trabalhador. Estes conceitos marcaram um ponto de viragem nas ideias enraizadas da produção em massa e economias de escala: uma rede mais flexível nos fluxos, eliminação de todas as atividades sem valor acrescentado (excesso de produção, *stocks* excessivos, etc.). Na ilustração 13 podemos observar os princípios do *lean thinking*. Todas as etapas podem ser amplamente exploradas nesta indústria, mas o segundo e terceiro pontos podem ser, à partida os mais interessantes.

No estudo realizado por Coelho (2009), o autor identifica na gestão da cadeia na indústria farmacêutica, como principais problemas, a procura versus *stock* e monitorização da produção versus o planeamento.

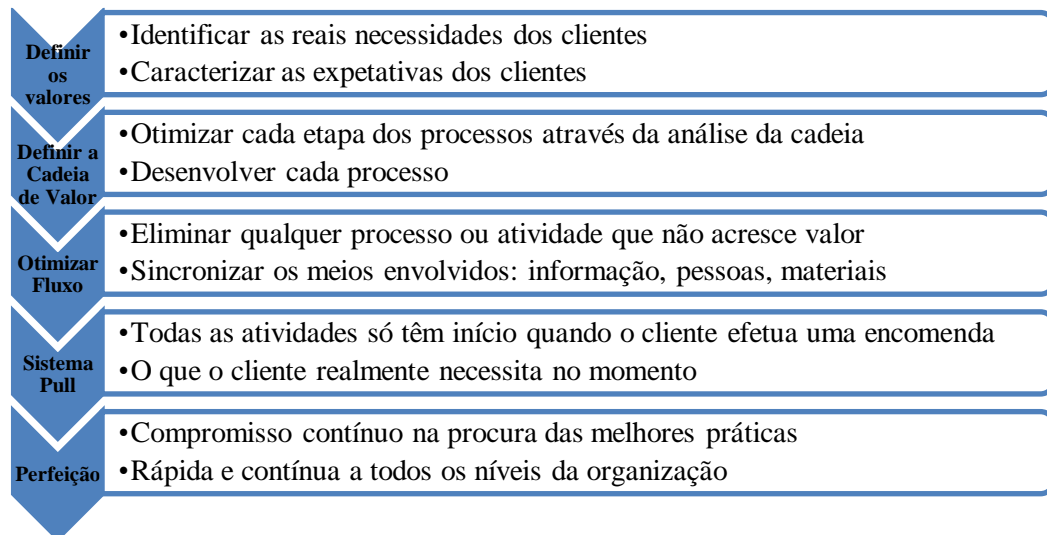


Ilustração 13 - Princípios *Lean Thinking*, Fonte: Autor

Outro trabalho aborda a subprodução como maior inimigo por evitar e impedir o pensamento *Lean management*, originando um excesso de *stock*. Junior, et al. (2010) realça que a redução de *stock* ao longo dos processos diminui o tempo de produção. Como não é necessário produzir lotes tão grandes, o tempo de troca de processo também é reduzido. Se a isto se somar a técnica de Single Item Exchange of Die (SMED) reduzindo o tempo de máquina parada, a vantagem dos lotes de grandes dimensões desaparecem.

Os mesmos autores, dão ainda maior enfoque à redução de *stocks* com a diminuição de investimento e recursos adicionais. A diminuição do tempo de ciclo permite maior margem de tempo, nas etapas finais de embalamento e processamento. Também Wang (2010) salienta a redução de *stocks* da matéria-prima, nestes casos, como forma de evitar a expiração do material.

Fiorioli, et al. (2009) enumeram as consequências do excesso de inventário ao longo de uma cadeia de abastecimento com a procura e *lead-times* estocásticos:

- Baixos níveis de serviço;
- Vendas perdidas por rutura de inventário;
- Aumento dos *stocks* de segurança;
- Reprogramação da produção para cobrir emergências;
- Ineficiência de recursos associadas a todos estes fatores.

Korakianiti, et al. (2010) salientam que: “a qualidade não vem da inspeção, mas da melhoria dos processos”. A variabilidade dos processos é identificada como um grande problema na indústria farmacêutica, pela FDA. Na generalidade, este é identificado como o grande problema de qualidade na fabricação de bens ou prestação de serviços. A variabilidade de processos pode ser introduzida por pessoas, equipamentos, matérias ou métodos (afetando custos dos produtos, processos e rendibilidades em casos extremos a satisfação do cliente).

Na mesma ideia de melhoria de performance, a redução de custos e de ciclos de produção só conseguem ser implementadas como um trabalho multidisciplinar (qualidade, produção, etc.) na troca de informação e *Know how*. No entanto, a fraca troca de dados é característica do setor farmacêutico, utilizando apenas 10% da informação recolhida ao longo dos processos, na implementação de melhorias dos mesmos (Korakianiti, et al., 2010 e Torkko, et al., 2013).

A abordagem estatística do processo pode dividir-se em três princípios fundamentais: todo o trabalho ocorre num sistema de processos interligados, a variação existe em todos os processos, e a compreensão e a redução da variação são as chaves para o sucesso. Do ponto de vista geral, os elementos centrais do pensamento estatístico são a geração de dados, a extração de informações relevantes a partir desses dados e a utilização dessas informações para a tomada de decisão ótima. A implantação desta abordagem requer o uso de algumas ferramentas muito específicas como o *Statistical Process Control (SPC)* e o *Design of Experiments (DoE)*.

2.9. Modelos Matemáticos de gestão de Stocks

As indústrias retalhistas e grossistas deparam-se com grandes problemas para determinar a quantidade ótima de cada produto. Ballou (2004) conjectura que 80% do custo total por posse em *stock* está relacionada com a perda de oportunidade perdida do capital investido. Os altos níveis de *stock* condicionam capital importante o que pode ser um entrave à orgânica das empresas (Susarla, et al., 2012).

Como se observou em capítulos anteriores, as práticas da indústria farmacêutica, ao nível do *stock*, encontram-se desfasadas das necessidades e do nível de informação, desenvolvimento e tecnologia que já existe hoje em dia. O alto nível de *stocks* ocorre ao longo de todos os pontos da cadeia, existindo altos níveis de stock desde as matérias-primas até ao produto acabado (Wang, 2010).

Neste capítulo do trabalho abordar-se-ão alguns modelos matemáticos que permitem calcular a variável Q^* (quantidade ótima). No caso deste trabalho, abordar-se-ão os modelos mais avançados aplicados à procura estocástica característicos da indústria farmacêutica (Shah, 2004). Desde logo o desenvolvimento da heurística de *Wagner-Within* em (1958) que principiou a filosofia do *lot-sizing* num ambiente cíclico mas também heurísticas mais simples.

2.9.1. Stocks de Segurança

O *stock* de segurança pretende sempre salvaguardar a probabilidade de rutura no período entre o lançamento da encomenda e o da disponibilidade real no inventário (lead time). Este tipo de *stock* é balanceado, sobretudo, pelo nível de serviço que se pretende prestar e pelo *lead time* característicos do (s) produto (s). Govindan (2014) no seu estudo assume um *stock* de segurança na procura estocástica por forma a evitar o “stock-out”. O *stock* de segurança deve ser calculado com base na variabilidade da procura, maior que zero, mas com um certo tempo de reposição e com o objetivo de alcançar um nível de serviço ao cliente específico.

A equação 18 sintetiza o cálculo geral para o *stock* segurança:

$$ss = k\sigma\sqrt{LT}$$

[18]

Sendo:

k – inverso do nível de serviço em %

σ – Desvio-padrão da procura

LT – Lead Time da encomenda

Para introduzir um *stock* de segurança num modelo de cálculo é necessário entender as variáveis em questão. No caso de se utilizar o Modelo ponto de encomenda com procura e *Lead time* variáveis deve utilizar-se a seguinte equação 19 (Ballou, 2004):

$$s = \sqrt{LT\sigma d^2 + d^2 \sigma LT^2}$$

[19]

Nesta fórmula (Equação 19) converge o *lead time* e procura multiplicado pelo desvio-padrão das mesmas variáveis. Johanson (2014) fala no cuidado a ter na aplicação de fórmulas do *stock* de segurança sem conhecer o problema. Este autor fala da fórmula abaixo enunciada (Equação 20) como uma das mais utilizadas nos dias de hoje. Mesmo assim, não deixa de salvaguardar que esta não deve ser utilizada se a taxa de falha, quantidade de encomenda e ponto de encomenda forem constrangimentos importantes no negócio.

$$s = k\sqrt{LT\sigma d^2 + d^2 \sigma LT^2}$$

[20]

Sendo:

k – inverso do nível de serviço em %

σ – Desvio-padrão da procura

LT – Lead Time da encomenda

A utilização do nível de serviço é prática comum, sendo um *input* importante na diminuição ou aumento da quantidade de *stock* de segurança. Lokad (2015) fala em níveis de serviço de referência para os retalhistas na ordem dos 95%. O problema dos custos associados ao *stock* de segurança é uma função exponencial: um nível de serviço de 100% é equivalente, matematicamente, ao *stock* infinito. Como exemplo, o autor refere que a subida de 95% para 97,5% exige o dobro do *stock* de segurança para valores similares.

2.9.2. Modelos de Lot-sizing

2.9.2.1. Introdução

Um dos principais problemas para os gestores nas organizações industriais e comerciais é o dimensionamento das compras, de acordo com as suas instalações e situação do mercado. A este respeito, os custos associados concorrem em sentidos opostos, não sendo claro as quantidades a encomendar e quando encomendar.

O principal objetivo do planeamento e controlo de inventário passa por analisar os custos já que essa gestão é essencial no serviço do cliente. A gestão dos inventários procura manter o mínimo de *stock* para reduzir o custo total, potenciando o lucro. Keramati, et al. (2015) abordam o conceito de *lot-sizing* identificando-o com o objetivo de encontrar uma política ideal. As heurísticas estudadas podem ajudar a alcançar, ao longo do plano de produção, o cálculo da quantidade de stock em cada período e a minimização do custo de *set-up* (mantendo o custo de posse aceitável).

Na gestão de algumas variáveis em simultâneo (como no caso do *lot-sizing*) acabam por surgir situações mais complexas, como é o caso da alternância da procura e das quantidades de encomenda que são reconhecidas por Pujawan (2004) como aspectos sensíveis

na cadeia de abastecimento, particularmente no retalho. Para além dos inconvenientes associados, o autor destaca o impacto financeiro associado. Na base desta preocupação, o autor compara heurísticas de *lot-sizing* que ajudam na compreensão de uma melhor política.

Johansen (1999) também incentiva a utilização de heurísticas quando o ambiente de procura e de quantidades a encomendar é variável. Em casos de maior estabilidade da procura, o autor considera o dimensionamento de lotes como muito confiável, para os períodos imediatos, mesmo com modelos determinísticos. A necessidade de estudo e optimização ocorre em ambiente estocástico, não sendo claro, à partida, o modelo a utilizar.

Gupta, et al. (1992) falam no *lot-sizing* como um desenvolvimento industrial e académico de sucesso, alicerçado pelo crescimento da computação na resolução de problemas. Grewal (1999) considera o desenvolvimento destes tipo de modelos como a resposta às perguntas permanentes na manutenção de inventário: “Quando?” e “Quanto?”. O *lot-sizing* é a compra ou produção de itens em larga escala, conseguindo a partir desse volume vantagens na eficiência de custos, descontos de quantidade, curvas de aprendizagem e economias de escala.

Govindan (2014) fala no dimensionamento de lotes (*lot-sizing*) como políticas de reabastecimento, realizadas em determinados períodos de tempo, balanceando os custos de posse, transporte e *set-up*. Tradicionalmente, os modelos de optimização de performance em tarefas repetitivas diminuem custos na produção, diminuem tempos e reduzem inventários. Por outras palavras, a eficiência do sistema de reposição, gestão de fornecedores, monitorização de inventários e tomadas de decisões nas compras são “fatores decisivos para o lucro de retalhistas e grossistas”, necessitando de ferramentas adequadas.

Na extensa revisão de bibliográfica, Govindan (2014) aborda várias metodologias desenvolvidas nos últimos anos, salientando especificidades da indústria farmacêutica. Ao longo do tempo, as variabilidades estocásticas estão presentes entre fornecedores, compradores e nos próprios produtos. Nesta indústria é bastante comum juntarem vários produtos semelhantes (famílias específicas), focando a optimização com base numa procura estável.

Tempelmeier (2007) altera o paradigma no dimensionamento de lote na tentativa de o optimizar. O autor aborda a introdução de constrangimentos como o nível de serviço, tornando modelos mais complexos. Deste modo o autor define o nível de serviço como a probabilidade de, num fim de um período, o valor de inventário não se tornar negativo. Tunc, et al.(2014) justificam a introdução de níveis de serviço em ambientes industriais (com

procura estocástica e não estacionária), abastecimentos fixos (longas viagens) e/ou onde as paragens de produção são bastante dispendiosas.

O grande problema dos modelos dinâmicos estocásticos é determinar a quantidade que satisfaça as variações no tempo, acautelando custos de atrasos, níveis de serviço, posse e *setup*. As ordens de encomenda são lançadas de modo a minimizar o custo total esperado no horizonte temporal, garantindo a pré-definida probabilidade de ruptura (Tunc, et al., 2014) e (Tempelmeier, 2007). Nos retalhistas, a procura estocástica num planeamento finito leva a períodos independentes, não necessariamente com a mesma distribuição (Tunc, et al., 2014).

Grewal (1999) fala dos problemas e variáveis associadas a concepção de heurísticas. Como se pode ver na tabela 7, para além das diferentes tipos de procuras, existem múltiplos fatores que permitem uma diversificação das heurísticas e, conseqüentemente, diferentes resultados.

Tabela 7 - Fatores que influenciam os modelos de lot-sizing (Grewal, 1999)

Nº Itens	Item único	Reconhece um tipo de produto de cada vez. Se a taxa procura sofrer alterações a cada período, então o problema torna-se <i>lot-sizing</i> dinâmico.
	Multi-Item	Agrupamento de um número de produtos simultaneamente com características em comum.
Nº de armazéns	Único	Apenas uma localização de stock
	Multi-Armazéns	Vários pontos de localização de stock
Frequência da revisão	Periódica	A encomenda é feita em pontos discretos no tempo, com uma determinada periodicidade
	Contínua	A encomenda pode ocorrer a qualquer altura
Horizonte temporal	Finito	Considera-se a procura por um número finito de períodos
	Infinito	Sem limite de períodos

Lead Time	Zero	colocação e recepção de encomendas instantânea
	Maior que zero	Assumo-se algum valor até a disponibilidade de encomenda
Capacidade	Limitada	Há restrições de capacidade sobre a quantidade produzida ou encomendados
	S/Limitações	Capacidade é assumida como ilimitada

Mediante um tão grande número de variáveis, não é estranho encontrar um número extenso de modelos teóricos, algoritmos genéricos e heurísticas. As principais razões para a diversidade/adaptabilidade dos modelos matemáticos, segundo Govindan, (2014):

- A política de revisão alterna-se entre revisão contínua, revisão periódica;
- Parâmetros de controlo variam entre a quantidade de inventário, média de *stock*, frequência de reposição, ponto de encomenda, stock mínimo ou máximo.
- Procura – estocástica ou determinística.

Govindan (2014), adaptando a heurística de *Silver-Meal*, dividiu os testes em dois grupos: baixa variabilidade e grande variabilidade da procura. Para cada tipo de procura foram ainda testados dois ajustamentos: um aumento da quantidade e um modelo com *stock* de segurança. Note-se que em caso de procura determinística, não existe necessidade de utilizar modelos tão complexos.

A principal conclusão do seus estudos experimentais foi que a utilização da heurística de *Silver-Meal* com stock de segurança, incorre em menores custos globais, independentemente do tipo de cadeia de abastecimento (Govindan, 2014). Ainda na comparação que é feita com o modelo Least Unit Cost (LUC), a adaptação de *Silver-Meal* também apresenta vantagens. Govindan (2014) baseia-se também na análise de sensibilidade dos parâmetros-chave, concluindo que o aumento da procura do mesmo produto possibilita a redução de custos. Uma procura mais intensa possibilita uma consolidação de encomendas originando datas de reposição comuns.

Também numa comparação entre as heurísticas LUC e *Silver-Meal*, Pujawan (2004), procura tirar ilações sobre as quantidades de encomenda. O autor chega a conclusão que a heurística *Silver-Meal* apresenta maior estabilidade entre períodos de encomenda ou, por outras palavras, pontos de encomenda. Ao invés, as quantidades de encomenda tendem a apresentar maior variação em relação ao LUC. No caso de os custos totais serem próximos, a opção por uma maior estabilidade das quantidades a encomendar passaria pelo LUC e vice-versa.

No caso de Baciarello, et al.(2013) o seu estudo comparativo é mais alargado, identificando grandes diferenças de performance entre os vários algoritmos. Por exemplo, os tradicionais modelos como o *lot-for-lot* e o *EOQ* são considerados inferiores em termos de performance. *Silver Meal* e *Period Order Quantity* (POQ) apresentam maior “eficácia entre custos e robustez”.

Na mesma revisão bibliográfica o autor cita um estudo comparativo entre cerca de 9 heurísticas. Num intervalo de 4 a 20 períodos, com custos de posse e encomenda fixos e procura variável com distribuição de gauss, a heurística Wagner-Within (WW) apresenta melhores comportamentos. Por outro lado, neste caso particular, o LUC apresentam o pior resultado de todos os 9 modelos. De referir que estas análises funcionam apenas neste cenário (Baciarello, et al., 2013).

Associada à indústria química e farmacêutica, Ho, et al. (2007) desenvolvem aplicações de heurísticas condicionadas a uma taxa de deteriorização química, característica destes setores. Entre as heurísticas consideradas (algumas desenvolvidas de acordo com o problema), *Silver-Meal* sobrepõe-se a *Least Unit Cost* (LTC) com uma percentagem de desvio da solução ótima menor. De todos os modelos considerados, as duas referidas anteriormente obtiveram melhores resultados, onde também se inseria o LUC.

Na mesma base, Maas (2013) desenvolveu um trabalho comparativo entre as performances de LUC, *Silver-Meal*, LTC, bem como heurísticas secundárias derivadas destas. Como resultados gerais, todos os modelos originais seguiram uma linha de comportamento espectável. As surpresas surgem nas heurísticas derivadas, onde o modelo *Silver-Meal* foi único a apresentar piores resultados, comparativamente com os modelos genéricos.

No trabalho realizado por Gupta, et al.(1992) os autores consideram várias heurísticas onde os custos de posse são constantes, variando os custos de ruptura e *setup*. Para além de

concluírem que, para casos onde o custo de ruptura é inferior, as heurísticas atingem melhores performances, em comparação com o modelo de referência WW obtiveram:

1. *Silver-Meal* e POQ foram as melhores heurísticas, 4% acima de WW.
2. LUC e LTC obtiveram valores superiores na ordem de 8%
3. EOQ com um valor superior de 70% em relação a solução ótima.

2.9.2.2. Principais Modelos de Lot-sizing

No contexto deste trabalho, consideram-se os seguintes modelos e heurísticas de lot-sizing:

- **Lote-por-Lote**

O modelo de lote-por-lote não apresenta qualquer complexidade associada ao cálculo das quantidades encomendadas. A quantidade de encomenda de cada período corresponde ao valor da procura desse mesmo período.

Os constrangimentos deste modelo são óbvios: fraca otimização de custos fundamentalmente associados ao *set-up*. Mais, em poucos os casos práticos é possível um *lead-time* de espera de encomenda tão curto que viabilize este método. Keramati, et al. (2015) direciona a utilização deste método para casos onde o custo de posse seja elevado e o custo de lançamento de encomenda e *set-up* muito baixos.

Apesar das grandes limitações e constrangimentos de aplicabilidade consideradar-se-á este modelo pela sua simplicidade matemática e conceptual: funcionará de referência e como comparação para os outros métodos.

- **Economic Order Quantity (EOQ)**

O modelo EOQ foi utilizado pela primeira vez em 1915, por Harris. Wilson em 1934 desenvolveu um estudo estático onde calculou os pontos de encomenda com base na equação 6, popularizando-a (Grewal, 1999).

A aplicação da conhecida fórmula que reuniu os custos considerados na manutenção de *stocks* é facilmente compreendida e funciona como cálculo da dimensão da encomenda. Porém, nos vários estudos comparativos de modelos dinâmicos, esta heurística apresenta, de forma consistentemente, os piores resultados. Grewal (1999), fala num método utilizado para calcular um ponto de encomenda ou quantidade e assumindo a procura constante.

A equação que permite calcular EOQ é a seguinte (Equação 21):

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

[21]

Sendo:

D, procura no período k;

S, custo de encomenda;

h, custos de posse por período

k, indicador de período

- **Wagner-Within**

O modelo de Wagner-Within surge da necessidade de redução de inventários e sobreprodução num período histórico muito específico. A fase imediatamente subsequente à 2ª guerra mundial caracteriza-se por um novo período na produção: as quantidades de determinados produtos não eram absorvidas pelo mercado, como em período de guerra (Grewal, 1999). Em 1958, foi desenvolvido o algoritmo de *Wagner-Within* onde se proponha

otimizar as encomendas em ambiente estocástico, com a introdução de modelos dinâmicos (Grewal, 1999) e (Maas, 2013).

- **Algoritmo estático de Wagner-Within**

Neste primeiro método, assumia-se para o primeiro período de encomenda o valor da procura desse mesmo período. Já no caso do período 2, duas situações poderiam acontecer: colocar uma encomenda que cubra a procura ou, em oposição, colocar uma encomenda que cubra o período 1 e 2. A soma dos custos irá ditar a melhor alternativa (Maas, 2013).

No caso do período 3, existem 3 opções. A primeira, calcular uma melhor estratégia para salvaguardar o cumprimento da procura nos dois primeiros períodos, lançando uma encomenda para o terceiro. A segunda alternativa é cumprir a procura do período 1, lançando uma encomenda no início do segundo, satisfazendo os períodos 2 e 3. Por último, existe ainda a alternativa de colocar uma encomenda no início do período 1, por forma a garantir o cumprimento da procura dos períodos 1 a 3. Mais uma vez o cálculo de custos tem de ser calculado otimizando a estrutura de custos (Maas, 2013).

- **Wagner- Within Dinâmico**

Em ambiente cíclico, o Wagner-Within pode ser usado como heurística. Através da informação disponível do horizonte temporal a estudar é possível aplicar o algoritmo de Wagner-Within estático sobre os dados necessários (Maas, 2013).

- **Algoritmo Wagner-Within com constrangimentos**

Quando o planeamento para a heurística é menor que o ciclo de encomenda, o algoritmo estático pode não ter uma interpretação clara, em ambiente cíclico. Isto porque, em contraste com o algoritmo estático, as heurísticas não podem fazer pedidos que incluam a

procura por muitos períodos seguintes. O algoritmo *Wagner-Within* com constrangimentos pode apresentar uma solução de referência modificando o algoritmo inicial. Deste modo são permitidas ordens de encomenda fora do período de encomenda (Maas, 2013).

Considerada a solução ótima, servindo de referência na comparação de precisão de outras heurísticas, o algoritmo de *Wagner-Within* é um método bastante complexo do ponto de vista matemático, chega a não ser utilizado por esta mesma razão. Grewal, (1999) e Sox (1997) focalizam na maioria dos trabalhos publicados a otimização computacional.

Sox (1997) aborda o comportamento do algoritmo em horizonte cíclico. Segundo o mesmo autor, a solução ótima do *lot-sizing* sai influenciada pela fórmula de programação dinâmica estocástica. Outra razão para a não utilização deste método, em troca com heurísticas com performances inferiores está o cálculo da solução ótima do problema errado (Ex: problema estatístico com períodos fixos) (Ho, et al., 2007).

Keramati, et al. (2015) também trata este modelo matemático como referência para todo os outros métodos. Segundo este autor, este método aumenta de complexidade a medida que o horizonte temporal aumenta com duas premissas importantes: o stock inicial é zero e não permite ruptura para o universo temporal.

Existem inúmeros desenvolvimentos do algoritmo dinâmico original de *Walter-Within*. A complexidade e incapacidade de reproduzir todos eles singe a apresentação do modelo dinâmico simples na equação 22 de (Maas, 2013).

$$H_t = h \sum_{i=2}^t (i - 1) d_i$$

[22]

Sendo:

D, procura no período t;

S, custo de encomenda;

h, custos de posse por período

i, indicador de período

Os critérios da heurística com base nestes custos decidem quando encomendar mediante o acumulativo da procura desde o período 1 até t (Maas, 2013). A equação 23 representa esse cálculo:

$$D_t = \sum_{i=1}^t d_i$$

[23]

Sendo:

D, procura no período t;

S, custo de encomenda;

h, custos de posse por período

i, indicador de período

- **Periodic Order Quantity**

Neste método a quantidade de ordens é igual ao consumo de um número de períodos futuros. A quantidade de encomenda é calculada a partir do da equação do EOQ, dividida pela procura média por período.

POQ é um modelo com incomparavelmente melhor desempenho global, mesmo tendo por base a equação original do modelo económico de encomenda que não apresentam grandes resultados (Equação 24). Para futura referência neste trabalho nomeadamente no trabalho prático, esta heurística designar-se-á pela tradução para português Quantidade de Encomenda por Período (ou QEP).

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{2DS}{H}}}{\mu_{\text{procura}}}$$

[24]

Sendo:

D, procura no período k;

S, custo de encomenda;

H, custos de posse por período

μ procura, média da procura

- **Least Unit Cost**

Pode também chamar-se custo mínimo por unidade é um algoritmo que se baseia nos custos associados combinados com a procura. Cada intervalo é calculado e agregado na mesma encomenda, a menos que o custo unitário exceda o valor de encomenda anterior (Baciarello, et al., 2013).

Para futura referência neste trabalho nomeadamente no trabalho prático, esta heurística designar-se-á pela tradução para português Custo Mínimo Unitário (ou CMU).

Esta heurística tem como objetivo principal no cálculo da quantidade a encomendar, a minimização do custo unitário por período (Maas, 2013). A equação 25 e 26 foram retirados do trabalho de Baciarello, et al (2013).

$$\frac{S + h \sum_{k=j}^{j+1} (k - i)d_k}{\sum_{k=i}^{j+1} d_k} > \frac{S + h \sum_{k=j}^j (k - i)d_k}{\sum_{k=i}^j d_k}$$

[25]

A partir de “i” calcula-se o maior valor de “j”, segundo a condição:

$$F = \sum_{k=i}^{j+1} (j - k + 1)d_k \leq \frac{S}{h}$$

[26]

Sendo:

d_k , a procura no período k ;

S , custo de encomenda;

h , custos de posse por período

k , indicador de período

- **Silver-Meal**

Talvez a heurística mais conhecida de todas, foi desenvolvida em 1973 (Grewal, 1999). Também designada por custo mínimo por período – *Least period cost* (LPC) - assume o mesmo conceito do anterior, porém, em vez de considerar o custo unitário considera o custo por período.

Por outras palavras, os custos relevantes para a quantidade de reabastecimento são minimizados para os períodos (Maas, 2013). Ou, segundo Grewal (1999), em vez de dividir os custos totais pela procura acumulada (como no LUC) esses custos são divididos pelo número de períodos para a qual é calculada a encomenda.

Eis as fórmulas de cálculo, retiradas de Baciarello, et al. (2013).

$$\frac{S + h \sum_{k=j}^{j+1} (k - i)d_k}{j + 1} > \frac{S + h \sum_{k=j}^j (k - i)d_k}{j}$$

[27]

Sendo:

d_k , a procura no período k ;

S , custo de encomenda;

h, custos de posse por período

k, indicador de período

A partir de “i” calcula-se o maior valor de “j” segundo a condição (Baciarello, et al., 2013):

$$F = \sum_{k=i}^{j+1} (i - k)d_k + j(j - i - 1)d_k \leq \frac{S}{h}$$

[28]

Sendo:

d_k , a procura no período k;

S, custo de encomenda;

h, custos de posse por período

k, indicador de período

Ho, et al. (2007) refere alguns estudos em que enaltece a eficiência e potencialidade desta heurística sobre uma ampla variação dos fatores testados. Para além do seu nível de precisão – desvio de cerca de 1,6 % em relação a solução ótima – esta heurística é considerada mais estável com a variação dos parâmetros em estudo, apresenta maior qualidade e velocidade de processamento computacional comparativamente com as heurísticas mais complexas.

- **Least Total Cost**

Dependendo do autor, este método pode também ser encontrado com a designação de algoritmo *part-period* (Maas, 2013). Este algoritmo relaciona os custos de encomenda e posse de determinados períodos até um valor de *set-up* de referência. Esta técnica é particularmente importante quando o custo de *set-up* é elevado (Baciarello, et al., 2013).

Para futura referência neste trabalho nomeadamente no trabalho prático, esta heurística designar-se-á pela tradução para português Custo Mínimo Total (ou CMT).

Maas (2013) fala nesta heurística como “o equilíbrio perfeito entre custos de posse e encomenda na solução ótima do EOQ”. A equação 29 foi retirada do trabalho de Baciarello, et al. (2013).

$$F = \sum_{k=i}^j (k - i) d_k \leq \frac{S}{h}$$

[29]

Sendo:

d_k , a procura no período k ;

S , custo de encomenda;

h , custos de posse por período

k , indicador de período

2.9.3. Considerações sobre o *Lot-Sizing*

Genericamente, os resultados teóricos dos modelos e heurísticas variam em torno das percentagens que foram abordadas. O modelo de *Wagner-Within* apresenta-se como a solução ótima de todos os métodos e funciona como referência de comportamento de todas as outras heurísticas. A exceção pode ir para os casos onde o *stock* inicial é diferente de zero (Maas, 2013) e (Grewal, 1999).

A heurística *Silver-Meal* é, de todas as heurísticas, a mais fiável no seu comportamento, conferindo ainda melhor facilidade matemática à sua utilização. Os valores de comportamento comparativamente com *WW* não apresentam resultados superiores a 5% (dos trabalhos comparativos consultados e referenciados anteriormente) (Govindan, 2014), (Ho, et al., 2007), (Maas, 2013), (Baciarello, et al., 2013) e (Gupta, et al., 1992).

LUC, LTC, POQ são heurísticas que podem variar bastante os “*inputs*” de cada problema prático (Govindan, 2014), (Ho, et al., 2007), (Maas, 2013) e (Gupta, et al., 1992). A forma como são calculadas não permite antecipar o comportamento com muita certeza, estando muito susceptíveis aos custos e variáveis de (Grewal, 1999) - Tabela 5.

O modelo EOQ e Lote-por-Lote não vai ao encontro de resultados otimizados como os métodos já falados. A sua forma de cálculo básica e percepção simplista pode funcionar de modo comparativo (Baciarello, et al., 2013).

3. Estudo Experimental

3.1. Desenvolvimento dos dados dos casos de estudo

O desenvolvimento computacional do trabalho será estruturado em diversas fases, sendo o primeiro ponto um estudo de previsão com recurso a métodos diferentes. Ter-se-á por base um trabalho já realizado de previsão no retalho do medicamento em condições muito próximas (Antunes, et al., 2014) e o tipo de dados fornecidos. Em segundo lugar e, também com base num trabalho realizado anteriormente no retalho do medicamento, Gomes, et al. (2014), pretende-se avaliar diferentes metodologias de cálculo de inventário.

Os dados fornecidos pelo gestor da unidade têm por base a análise ABC já realizada no estudo anterior dos quais existe algum interesse em explorar a aplicação de heurísticas. Esta situação permite a diminuição do tempo de análise, melhora o rendimento do processo e nos casos de ser feito em situação laboral, torna-o menos dispendioso. Para os restantes medicamentos poder-se-á extrapolar resultados para produtos com as mesmas características tais como procura, custos, entre outras.

Nesse contexto foram escolhidos os seguintes medicamentos (Tabela 8):

Tabela 8 - Lista de medicamentos selecionados

Nome do medicamento	Ref. ^a	P. Custo	PVP
<i>Aspirina GR</i> , 100 mg x 30 comprimidos gastrorresistente	3045580	2,68 €	3,44 €
<i>Ben-U-Ron</i> , 1000 mg x 18 comprimidos	5440987	1,35 €	2,63 €
<i>Cêgripe</i> , 1 mg/500 mg x 20 comprimidos	5054168	4,43 €	5,46€
<i>Daflon 500</i> , 500 mg x 60 comprimidos revestidos	9373449	13,40 €	16,86 €
<i>Inegy</i> , 10/20 mg x 28 comprimidos	5243886	39,28 €	46,22 €
<i>Livazo</i> , 2 mg x 28 comprimidos revestidos	5324553	16,10 €	19,64 €

Olsar Plus 12,5/20 mg x 56 comprimidos revestidos	5911987	28,04 €	34,49 €
Paracetamol Sandoz MG, 1000 mg x 20 comprimidos	5366547	0,75 €	2,21 €
Xeplion , 75 mg x 1 suspensão IM seringa pré-cheia LP	5372131	260,26 €	275,25 €
Zolnor , 5/20 mg x 56 comprimidos revestidos	5148317	35,65 €	42,43 €

Com base nestes dados o trabalho desenvolvido as seguintes etapas:

0. Escala dos dados:

- i. Consolidação de dados e construção de tabelas;
- ii. Separação dos dados em semanais e diários

1. Modelos de Previsão

- i. Desenvolvimento de macros em VBA dos modelos escolhidos
- ii. Comparação do desempenho dos modelos com diferentes inputs;
- iii. Comparar o desempenho dos diferentes modelos com os resultados encontrados no trabalho anterior.

2. Modelos de Lot-sizing

- i. Aplicação dos modelos matemáticos desenvolvidos em macro na aplicação VBA do Excel.
- ii. Comparar os custos totais com diferentes *inputs*: custos de compra, custos de encomenda.
- iii. Comparação de desempenho dos modelos entre si e resultados típicos da literatura.

3.2. Desenvolvimento de ferramentas de cálculo

3.2.1. Previsão

Como forma de potenciar as mais-valias dos modelos matemáticos aplicados à previsão e pela difusão de métodos a um grande número de dados, foram aplicados macros em VBA, *Excel*. Este capítulo dedica-se a explicação dos mesmos.

Através do programa *Microsoft Office Excel* foi possível programar um conjunto de procedimentos para que, através de macros, fossem automatizados os cálculos associados às heurísticas e métodos de previsão.

Na ilustração nº 14 representa a folha de *Excel* com os botões macro para o cálculo dos métodos de previsão “Alisamentos”. Nesta folha foram desenvolvidos os seguintes métodos: Média Móvel, Média Móvel Ponderada e Alisamento Exponencial.

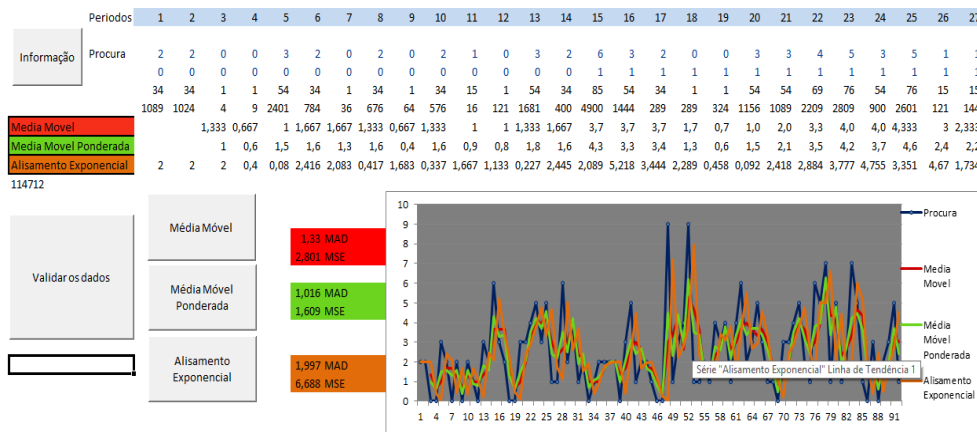


Ilustração 14 - Folha de cálculo dos Métodos de Previsão (Alisamentos)

Através da seleção do botão “Validação dados” os valores de procura são organizados e permite informar se a série de dados é estacionária ou não. Esta opção permite validar se a aplicação dos modelos referidos é possível ou não, de acordo com a série de dados introduzidas. Os cálculos realizados para obter esta informação são baseados no coeficiente de *Spearman*. Este coeficiente é uma alternativa ao coeficiente de *Pearson* no cálculo a correlação linear, sendo mais simples e evitando problemas com a distribuição normal

bivariada. Por outro lado, em séries mais longas poderá existir problema com a repetição de pontos (Bauer, 2007).

- Média Móvel

Com base na fórmula de cálculo da média móvel (Equação 2) foi criada a macro que executa os cálculos (Anexo 7.2.1).

Posteriormente, o botão “Média Móvel” permite selecionar o número de intervalos que se pretende escolher para o estudo, variando entre 2 e 4 inclusive - ilustração 15. Caso os valores introduzidos sejam diferentes do intervalo referido, ocorrerá uma mensagem de erro no ecrã indicando o motivo.

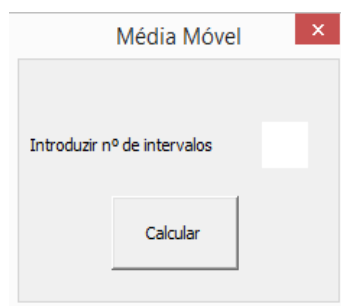


Ilustração 15 - Janela do Excel - Média Móvel

Como se pode visualizar na ilustração 14, a vermelho estão representados os erros calculados no decorrer do programa (MAD e MSE). O MSE será utilizado como forma comparativa entre métodos e, neste caso em particular, qual dos intervalos obterão melhores resultados.

- Média Móvel Ponderada

Com base na fórmula de cálculo da média móvel foi possível desenvolver uma macro (Anexo 7.2.2), que implementa a equação 3.

Posteriormente, o botão “Média Móvel Ponderada” permite introduzir o número de intervalos, variando entre 2 e 3 inclusive - ilustração 15. No entanto, semelhante ao abordado

no trabalho de Antunes, et al. (2014) e na literatura em geral, apenas será considerado um número de intervalos (3) com os respetivos pesos calculados com a função *Solver*. Caso os valores introduzidos sejam diferentes do intervalo referido, ocorrerão mensagens de erro no ecrã indicando o motivo bem como, se o somatório de pesos α , β e γ for diferente de 1.

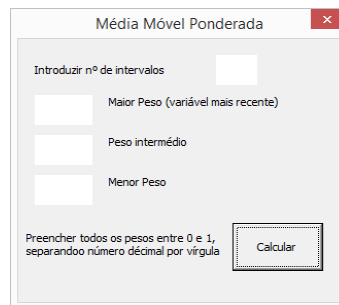


Ilustração 16 - Janela do Excel - Média Móvel Ponderada

Como se pode visualizar na ilustração 14, a verde estão representados os erros calculados no decorrer do programa (MAD e MSE). O MSE será utilizado como forma comparativa entre métodos e, neste caso em particular, qual dos intervalos obterão melhores resultados.

- Alisamento exponencial

Com base na fórmula de cálculo da média móvel foi possível desenvolver um código (pode ser visualizado no Anexo 2.1), de acordo com a equação 1.

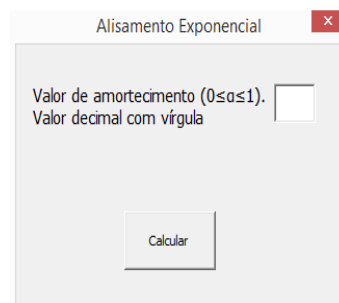


Ilustração 17 - Janela do Excel - Amortecimento Exponencial Simples

Posteriormente, o botão “Alisamento Exponencial” permite introduzir um número decimal (fator de amortecimento - gama), variando entre 0 e 1 - ilustração 17. À semelhança

dos fatores de amortecimento da média móvel, o α introduzido no programa já estará otimizada na função *Solver* por forma a obter um valor menor de MSE. Caso os valores introduzidos sejam diferentes do intervalo referido, surgirão mensagens de erro no ecrã indicando o motivo.

- *Holt-Winters*

Devido a complexidade dos cálculos efetuados, este modelo foi desenvolvido numa folha *Excel* à parte dos métodos de Alisamento.

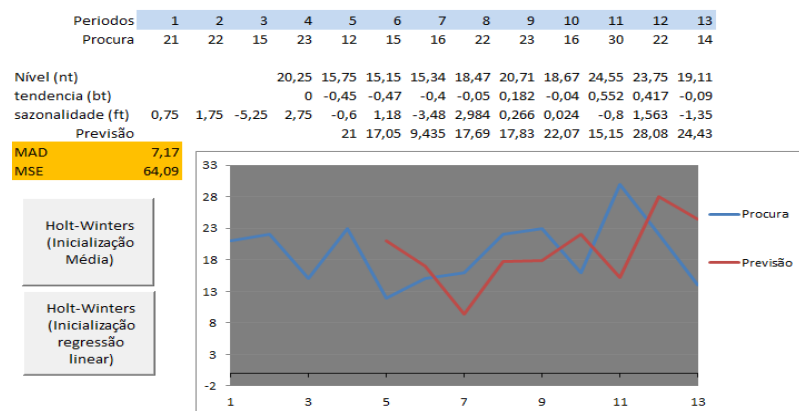


Ilustração 18 - Folha Genérica do modelo *Holt-Winters* – série periódica

A ilustração 18 apresenta a folha destinada a cálculo do modelo *Holt-Winters*. Por ser um método de cálculo um pouco mais complexo foi desenvolvido numa folha de *Excel* à parte. À semelhança dos restantes modelos de previsão, também aqui basta introduzir os valores da procura e seleccionar o botão macro pretendido. O código macro para o modelo pode ser encontrado no Anexo 7.2.4 e 7.2.5 (iniciação com média e regressão linear, respetivamente).

O modelo *Holt-Winters* é um método de previsão em que a atribuição de pesos permite calcular determinados valores de previsão. Paralelamente à média móvel ponderada e alisamento exponencial, os valores (*inputs*) introduzidos serão escolhidos com a ferramenta *Solver* do *Excel*. Esta etapa permite encontrar os valores ótimos a introduzir na janela do programa (ilustração 19), que minimizam o erro (melhor previsão).

Como os valores α , β e γ são otimizados antes do cálculo, obtendo a previsão com menor erro, optou-se por introduzir dois métodos de inicialização. Deste modo será possível comparar o comportamento da inicialização dos métodos, procurando antever a melhor abordagem do modelo de previsão para os casos de estudo.

Ilustração 19 - Janela Excel do modelo *Holt-Winters* - regressão linear

Neste trabalho utilizar-se-á o método aditivo de *Holt-Winters*. Esta escolha é baseada no estudo já realizado anteriormente (Antunes, et al., 2014) no qual as previsões no retalho apresentam melhores previsões para o *Holt-Winters* Aditivo, comparativamente com *Holt-Winters* Multiplicativo. Como esta comparação já foi feita, a abordagem centrou-se na forma de como o método de inicialização pode influenciar o erro.

O primeiro método de inicialização calcula o primeiro valor de previsão através da média de um determinado número de intervalos (s - fator de sazonalidade). O segundo método de inicialização é com base na regressão linear, onde também “ s ” determina o número de valores a considerar na equação.

$$F_1 = y_s = mx + b$$

[30]

Sendo:

$F_1 = y_s =$ Previsão por regressão linear para o intervalo s ;

$m =$ Declive da reta para o intervalo s ;

$b =$ Interceção da reta para o intervalo s ;

Deste modo, para todas as utilizações do método *Holt-Winters* poderá seleccionar-se o método de inicialização por média ou por regressão. Como se poderá confirmar na figura 14, a folha *Excel* dispõe de dois botões que correspondem as duas formas de inicialização. Após a

introdução dos valores alfa, beta, gama e fator de sazonalidade (s) a macro poderá calcular os valores, apresentando-os em gráfico. No caso do método de inicialização ser de regressão os valores \underline{m} (declive) e \underline{b} (interceção) terão de ser introduzidos também.

3.2.1.1. Apresentação de resultados periódicos de Previsão

Pela extensão dos resultados serão apenas apresentados os dados comparativos dos erros entre os métodos de previsão, podendo ser consultados os gráficos e os parâmetros nos Anexos 8.1.

Deste modo, na tabela nº 9 é apresentado o erro comparativo entre métodos (MSE) e por fármaco.

Tabela 9 - Comparação de dados da previsão periódica

MSE							
	Média Móvel			M.M. Ponderada	A. Exponencial	Holt- Winters (1)	Holt- Winters (2)
	P=2	P=3	P=4				
Aspirina	43,61	35,63	39,4	35,63	28,54	46,46	46,56
Ben-u-Ron	56,09	49,71	58,04	50,1	52,12	90,02	94,86
Cêgripe	15,93	16,51	19,18	15,93	22,45	14,29	15,65
Daflon	9,318	5,811	5,16	5,452	7,583	7,27	10,06
Inegy	10,7	13,56	6,799	11,15	15,14	10,36	10,06
Livazo	26,61	23,44	18,07	9,934	25,51	35,11	43,08
Olsar	9,136	9,633	8,125	7,55	9,706	14,11	43,08
Paracetamol	24,95	29,32	37,33	26,41	32,74	29,54	79,04
Zolnor	27,73	26,64	27,53	22,17	25,25	14,56	29,54
Acumulado	224,074	210,254	219,634	184,326	219,029	261,72	376,04

A MMP apresenta maior número de melhores resultados e, também, melhor erro acumulado. Por outras palavras, este modelo de previsão apresenta uma taxa de melhores

previsões, juntamente com a média móvel de 4 intervalos. Porém, na soma dos valores de todas as previsões (acumulado) a média móvel ponderada obtêm melhor desempenho geral.

Considerando apenas os modelos das médias móveis, o erro acumulado é mais baixo (e por isso melhor) nas médias móveis a 3 intervalos, comparativamente com as MM de 2 e 4 intervalos. Contudo, a MM de 3 intervalos apresenta menor número de melhores resultados que a média móvel de 4 intervalos, por exemplo. Este conceito do erro acumulado global das previsões poderá ajudar a escolher o melhor método de previsão para todos os medicamentos, contrapondo a uma escolha através de uma a taxa de melhores resultados.

O alisamento exponencial apresenta resultados interessantes na sua globalidade. O erro acumulado está dentro dos resultados das médias móveis e um pouco acima da média móvel ponderada.

Os piores resultados são do modelo *Holt-Winters* com resultados acumulados bastante superiores, principalmente a segunda inicialização. Estes resultados estendem-se aos resultados por medicamento onde, das duas inicializações em todos os medicamentos, apenas por uma vez uma previsão foi melhor que os restantes modelos.

Apesar destes resultados mostrarem um modelo *Holt-Winters* pouco eficaz, os mesmos acabam por ser condicentes com a literatura e com o trabalho anterior de previsão no retalho (Antunes, et al., 2014). Este é um modelo complexo que analisa a sazonalidade e tendência e que por estes motivos não tem um bom comportamento para universos temporais tão curtos. Por outro lado, na análise temporal de alguns meses, os métodos de alisamentos apresentam melhores resultados.

3.2.1.2. Apresentação de resultados Diários da previsão

Na análise dos resultados modelos para os dados diários (Tabela 10) o alisamento exponencial ganha destaque, não só pelo número de resultados melhores como pelo erro acumulado. Deste modo, o melhor modelo diário de previsão é consistentemente o alisamento exponencial.

Pela extensão dos resultados serão apenas apresentados os dados comparativos dos erros entre os métodos de previsão, podendo ser consultados os gráficos e os parâmetros nos Anexos 8.2.

Contudo, como é possível visualizar na Tabela 10, o comportamento do modelo *Holt-Winters* melhora bastante com o maior número de entradas na procura. Comparativamente com os dados periódicos (Tabela 9); os dados diários possibilitam uma maior vantagem para o modelo que tende a ser consistentemente melhor com o aumento dos dados. De salientar ainda, à luz do que tinha acontecido com os dados periódicos (Tabela 9), também nos diários (Tabela 10) o segundo método de inicialização (regressão linear) apresenta piores resultados do que o primeiro método (média).

Tabela 10 - Comparação das previsões para os dados diários

MSE							
	Média Móvel			M.M. Ponderada	A. Exponencial	Holt- Winters (1)	Holt- Winters (2)
	P=2	P=3	P=4				
Aspirina	2,128	6,594	6,239	6,59	4,880	5,709	6,58
Ben-u-Ron	6,092	5,066	5,263	5,067	4,125	4,279	4,66
Cêgripe	2,683	2,482	2,173	2,462	1,872	1,869	1,995
Daflon	2,644	2,202	1,989	0,044	1,995	2,115	2,579
Inegy	1,794	1,578	1,460	1,578	1,185	1,246	1,507
Livazo	4,169	3,655	3,273	3,587	5,516	3,685	3,997
Olsar	2,531	2,409	2,114	2,360	2,021	2,441	2,722
Paracetamol	14,55	12,80	12,49	12,795	10,45	10,75	10,75
Zolnor	2,847	2,845	2,59	2,75	2,006	2,163	2,421
Acumulado	39,44	39,63	37,59	37,23	34,05	34,26	37,21

Para finalizar, a análise dos métodos de previsão dos medicamentos (dados diários) é de referir que as médias móveis e ponderadas são ligeiramente inferiores ao melhor método. Porém as diferenças não são significativas. De salientar ainda que os erros em todos os modelos de previsão são menores nos métodos que analisam os dados diários, comparativamente com os dados periódicos. Esta observação já tinha sido considerada no trabalho anterior (Antunes, et al., 2014).

3.2.2. Lot-sizing

Relativamente à análise do problema de *lot-sizing* e do ponto de vista da separação dos dados, a criação dos ficheiros é em tudo similar aos ficheiros realizados anteriormente para a previsão. Também aqui há a separação diária e periódica para cada medicamento, sendo essa uma variável a ter em conta nos testes experimentais. Todavia, esta diferença não influencia a forma de cálculo ou a organização do ficheiro. A única diferença é no número de períodos que pode ser 13 (nº de semanas) ou 92 (nº de dias), correspondendo ao último trimestre de 2014 que se pretende calcular.

Partindo dos custos estudados e da evolução de inventário ao longo dos ciclos (ou períodos), a criação do programa foi feita com base em critérios teóricos mas, também, evolutivos do ponto de vista prático, explicados de seguida.

Periodos														Total	
Pedro Fetal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Início de Inventário	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251
Procura	21	22	15	23	12	15	16	22	23	16	30	22	14		
Custo de encomenda /set up	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €	0,38 €		
Custo de compra/und.	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €		
Custo de posse/período	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €	0,24 €		
Quantidade encomendar	6	22	15	23	12	15	16	22	23	16	30	22	14	236	
Inventário Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
stock de segurança	5	5	5	5	6	6	6	6	9	9	9	9	9	9	
Custo Compra	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
Custo Encomenda	2,28 €	8,36 €	5,70 €	8,74 €	4,56 €	5,70 €	6,08 €	8,36 €	8,74 €	6,08 €	11,40 €	8,36 €	5,32 €	89,68 €	
Custo Posse	5,04 €	5,28 €	3,60 €	5,52 €	2,88 €	3,60 €	3,84 €	5,28 €	5,52 €	3,84 €	7,20 €	5,28 €	3,36 €	60,24 €	
Custo Posse (Ss.)	1,23 €	1,23 €	1,23 €	1,23 €	1,43 €	1,43 €	1,43 €	1,43 €	2,23 €	2,23 €	2,23 €	2,23 €	2,23 €	19,58 €	
Custos Total/Período	8,55 €	14,87 €	10,53 €	15,49 €	8,87 €	10,73 €	11,35 €	15,07 €	16,49 €	12,15 €	20,83 €	15,87 €	10,91 €	171,73 €	

Lote-por-Lote	EOQ	Custo Mínimo Unitário	Custo Mínimo Total	Out. Nov. Dez.			Custo Compra	0,00 €	
Q. Encomenda/Período	(Silver-Meal)	Wagner-Within	Pedro Fetal	σ_Procura	3,11247	3,63146	5,65685	Custo Set Up	0,38 €
				Stock Segurança		Reset		Lead Time	1,0 (dias)
								Nível de Serviço	95,00% (%)
								Custo Posse	0,24 €

Ilustração 20 - Tabela Genérica do programa

Listados na vertical são apresentados os vários custos (compra, encomenda, posse), existindo a última linha para o somatório de todos os custos por período. No canto inferior direito (a laranja) encontra-se uma tabela de introdução dos *inputs*: custo de compra, custo de *set-up*/encomenda, valor de *lead time*, nível de serviço e custo de posse. Imediatamente à esquerda destes, a azul, encontram-se as macros do cálculo do *stock* de segurança, sendo possível calcular e limpar os dados de seguida no botão “*reset*” (para o caso de se pretender sem *stock* segurança).

Para além dos *inputs* já mencionados, os valores da procura também têm de ser introduzidos bem como, o valor inicial de *stock* para o primeiro período. Nos restantes

períodos, as funções implementadas subtraem-se ao valor de “inventário inicial” ao da procura, originado o “inventário final”.

A faixa a amarelo representa a quantidade de encomenda diretamente relacionada com o inventário final e a procura. Dependendo do algoritmo selecionado através de botões macro, um conjunto de operações matemáticas são efetuadas, apresentando de imediato a quantidade a encomendar – linguagem de programação macro no Anexo 2.

A programação dos modelos matemáticos foi feita na opção “programador” do *Excel*, mais concretamente em *Visual Basic for Applications* (VBA). Em tudo semelhante a outras linguagens de programação através da definição de variáveis e constantes, utilização de funções e códigos específicos foi possível criar um esquema lógico de cálculo.

O esquema de cálculo foi criteriosamente desenvolvido através das heurísticas de *lot-sizing*, anteriormente falado neste trabalho no capítulo “Modelos *Lot-sizing*”. Os códigos em VBA dos ficheiros *Excel* podem ser consultados nos Anexos 8.3.

3.2.2.1. Stock de Segurança

Ao longo de todo o trabalho foi sendo abordada a variação da procura como grande complexidade para os retalhistas. A introdução de *stocks* de segurança é uma necessidade que se tornou recorrente em ambiente estocástico.

No ficheiro *Excel* para além dos cálculos da quantidade através da procura, recorreu-se à introdução de uma ferramenta de cálculo deste tipo de *stocks* com base nas seguintes variáveis: desvio-padrão da procura; *lead-time* da procura e nível de serviço pretendido. A equação utilizada é a equação 3 aprofundada no capítulo “Gestão de *Stocks*”.

Um botão macro no ficheiro *Excel* executa todos os cálculos, sendo introduzido pelo utilizar os *inputs* de nível de serviço e lead time. A variação da procura (desvio-padrão) é calculada com os dados já introduzidos para os modelos matemáticos.

A utilização de *stocks* de segurança está normalmente associada a produtos de maior importância para o retalhista. Pode diferenciar-se essa importância através do nível de serviço

com percentagens proporcionais a sua importância. No caso de produtos de menor importância, poderá nem ser utilizado o *stock* de segurança. O Botão de *Reset*, imediatamente ao lado macro do “*stock* de segurança”, serve esse propósito e atribui *stock* segurança zero. Através desta operação é possível identificar o diferencial de custos entre as duas operações – nas linhas mais abaixo encontra-se o somatório de custos, variando com os dados apresentados acima.

3.3. Cenários a analisar

Com a criação cenários pretende-se testar os comportamentos das heurísticas ao longo do tempo, para diversos *set-ups* das variáveis. Porém, em primeiro lugar realizar-se-á um conjunto de cálculos balizando os valores reais associados aos custos efetivos de cada medicamento.

Os custos reais foram calculados com os dados fornecidos de cada medicamento. Com base nessa premissa foram calculados o custo de posse, encomenda e de compra para os três meses, seguindo as fórmulas adequadas. Note-se que os cálculos de cada custo está dividido nas unidades temporais de cada período, seja diário ou semanal.

- Custo de posse

A dificuldade do cálculo do custo de posse já foi falada anteriormente e os valores dependem de autor para autor. No trabalho de “Gestão de *stocks* no retalho do medicamento” foi considerado 15% ao ano (Gomes, et al., 2014). Porém, outros autores como Ballou, (2004) falam em intervalos entre 20 e 40%. Logo, por se considerar o valor de 15% algo baixo comparativamente com a literatura, utilizar-se-á um valor de referência de 20%, sendo posteriormente considerados outros valores para este *input*.

$$CP_{\text{Diário}} = \text{stock} \times \frac{CP}{365} \quad [31]$$

$$CP_{\text{Semanal}} = \text{stock} \times \frac{CP}{52} \quad [32]$$

Sendo:

CP – custo de posse unitário anual

Partindo das fórmulas acima é possível obter os seguintes dados da tabela 11:

Tabela 11 - Cenários do custo de posse

	Custo de posse diário			Custo de posse Semanal		
	15%	20%	25%	15%	20%	25%
Aspirina	0,001€	0,002€	0,002€	0,010€	0,013€	0,017€
Ben-u-ron	0,001€	0,001€	0,002€	0,008€	0,010€	0,013€
Cêgripe	0,002€	0,003€	0,004€	0,016€	0,021€	0,026€
Daflon	0,007€	0,009€	0,012€	0,049€	0,065€	0,081€
Inegy	0,019€	0,025€	0,032€	0,133€	0,178€	0,222€
Livazo	0,008€	0,011€	0,013€	0,057€	0,076€	0,094€
Olsar_plus	0,014€	0,019€	0,024€	0,099€	0,133	0,166€
Paracetamol	0,001€	0,001€	0,002€	0,006€	0,009€	0,011€
Xeplion	0,113	0,151€	0,189€	0,794€	1,059€	1,323€
Zolnor	0,017€	0,023€	0,029€	0,122€	0,163€	0,204€

- Custo de rutura

Este é o custo que pode ser originado ao longo do período de vendas, onde o produto em inventário é menor que a procura. Para o cálculo considera-se a margem bruta no retalho do medicamento de 30%. Em todas as encomendas são lançadas para que não ocorra rutura, funcionando este custo de rutura como referência para cálculos dos valores reais.

$$CR = Stock_{Neg} \times 0.30 \times PVP$$

[33]

Sendo:

PVP – Preço de venda ao público

$Stock_{Neg}$ – número de unidades em falta

- Custo de encomenda

Neste custo são considerados os custos envolventes com a encomenda. Segundo os dados fornecidos pelo gestor da unidade existe uma pessoa dedicada ao processamento da encomenda (selecionar, receber e colocar em armazém). Porém, estas atividades apenas ocupam cerca de 60% do tempo total mensal. A equação 34 alude aos cálculos efetuados:

$$CE = \frac{0,6 \times \text{Salário Mensal}}{\text{Dias úteis} \times n^{\circ} \text{ de enc. diárias}} \quad [34]$$

A este custo por encomenda tem ainda de dividir-se o número de referências agregadas em cada encomenda. A equação 35 exemplifica os cálculos efetuados:

$$CE_{\text{unitário}} = \frac{CE}{\text{Média referências/encomenda}} \quad [35]$$

Por razões de confidencialidade da empresa em estudo, não serão divulgados os valores intermediários de cálculo mas o valor final de referência será de 0,25€.

Para os valores semanais, o custo de encomenda será acrescido o valor de 20%. Existe a necessidade de diferenciar estes valores semanais e diários por, no primeiro caso, aumento da complexidade com o lançamento de encomenda, acompanhamento e receção da mesma. Este valor fixar-se-á nos 0,30€.

- Custos reais

Posteriormente ao cálculo da estrutura de custos importa calcular os custos reais do trimestre para cada medicamento. As compras realizadas no período em estudo conduziram a manutenção de inventário ao longo do tempo. Esta gestão de inventário está quantificada na tabela 12, servindo estes valores de referência para a comparação dos dados das heurísticas.

Estes cálculos foram obtidos através de folhas *Excel* auxiliares com os dados das vendas, compras e quantidade de *stock*. Através da aplicação dos custos calculados acima foi possível a obtenção da tabela que se segue (Tabela 12).

De referir que, também neste caso, há a necessidade de diferenciar custos reais em periódicos e diários. Pode à partida ser contraproducente um custo real estar dividido em dois valores distintos para o mesmo medicamento. Porém, este método é explicado por dois fatores.

Tabela 12 - Custos reais por medicamento

	Periódicos	Diários
Aspirina	679,00€	681,78€
Ben-U-Ron	350,22€	347,15€
Cêgripe	447,76€	450,54€
Daflon	1727,29€	1720,41€
Inegy	2348,77€	2331,05
Livazo	2305,76€	2303,06€
Olsar	2886,99€	2876,78€
Paracetamol	90,40€	92,34€
Zolnor	4159,73€	4155,56€

O primeiro fator prende-se com os valores de referência do custo de *set-up*. Pelas razões acima referidas, os custos de *set-up* são diferentes para os intervalos de tempo – periódicos e diários. Por esta razão os *inputs* considerados (valores médios de referência) que serviram de base para o cálculo dos custos reais seriam diferentes num dos casos a comparar.

O outro fator está relacionado com o cálculo do custo de posse ser também diferente. O mesmo custo de posse é multiplicado sempre que o inventário final é maior que zero, variando o valor com o período que se pretende. Por esse motivo, o custo real diário e custo periódico real de cada medicamento é diferente.

O custo periódico real é um indicador menos preciso já que apenas terá em conta o valor final de inventário no final de cada período. No caso deste trabalho, o período será de 7 dias (semanal), na qual não será considerado um valor de posse diário multiplicado por um valor do inventário final de cada dia. Por outras palavras, multiplicar-se-á um (custo de posse diário x 7) por o inventário final desse período: é indiferente neste cálculo se a quantidade de *stock* é vendida no primeiro ou no último dia.

3.3.1. Periódico

Com a aplicação dos conceitos e *inputs* explicados nos pontos anteriores, foi possível encontrar os custos totais das 7 heurísticas consideradas (lote-por-lote, EOQ, CMU, CMT, QEP, SM e WW) com a variação dos custos de posse e *set-up*. Os custos de referência ou reais encontram-se ao centro - custo de posse 20% e Custo de *set-up* 0,30€ - sendo os restantes cenários de variação de +/- 5% para o custo de posse e de +/- 15% para o custo de *set-up*.

No Anexo 7.8.1 pode visualizar-se na Tabela 50 a comparação de valores totais entre heurísticas. Os resultados são apresentados em percentagem (%) traduzindo-se esse valor percentual em variação relativa ao modelo de *Wagner-Within*. Assim, os valores positivos reproduzem a percentagem necessária a ser retirada desse valor para atingir ao valor *standard* (WW). Para complementar a mesma informação encontra-se os valores totais dos vários ensaios por custo de posse nas tabelas 50, 51 e 52.

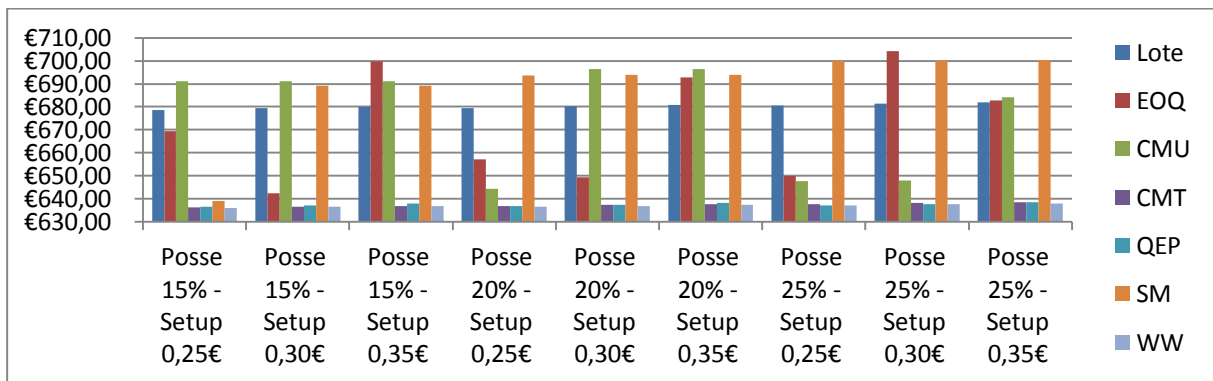


Ilustração 21 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Aspirina)

Nas ilustrações 21 e 22 estão representados os custos totais dos medicamentos Aspirina e Ben-U-Ron para os dados periódicos. Na primeira heurística, o Lote-por-Lote apresenta um crescimento condicente com o aumento do *set-up*. O comportamento diretamente proporcional ao custo de *set-up* é explicado pela seguinte razão: os dados introduzidos neste modelo não influenciam a sua dinâmica, sendo quantidade de encomenda igual à procura.

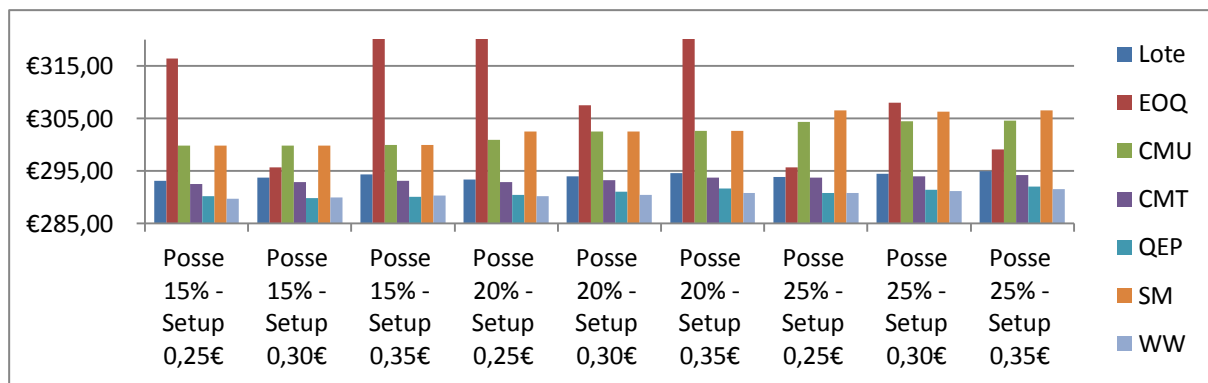


Ilustração 22 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Ben-U-Ron)

Nas mesmas ilustrações (21 e 22) verifica-se um comportamento da heurística EOQ bastante curioso. Nem sempre os custos de posse e *set-up* mais elevados correspondem aos custos totais mais elevados, existindo mesmo uma discrepância acentuada em valores para o mesmo custo de posse. Tomando por exemplo a Aspirina, com um custo de posse de 15% (ilustração 21), ao longo dos 3 níveis de *set-up* o modelo EOQ é elevado, baixa para valores muito próximos dos de referência e por último volta a subir consideravelmente. Este comportamento foge à tendência lógica dos cálculos: o aumento dos *inputs* conduz ao aumento do custo global.

Já os casos das heurísticas CMU e SM serão abordadas de forma mais cuidada mais à frente neste trabalho pelo desempenho menos condicente com o expectável, ao longo destes testes.

No caso da Aspirina (ilustração 21) e do Ben-U-Ron (ilustração 22), o modelo de *Wagner-Within* apresenta-se (como é espectável) como o modelo que apresenta melhor desempenho. Todavia, o mesmo modelo apresenta pouca diferença em relação ao modelo QEP que, para os custos apresentados, evidencia um excelente comportamento. A heurística CMT, para estes casos concretos, apresenta também um bom desempenho. Nestes dois exemplos os medicamentos são bastante semelhantes em relação aos custos e à procura. Um dado a destacar destes dois medicamentos é o valor médio de procura que é o mais elevado (em unidades), comparativamente com os restantes.

No caso do medicamento Cêgripe (Ilustração 23), existe um maior equilíbrio em relação a todas as heurísticas, com exceção da EOQ que é a pior, somando ainda um comportamento imprevisível. A heurística WW é a melhor e mais estável mas com a QEP

com tendência muito próxima e a CMT um pouco pior. As heurísticas CMU e SM mantêm a tendência apesar de alguma melhoria percentual (Anexo 7.8.1 - Tabela 50).

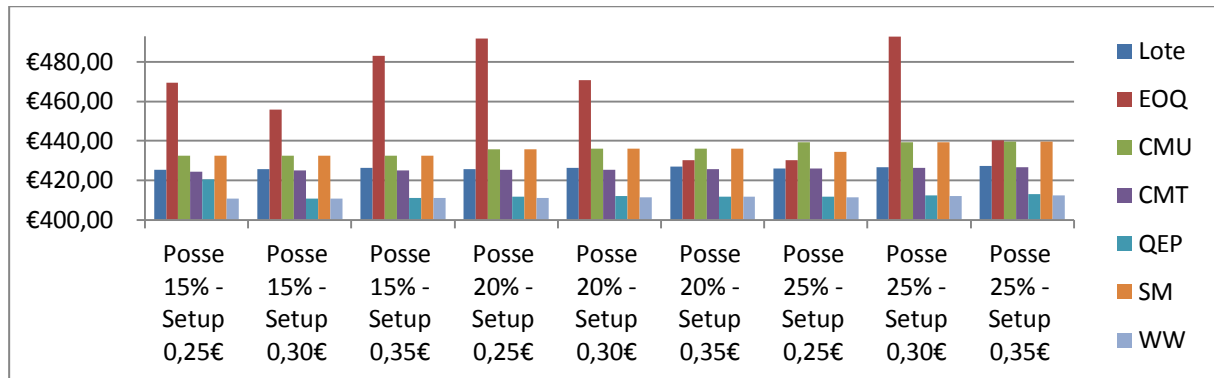


Ilustração 23 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Cêgripe)

No caso do medicamento Daflon (ilustração 24), Inegy (Ilustração 25), Livazo (Ilustração 26) e Olsar (ilustração 27) existem alguns pontos de similaridade que muito têm a haver com o custo de compra na mesma gama de valores. Este custo não só entra no cálculo na heurística como serve de base para o custo de posse. Assim, QEP mantêm-se bastante próximo dos valores totais de WW com CMT um pouco mais elevado. A exceção vai para o medicamento Inegy (Ilustração 25) onde o comportamento de WW é um dos piores, juntamente com SM. Este caso é bastante elucidativo de como a convergência de fatores na gestão de inventário torna difícil a previsão do comportamento das heurísticas (Grewal, 1999). Para além da procura pouco intensa neste medicamento, que se pode traduzir num problema (Govindan, 2014), o modelo WW pode nem sempre ser o melhor com inventário inicial diferente de zero (Maas, 2013) e (Grewal, 1999).

O modelo EOQ obteve um melhor desempenho e, também, estabilidade para estes casos. As heurísticas CMU e SM nestes casos não obtiveram os mesmos valores com o SM a apresentar o pior resultado. Os resultados percentuais em relação a heurística WW podem ser confirmados no Anexo 7.8.1 - Tabela 50).

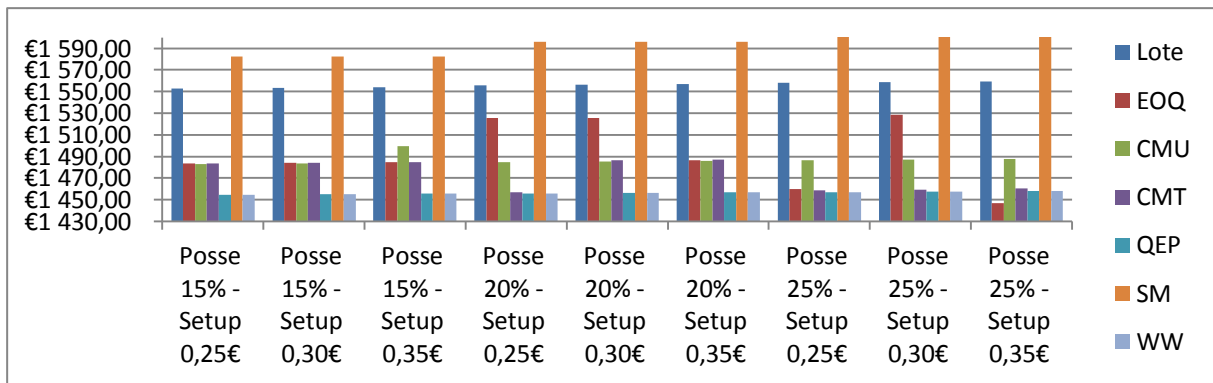


Ilustração 24 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Daflon)

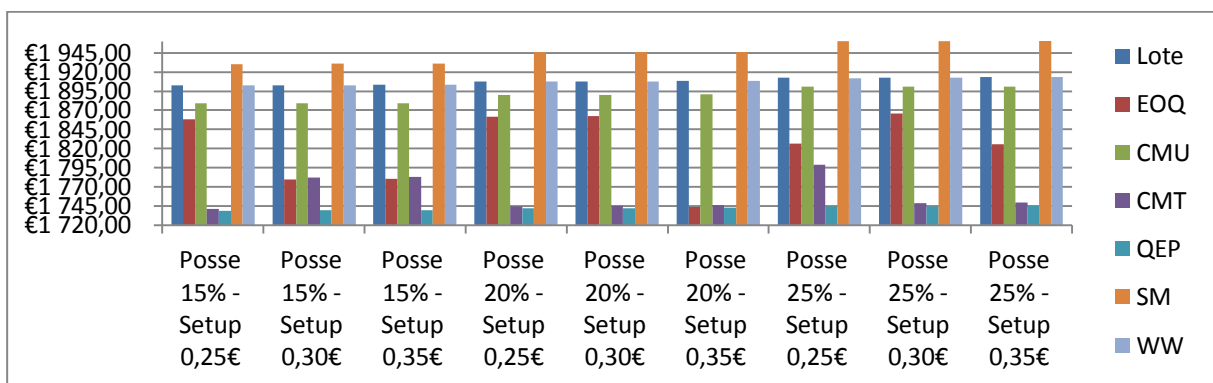


Ilustração 25 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Inegy)

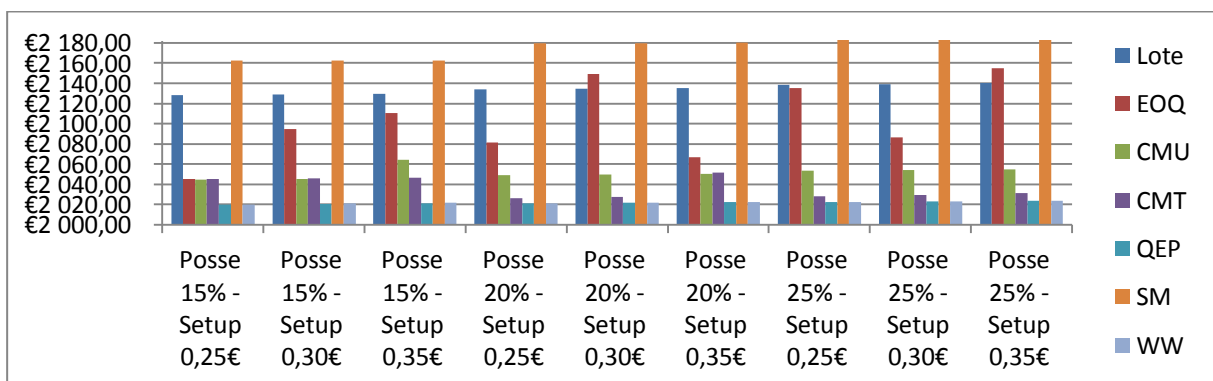


Ilustração 26 - Comparação dos valores absolutos das heurísticas (Livazo)

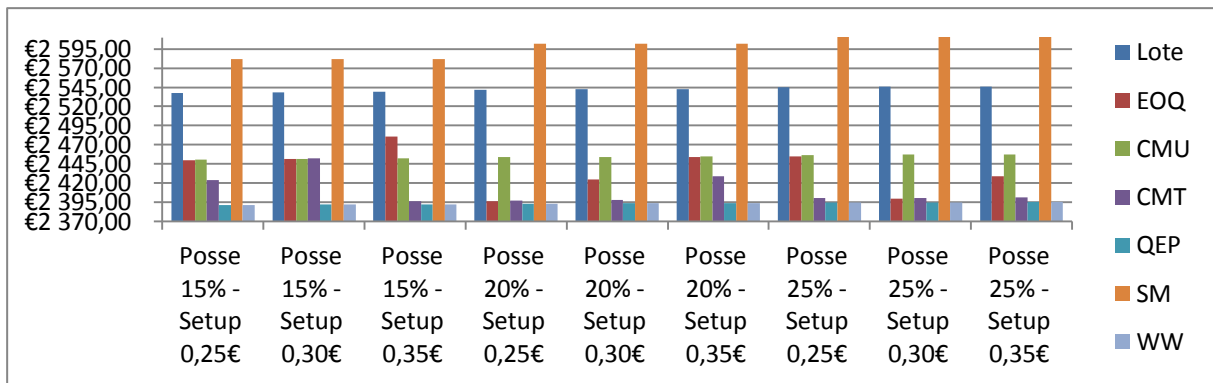


Ilustração 27 - Comparação de valores das heurísticas (Olsar)

Para os valores do Paracetamol (ilustração 28) o custo de posse bastante baixo torna os resultados praticamente iguais, com exceção do modelo EOQ, destacando-se pela negativa com um valor mais alto. Em praticamente todos os testes o WW é a heurística com melhor desempenho. A comparação das heurísticas em percentagem pode ser verificada no Anexo 7.8.1 - Tabela 50.

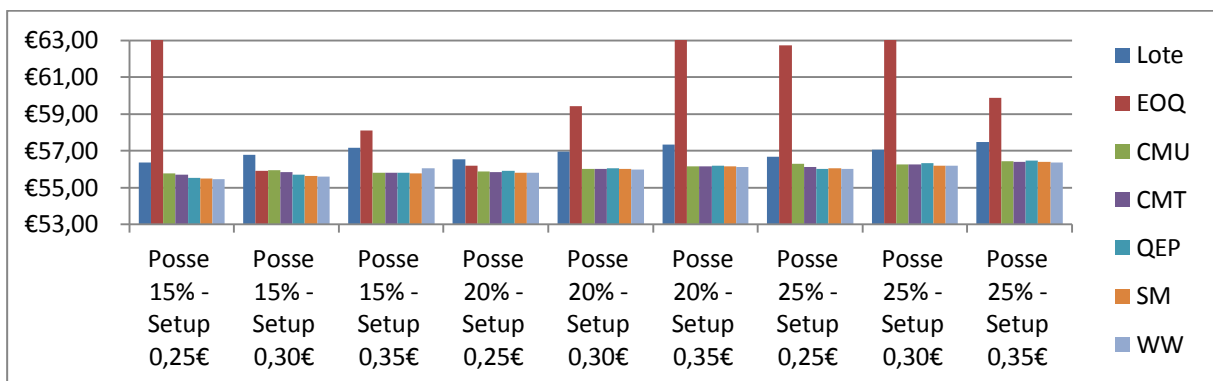


Ilustração 28 - Comparação de valores de heurísticas (Paracetamol)

Para as restantes heurísticas existe um comportamento equilibrado entre as Lote-portalote, CMU e CMT ocorrendo um comportamento exagerado para as heurísticas SM e EOQ. No caso desta última, existe ainda a condicionante de alguma irregularidade e imprevisibilidade.

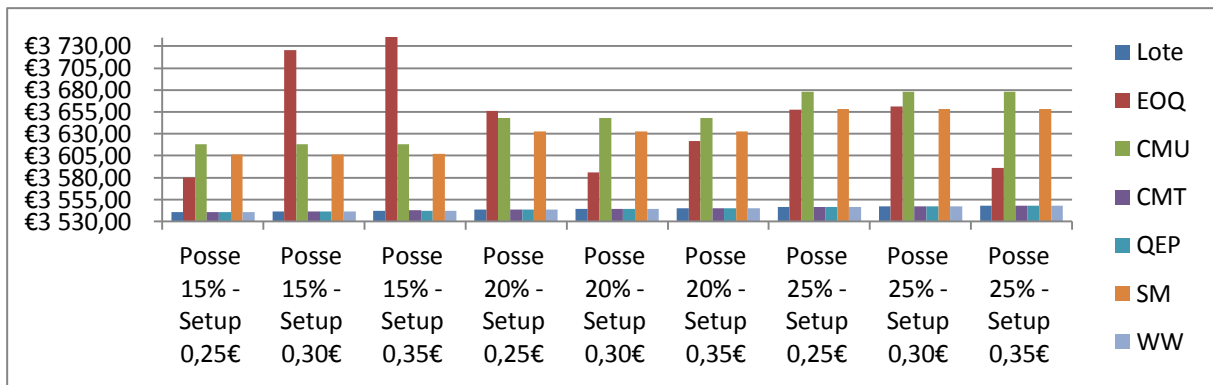


Ilustração 29 - Comparação de valores de heurísticas (Zolnor)

Para os valores do medicamento Zolnor, a tendência das heurísticas mantêm-se sendo que, os cálculos das heurísticas WW, Lote-por-Lote, CMT e QEP são iguais para os primeiros custos. Esta situação acontece para este tipo de custos e onde não ocorre *stock* inicial. Nestas condições os cálculos destas heurísticas acabam por fazer corresponder o valor da procura ao valor da compra, pelo que, não origina *stock* final diferente de zero e custo de *set-up* igual. Em suma, os resultados totais são os mesmos. Este pode ser um indicador de estabilidade das heurísticas, sendo que, em caso de aumento gradual significativo, o comportamento das heurísticas seria diferente.

Para as restantes heurísticas o comportamento mantêm-se com a heurística EOQ a obter os piores resultados, alterando para a CMU quando os custos aumentam. Contudo, as piores heurísticas têm uma percentagem média mais alta que WW aceitável (Anexo 7.8.1 - Tabela 50).

3.3.2. Diário

Com a aplicação dos conceitos e *inputs* explicados nos pontos anteriores, foi possível encontrar os custos totais das 7 heurísticas consideradas (lote-por-lote, EOQ, CMU, CMT, QEP, SM e WW) com a variação dos custos de posse e *set-up*. Os custos de referência ou reais encontram-se ao centro - custo de posse 20% e Custo de *set-up* 0,30€ -

sendo os restantes cenários de variação de +/- 5% para o custo de posse e de +/- 15% para o custo de *set-up*.

No Anexo 7.8.1 pode visualizar-se na Tabela 54 a comparação de valores totais entre heurísticas. Os resultados são apresentados em percentagem (%) traduzindo-se esse valor percentual em variação relativa ao modelo de *Wagner-Within*. Assim, os valores positivos reproduzem a percentagem necessária a ser retirada desse valor para atingir ao valor *standard* (WW). Para complementar a mesma informação encontra-se os valores totais dos vários ensaios por custo de posse nas tabelas 55, 56 e 57.

Na ilustração 30 e 31 estão representados os custos totais da Aspirina e do Ben-U-Ron para os dados diários. Na primeira heurística, o Lote-por-Lote apresenta um crescimento à medida que o *set-up* aumenta. O comportamento diretamente proporcional ao custo de *set-up* é explicado porque os dados introduzidos neste modelo não influenciam a sua dinâmica: quantidade de encomenda igual à procura.

No caso destes dois medicamentos (ilustração 30 e 31) é visível a diferenciação entre as heurísticas comparativamente com os homólogos periódicos. Contudo, os resultados, na sua generalidade, são os mesmos, com a exceção da troca de resultados de QEP e CMT. Os resultados de QEP, que tinham sido bastante próximos dos valores de referência, passam a ser ligeiramente piores em percentagem (Anexo 7.8.2 -Tabela 49). Ao invés, poderá ver-se na mesma tabela que a heurística CMT se aproxima dos valores de referência, sendo em algumas situações melhor.

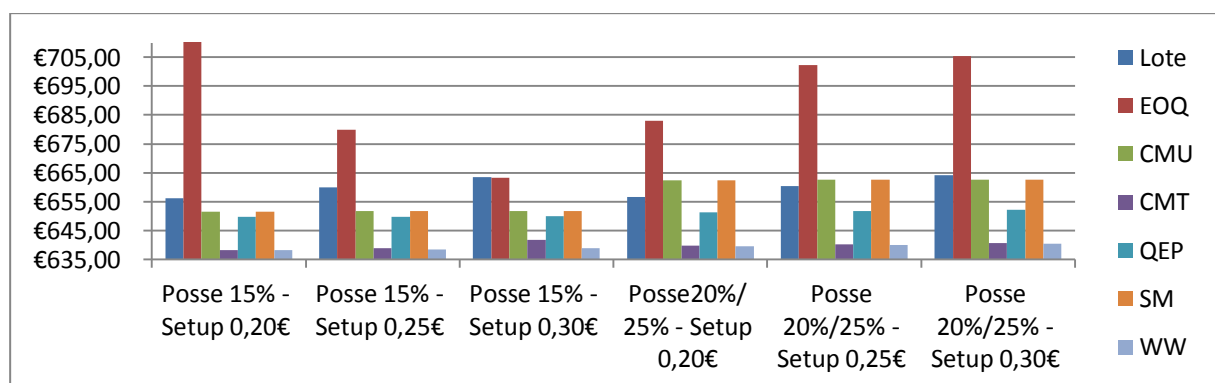


Ilustração 30 - Comparação de valores totais das heurísticas (Aspirina)

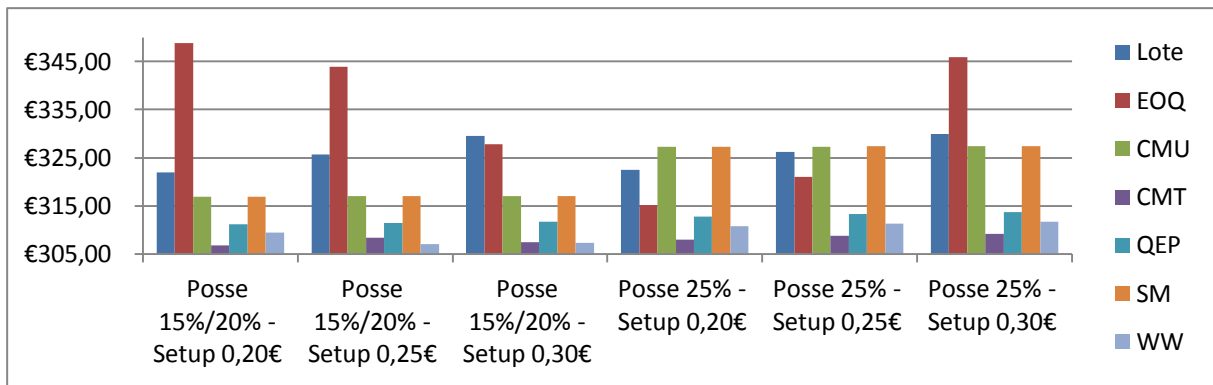


Ilustração 31 - Comparação de valores globais de heurísticas (Ben-u-ron)

No caso do medicamento Cêgripe (Ilustração 32), a avaliação diária das heurísticas não se diferencia muito da periódica. Tal como acontecia no caso do estudo anterior, também neste caso há um destaque negativo: EOQ. O destaque, no entanto, à luz do que tinha acontecido para os medicamentos anteriores, vai para a melhoria da heurística CMT e agravamento da QEP.

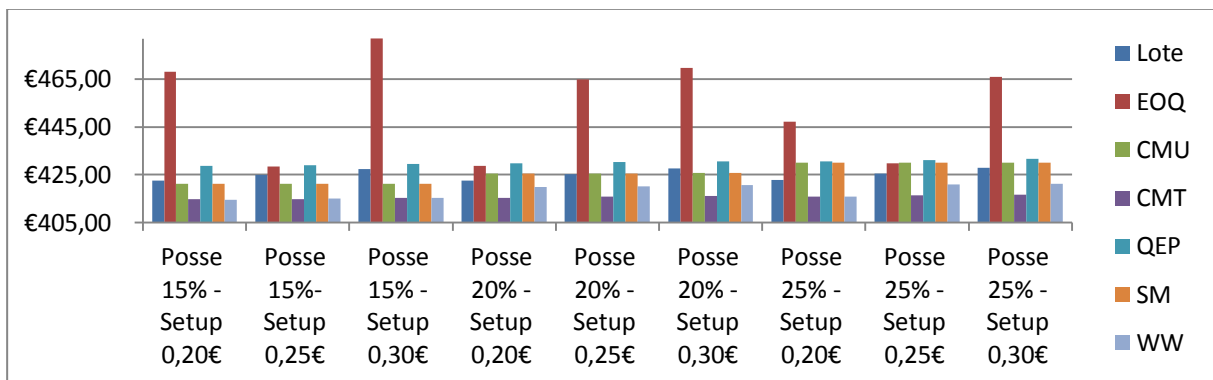


Ilustração 32 - Comparação de valores globais de heurísticas (Cêgripe)

Nos casos dos medicamentos Daflon (ilustração 33), Inegy (ilustração 34), Livazo (Ilustração 35), Olsar (Ilustração 35) a proximidade de valores do custo de compra não apresenta resultados das heurísticas tão homogêneos como nos dados periódicos. Porém, excetuando o Inegy (ilustração 34), os valores de procura são de algumas similares e as respostas das heurísticas não oscilam muito. Como se pode ver no Anexo 7.8.2 -Tabela 49, os valores comparativos em percentagem ajudam a compreender alguma regularidade de comportamento.

Em contraposição, os valores diários obtidos no medicamento Inegy parecem não ser condicentes com a literatura. À luz do que acontecera anteriormente, também nos dados diários estes valores não são condicentes com a literatura.

Para estes 4 medicamentos abordados existe um fator comum que é, aliás, transversal a todos os medicamentos. Os melhores resultados são apresentados pelas heurísticas CMT e WW. Existe também uma grande variação entre as heurísticas no seu conjunto fruto, não só de custos de compras elevados, mas também do maior número de períodos. Os dados de compra são iguais em todos os medicamentos, mas o fator de diferenciação nestes medicamentos é o maior número de períodos, potenciando maiores diferenças em custos de posse e *set-up*.

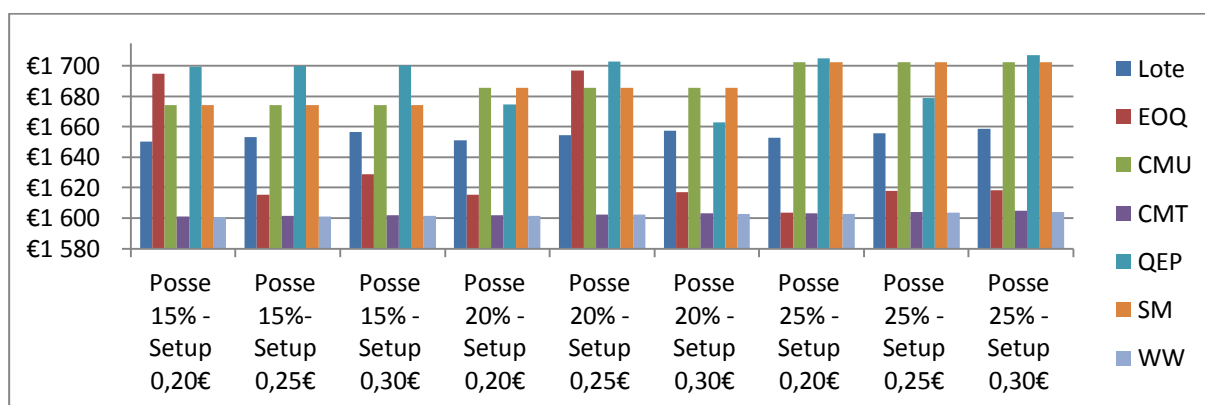


Ilustração 33 - Comparação de valores globais de heurísticas (Daflon)

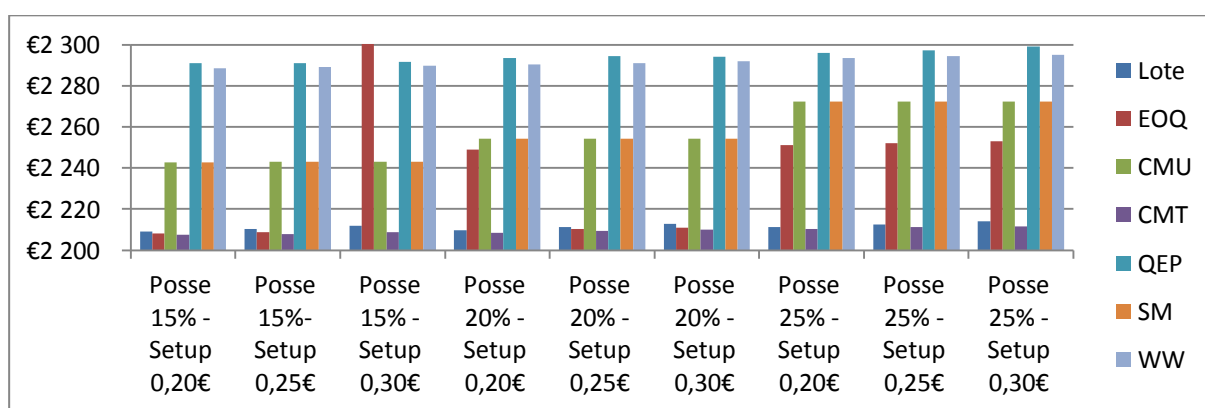


Ilustração 34 - Comparação de valores globais de heurísticas (Inegy)

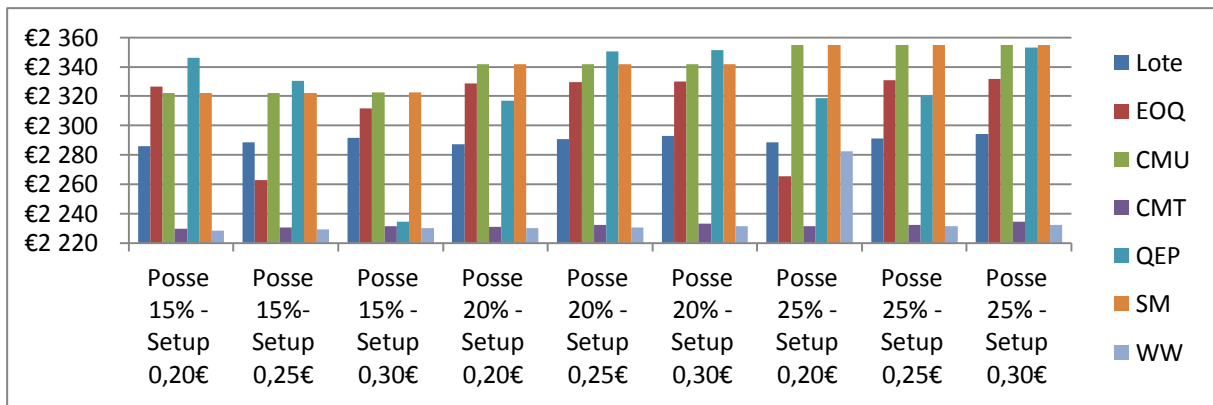


Ilustração 35 - Comparação de valores globais entre heurísticas (livazo)

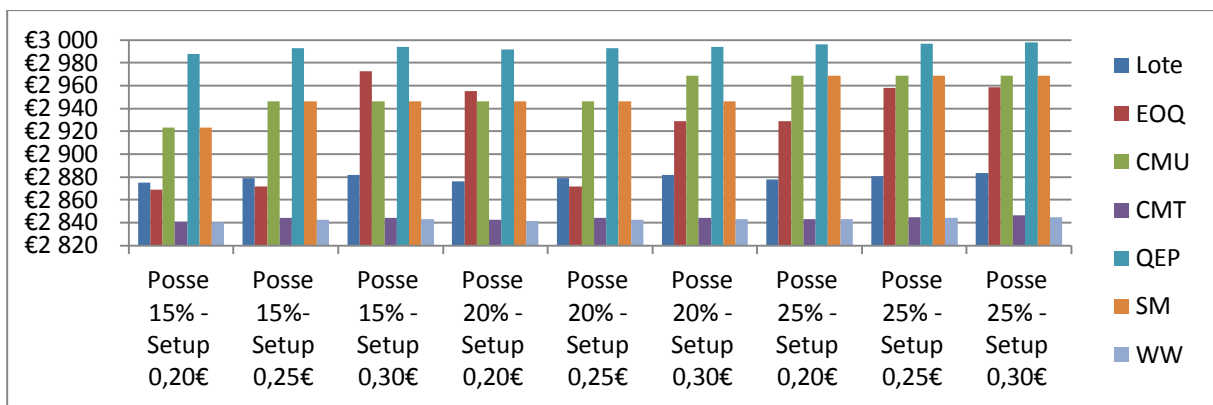


Ilustração 36 - Comparação dos valores totais das heurísticas (Olsar)

Os valores do medicamento Paracetamol (ilustração 37) permitem verificar uma maior heterogeneidade comparativamente com os seus homólogos periódicos. Esta razão prende-se com a probabilidade de comportamentos diferentes, como foi falado para os medicamentos anteriores. As heurísticas continuam a ser WW e CMT, mas com melhores resultados da QEP. As restantes mantêm a mesma tendência.

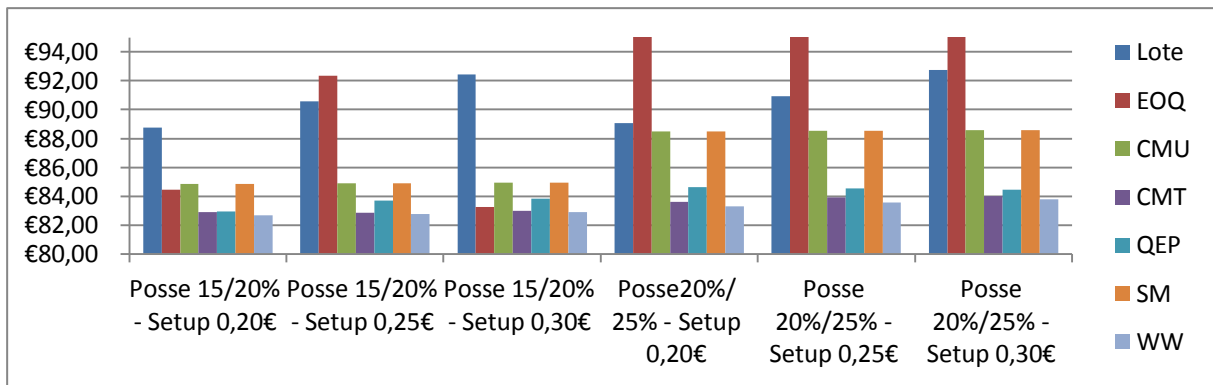


Ilustração 37 - Comparação dos valores totais das heurísticas (Paracetamol)

O medicamento Zolnor (ilustração 38) apresenta resultados condicentes com os já falados para os medicamentos acima. No entanto, existe um grande equilíbrio nas melhores heurísticas explicadas pela intensidade baixa da procura. Este fator faz equilibrar as heurísticas, como se pode ver no modelo Lote-por-Lote: os custos de encomenda associados à procura que ditam a encomenda não suficientes para que o modelo atinja valores despropositados.

As heurísticas com comportamentos inferiores (CMU e SM) serão objeto de estudo mais afrente neste trabalho. Contudo, para este caso, as percentagens dos não são exageradamente superiores - Anexo 7.8.2, Tabela 49. No entanto para esta gama de custos totais envolvidos, há a considerar o dinheiro que essas percentagens significam de fato.

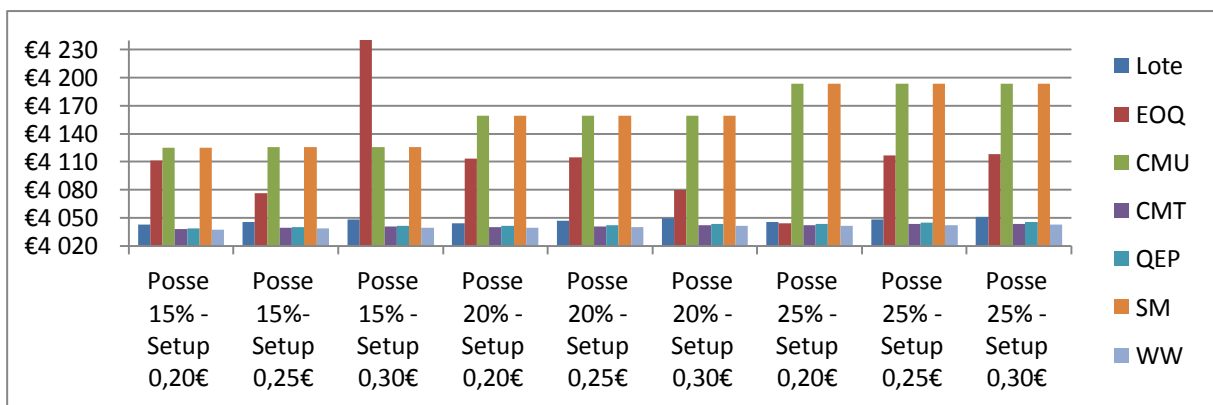


Ilustração 38 - Comparação de valores totais das heurísticas (Zolnor)

4. Análise de resultados

Apesar dos comportamentos das heurísticas variarem consoante a procura (diária e periódica e intensidade das mesmas), na generalidade, consegue poupar-se dinheiro com a sua implementação. Por forma a validar esta informação calculou-se, de forma paralela, os custos com inventário. De seguida, foi efetuada a comparação com os valores das heurísticas, sendo apresentados os valores em percentagem de variação aos custos reais. Na tabela 12 e 13 podemos encontrar estes valores: os valores negativos (a vermelho) correspondem a um valor mais elevado da heurística. Os valores positivos correspondem uma melhor performance das heurísticas em relação as práticas de encomendas reais.

As tabelas 13 e 14 encontram-se divididas pelos medicamentos, existindo 3 valores para cada heurística dentro do mesmo medicamento. O primeiro valor é o valor referência ou valor calculado para a estrutura de custos do retalhista – custo de posse 20% e *set-up* 2 (ou *set-up real*). Existe ainda um valor médio de todos os 9 testes por heurística - “Média”. Os valores em euros (“Dif.”) representam a diferença entre os custos reais e custo da heurística, sendo utilizado para este cálculo o valor de referência – custo de posse 20% e *set-up* 2.

Como se pode verificar na tabela 13, os cálculos periódicos em comparação com os cálculos idênticos dos cálculos reais, permitem uma poupança de dinheiro em todas as heurísticas e medicamentos. Excetuando os medicamentos como a “Aspirina” e o “Cêgripe”, todos os modelos se apresentam como melhores alternativas que a política desenvolvida na empresa.

Estes valores correspondem a um trimestre e onde se verificam poupanças significativas, existindo ainda a possibilidade de estimar o valor anual de poupança calculando o produto do trimestre por quatro. A mesma extrapolação é possível para as mesmas famílias de medicamentos, obtendo a estimativa de redução de custos com aplicação destes modelos.

Tabela 13 - Valores comparativos (em %) entre custos reais e das heurísticas - Periódico

Aspirina							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (<i>Set-up</i> 2)	-0,17	4,37	-2,58	6,15	6,12	-2,18	6,20

Média	-0,19	1,03	0,33	6,14	6,12	-1,44	6,19
Dif.	-1,18 €	29,69 €	-17,49 €	41,75 €	41,56 €	-14,80 €	42,11 €
Ben-U-Ron							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	16,07	12,20	13,62	16,26	16,91	13,62	17,07
Média	16,05	10,47	13,75	16,24	16,97	13,50	17,05
Dif.	56,27 €	42,73 €	47,71 €	56,94 €	59,21 €	47,71 €	59,78 €
Cêgripe							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	4,79	-5,13	2,64	4,98	7,92	2,64	8,08
Média	4,79	-3,35	2,64	4,96	7,78	2,76	8,10
Dif.	21,44 €	-22,96 €	11,80 €	22,32 €	35,48 €	11,80 €	36,18 €
Daflon							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	9,91	11,67	14,01	13,94	15,68	7,60	15,68
Média	9,91	13,63	13,91	14,69	15,68	7,60	15,68
Dif.	171,17 €	201,64 €	242,05 €	240,82 €	270,89 €	131,29 €	270,89 €
Inegy							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	18,77	20,71	19,52	25,68	25,82	17,16	18,78
Média	18,77	22,40	19,52	25,06	25,83	17,16	21,01
Dif.	440,90 €	486,48 €	458,37 €	603,19 €	606,56 €	403,02 €	441,02 €
Livazo							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	7,43	6,78	11,10	12,06	12,31	5,46	12,31
Média	7,44	8,80	11,02	11,66	12,31	5,47	12,31
Dif.	171,42 €	156,31 €	256,02 €	278,04 €	283,91 €	125,85 €	283,91 €
Olsar							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	11,94	16,01	14,99	16,93	17,10	9,87	17,10
Média	11,95	15,56	14,99	16,49	17,10	9,88	17,10
Dif.	344,74 €	462,25 €	432,75 €	488,90 €	493,58 €	285,03 €	493,58 €
Paracetamol							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	37,00	34,28	38,03	38,05	38,00	38,04	38,10
Média	37,02	32,45	37,99	38,05	38,06	38,11	38,11
Dif.	33,45 €	30,99 €	34,38 €	34,40 €	34,35 €	34,39 €	34,44 €
Zolnor							

	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	14,80	13,80	12,30	14,79	14,80	12,68	14,80
Média	14,80	13,80	12,30	14,79	14,80	12,68	14,80
Dif.	615,56€	573,88 €	511,58 €	615,37 €	615,56 €	527,25 €	615,56€

Na tabela 14 podem ver-se que os dados diários não são tão discrepantes quanto os dados periódicos. Esta diferença é proporcionada pela diferença no método de cálculo que passa a ser diário. Apesar de ser mais rigoroso, este esquema é bastante mais trabalhoso e moroso, tornando-se praticamente impossível de realizar para todo os tipos de produtos em inventário. No entanto, a possibilidade de automatização no sistema de informação poderia solucionar este problema, carecendo apenas de validação técnica desta possibilidade.

No caso de produtos com dados de cálculo semelhantes é ainda possível agregar famílias, adaptando os estudos a um maior número de medicamentos (Govindan, 2014). Também no caso dos dados diários é possível extrapolar os resultados trimestrais para o resto do ano por ser muito difícil realizar estudos do género para uma procura anual.

Todavia, os dados apresentados na Tabela 14 permitem demonstrar quais as melhores heurísticas a utilizar nos trimestres referidos. Em todos os casos existem heurísticas que conseguiram melhores resultados e, por isso, pouparem dinheiro, comparativamente aos valores reais. É contudo de salientar que, no caso diário, os resultados piores são mais abundantes. A variabilidade de heurísticas torna-se aqui bastante importante porque permite apresentar vários valores diferentes.

A suscetibilidade das heurísticas aos dados introduzidos é mais vincada nestes dados, aconselhando-se nestes casos a apresentação de heurísticas diferentes. O maior número de heurísticas ajudará a encontrar os melhores resultados que são menos previsíveis, à partida. Concretizando, o caso diário demonstrou maior potencial de poupança nas heurísticas WW e CMT e com restantes heurísticas a ter piores resultados.

Tabela 14 - Valores comparativos (em %) entre custos reais e das heurísticas - Diário

Aspirina							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	3,14	-3,00	2,83	6,09	4,41	2,83	6,14
Média	3,18	-1,31	3,63	6,14	4,55	3,63	6,24

Dif.	21,43€	-20,43€	19,30 €	41,50 €	30,05 €	19,30 €	41,84€
Ben-U-Ron							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	6,17	0,94	8,69	11,16	10,30	8,69	11,55
Média	6,10	3,85	7,20	11,25	10,03	7,20	10,82
Dif.	21,42 €	3,25 €	30,15 €	38,75 €	35,76 €	30,15 €	40,08 €
Cêgripe							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	5,63	-3,16	5,54	7,71	4,49	5,54	6,72
Média	5,63	-0,74	5,54	7,74	4,52	5,54	7,18
Dif.	25,38 €	-14,25 €	24,95 €	34,75 €	20,24 €	24,95 €	30,29€
Daflon							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	3,84	1,37	2,02	6,85	1,03	2,02	6,87
Média	3,83	5,00	1,91	6,84	1,63	1,91	6,87
Dif.	66,09 €	23,50 €	34,74 €	117,89 €	17,69 €	34,74 €	118,25 €
Inegy							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	5,14	5,18	3,30	5,22	1,57	3,30	1,71
Média	5,13	3,67	3,20	5,22	1,58	3,20	1,70
Dif.	119,80 €	120,80 €	76,82 €	121,75 €	36,64 €	76,82 €	39,87 €
Llvazo							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	0,53	-1,15	-1,68	3,07	-2,05	-1,68	3,14
Média	0,56	-0,43	-1,59	3,10	-0,93	-1,59	2,90
Dif.	12,29 €	-26,59 €	-38,75 €	70,65 €	-47,24 €	-38,75 €	72,42 €
Olsar							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	-0,008	0,17	-2,41	1,14	-4,03	-2,41	1,20
Média	-0,09	-1,64	-2,67	1,15	-4,07	-2,58	1,18
Dif.	-2,31 €	4,99 €	-69,33 €	32,73 €	-115,92 €	-69,33 €	34,38 €
Paracetamol							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%
Posse 20% (Set-up 2)	1,90	-0,01	8,06	10,27	9,37	8,06	10,36
Média	0,99	-14,84	-4,44	11,51	-8,23	-4,42	11,89
Dif.	33,45 €	30,99 €	34,38 €	34,40 €	34,35 €	34,39 €	34,44 €
Zolnor							
	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %	WW%

Posse 20% (Set-up 2)	2,62	0,99	-0,99	2,77	2,73	-0,99	2,78
Média	2,62	0,99	-0,09	2,76	2,73	-0,09	2,78
Dif.	108,72€	41,03€	-3,86€	115,19€	113,55€	-3,86€	115,40€

4.1. Otimização

Na sequência de construção e otimização de macros ao longo de todo o processo de estudo foi possível notar uma melhor performance das heurísticas CMU (Custo Mínimo Unitário) e a heurística *Silver-Meal* quando o custo de compra era igual a zero. Neste trabalho em concreto, os custos de encomenda e posse são incomparavelmente inferiores com o custo de compra: o custo de posse pode ser 2000 vezes inferior ao custo de compra. No caso das heurísticas referidas durante o ciclo de cálculo para cada período estes valores são cruzados no macro do programa somando-se e/ou multiplicando-se estes valores.

Por este motivo, aquando a introdução dos custos de compra, foi perceptível o aumento do custo global da heurística e para valores de custo de posse muito baixos aconteceu um fenómeno adicional, uma aquisição única como resposta a procura. Nos estudos experimentais de Baciarello, et al. (2013), o mesmo autor tinha concluído que a heurística LUC apresentava os piores resultados. A similaridade com a heurística SM poderia conduzir aos mesmos resultados, como aliás acontece em vários medicamentos. Contudo, Pujawan (2004) aborda estas duas heurísticas diferenciando-as. Maior estabilidade entre períodos de encomenda no *Silver-Meal* e maior estabilidade nas quantidades encomendadas na heurística LUC.

Todavia, os péssimos resultados destas heurísticas, ultrapassando mesmo as heurísticas teoricamente com piores resultados, merecem reflexão. Na construção do código VBA é criado um “custo referência” com base nos três custos inseridos no programa. Porém, a diferença bastante grande entre *set-ups*, posse e o custo de compra cria problemas na sensibilidade no programa, criando problemas de cálculo. A título de exemplo: o aumento do custo de posse de 25% a 50% eliminaria este tipo de comportamento, atingido valores normais para custos totais e disposição de encomenda.

Porém, uma vez que o cenário de custos é consideravelmente mais baixo, para combater este aspeto introduziu-se um valor (0,0001) multiplicado pelo custo de compra ao longo de todos os períodos. Esta passo permite um cálculo entre os *inputs* bastante mais equilibrado sem que o valor do custo de compra seja indiferente, apenas é introduzido com uma percentagem menor.

Para além dos valores dos custos totais serem bastante mais baixos, de uma única encomenda para lançamento de encomendas mais equilibradas e regulares.

Como forma de comparação da otimização explicada anteriormente, seguem-se os vários exemplos de medicamentos para os dados periódicos. Nas ilustrações 39 a 47 verificam-se os valores iniciais (CMU- inicial; SM - inicial) e os valores correspondentes otimizados (CMU- otimizado; SM - otimizado). Os valores da heurística WW servem de referência aos resultados apresentados, à semelhança do que tem vindo a ser realizado. Como está graficamente e numericamente demonstrado, existe uma substancial melhoria em ambas as heurísticas. Na maioria dos casos, os valores otimizados das heurísticas situa-se em números muito próximos da heurística de referência.

Tomando como exemplo a Aspirina (ilustração 39), pode verificar-se que os valores encontram-se bastante aproximados - heurística otimizada e heurística de referência (WW) - mas, fundamentalmente, à que salienta a grande variação entre heurística inicial e otimizada. Aliás, este conceito é válido para os dados periódicos e diários.

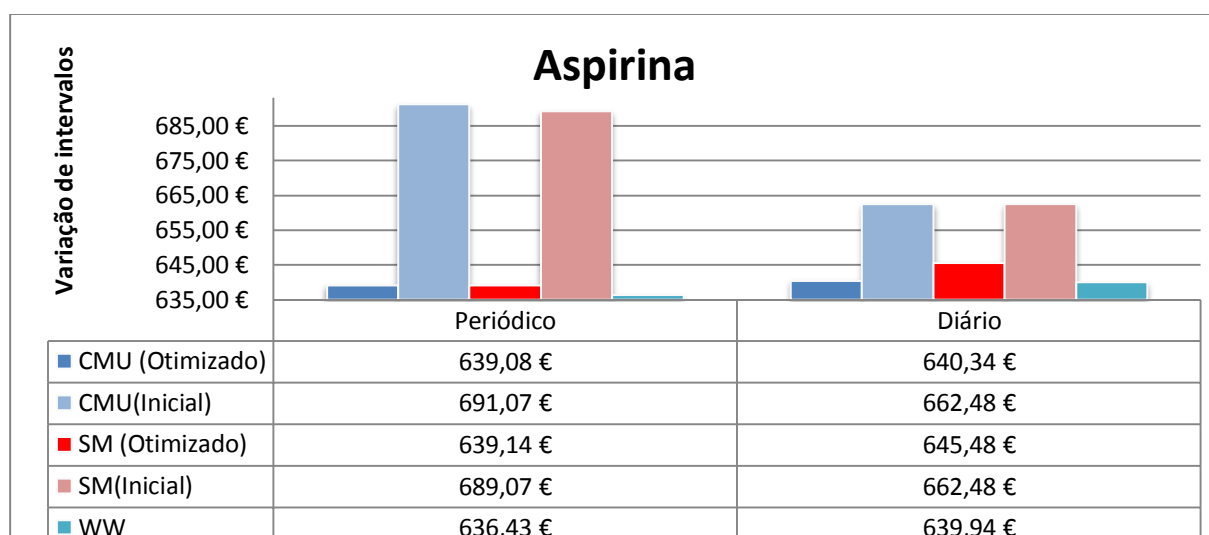


Ilustração 39 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

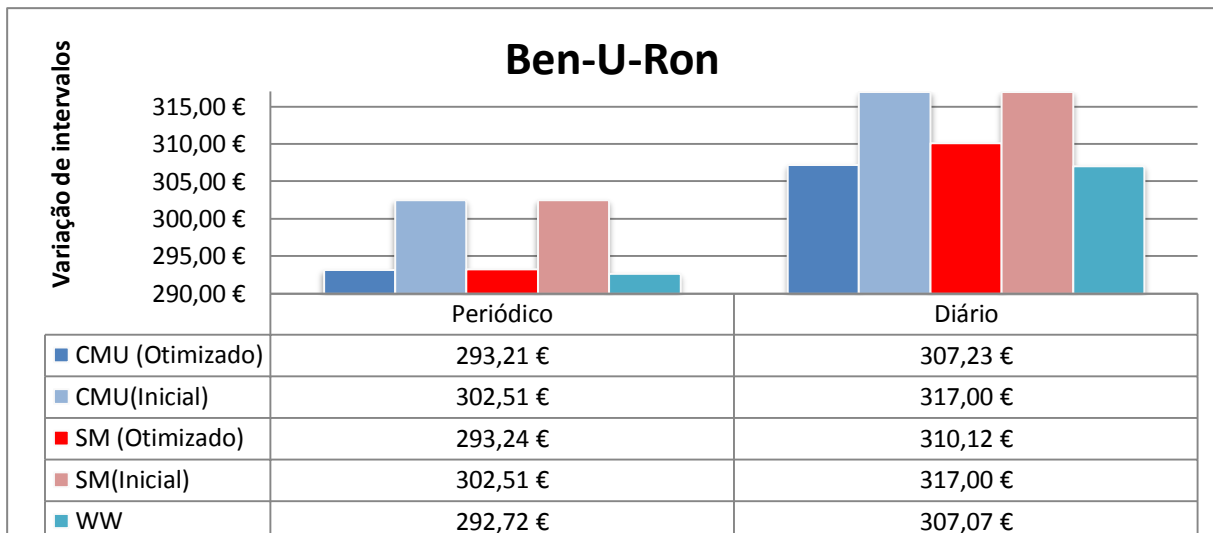


Ilustração 40 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

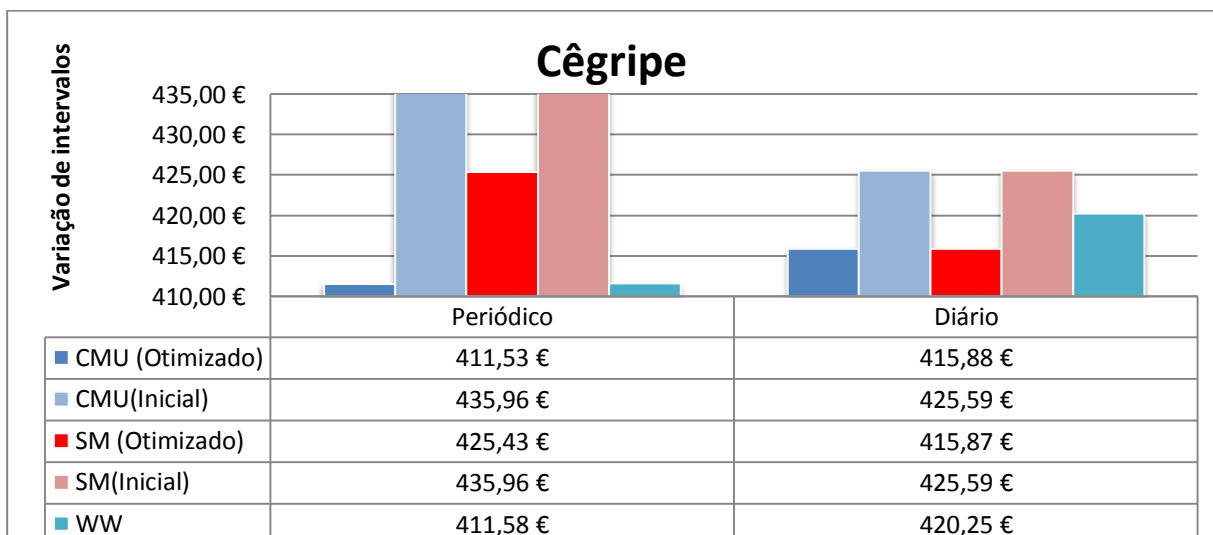


Ilustração 41 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

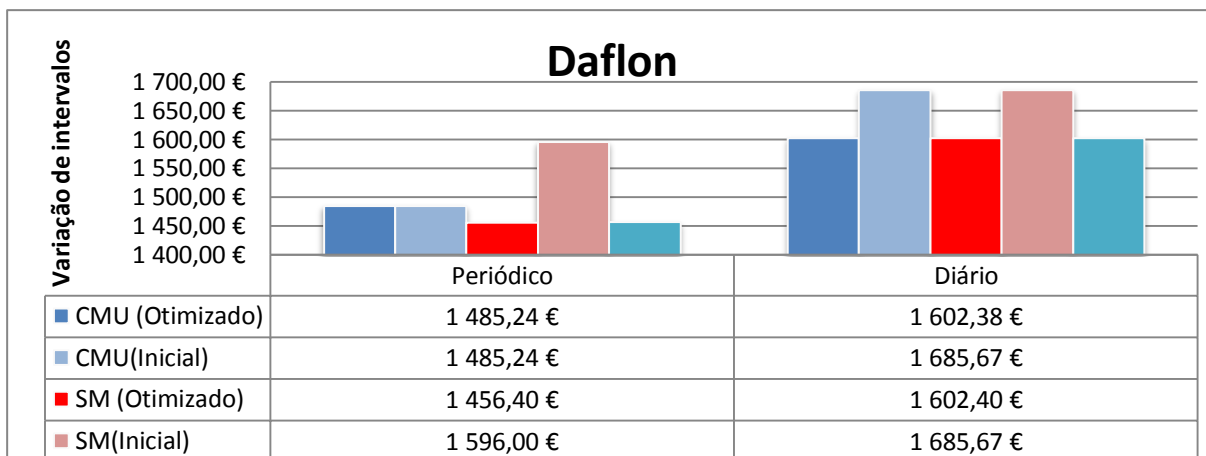


Ilustração 42 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

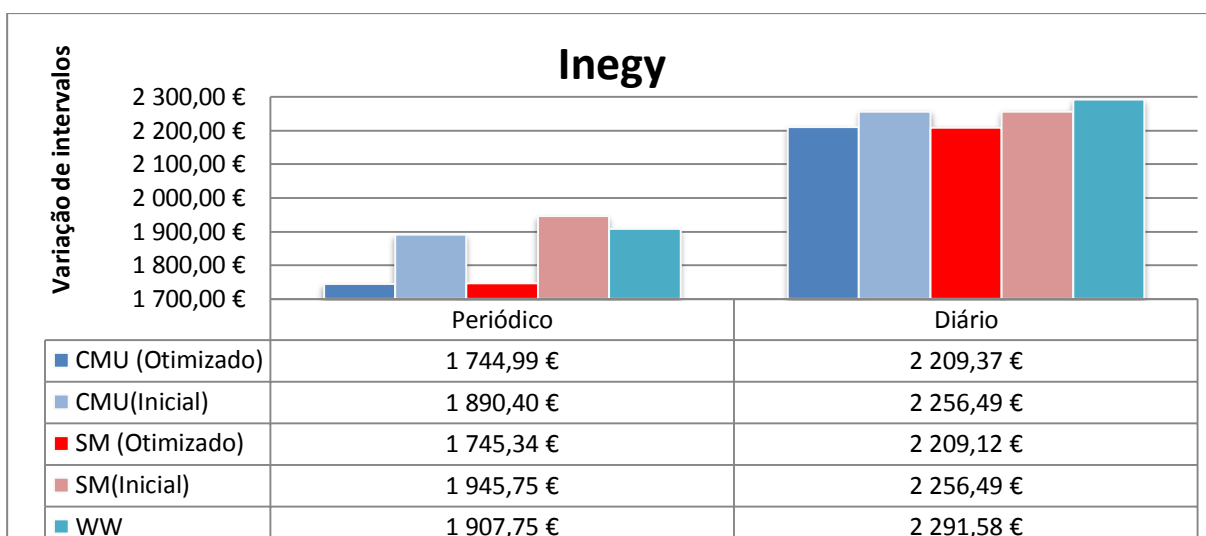


Ilustração 43 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

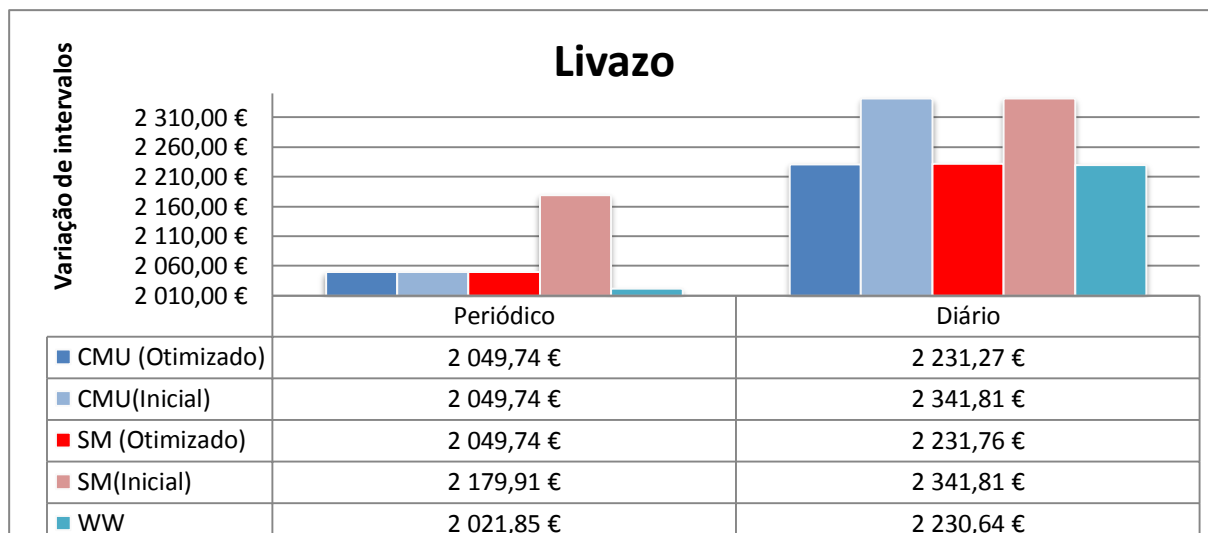


Ilustração 44 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

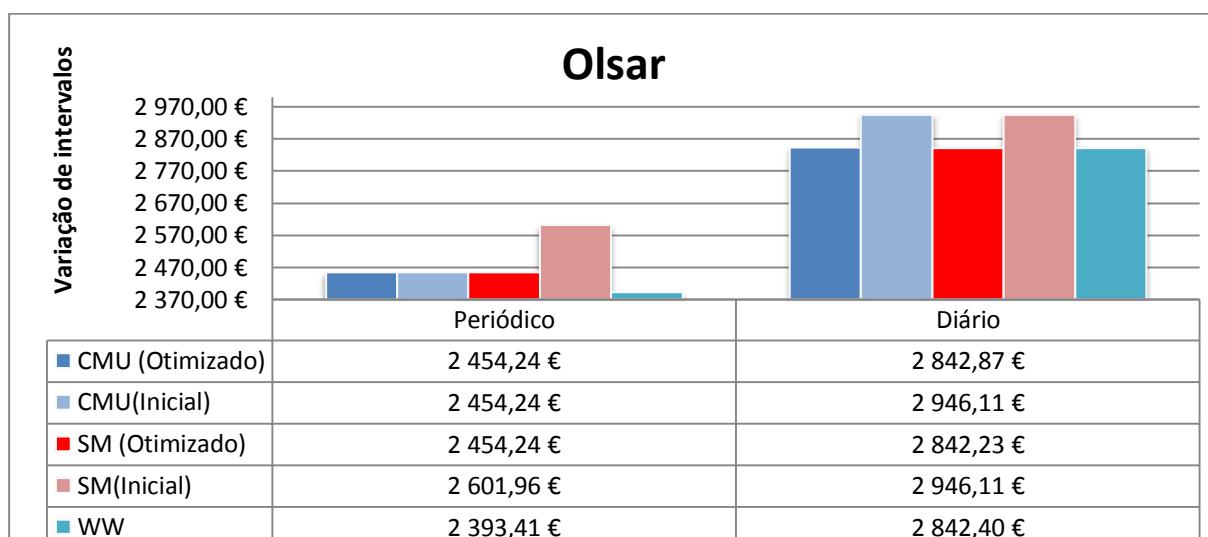


Ilustração 45 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

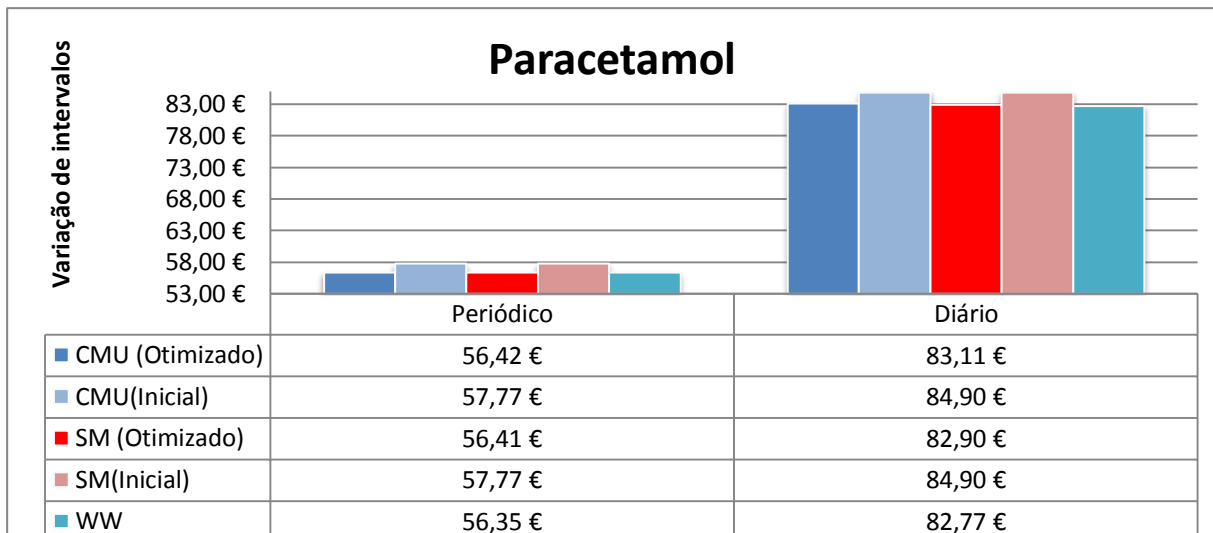


Ilustração 46 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

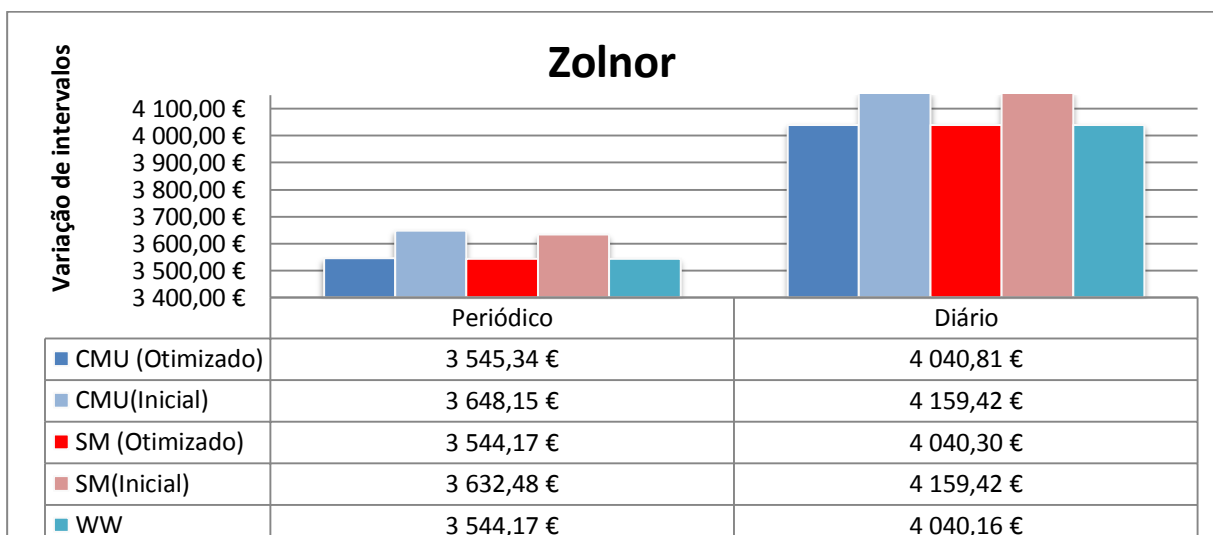


Ilustração 47 - Comparação das otimizações CMU e SM (WW como referência)

5. Conclusões e investigação futura

A conclusão inicial a retirar é a necessidade de implementar nas organizações novas filosofias, metodologias e práticas na gestão de inventários. Um dos primeiros passos é, sem dúvida, a previsão. No caso prático em estudo, o retalhista ainda usa dados da procura de forma isolada em conjunto com a intuição (Antunes, et al., 2014). A tipologia de previsões defendida por Peterson (2014) já tinha sido abordada, indo ao encontro destas mesmas ideias (Capítulo da “Previsão”).

Um dos pontos de mudança aquando a introdução de modelos é a reestruturação de dados e a recolha dos mesmos. Este ponto é bastante importante no tratamento dos mesmos, evitando redundâncias e perdas de tempo e dinheiro. A adequação de dados e informação para o processamento mais objetivo e concreto deve ser o primeiro passo como Danese, et al.(2011) alertaram para os problemas da gestão de informação nas previsões.

Antunes, et al. (2014) realiza no seu trabalho a análise ABC e que serve de base para perceber quais os medicamentos mais importantes no universo do inventário. Esta análise ajudou a escolher os principais medicamentos a estudar, na impossibilidade de estudar todas as referências.

Os melhores modelos de previsão para os dados periódicos e diários em análise foram a média móvel ponderada e o alisamento exponencial, respetivamente. Numa análise trimestral, os métodos de alisamento exponencial e médias móveis tendem a ser melhores do que modelos mais complexos.

Os resultados menos conseguidos do Modelo *Holt-Winters* podem dever-se ao universo temporal em estudo ser curto (3 meses). Nestas situações, torna-se difícil identificar os ciclos de sazonalidade, por exemplo. Este resultado é, de certo modo, expectável com a literatura, como pode ser encontrado em A.Courtois, et al. (2007). Contudo, de todos os testes feitos com este modelo e para os dados utilizados, o modelo de inicialização que melhor resultados obteve foi a média. A regressão linear não só atingiu resultados menos positivos como aumentou a complexidade do processo para o dobro ou triplo.

Como tinha sido referido no trabalho de Antunes et al. (2014), os dados diários apresentam menor erro do que os dados periódicos. Porém, nem sempre é possível trabalhar com valores diários pela complexidade exponencial, comparativamente com as previsões por períodos. Adicionalmente, a dificuldade nas previsões diárias acresce com os valores de procura mais baixos: os pesos que têm os arredondamentos são superiores. Para além disso, o

maior número de dados potencia o aparecimento de um maior erro acumulado, decorrente do maior número de entradas e a diferença entre previsão e procura.

Como anteriormente referido no estado de arte “previsão”, nem sempre os modelos mais complexos são os mais indicados. Para além da sua complexidade de interpretação e implementação nem sempre apresentam um menor erro. Aliás estas duas condicionantes desviam o foco do problema prático conduzido na prática a erros de cálculo e lógica. Nos casos em estudo, pode comprovar-se que o menor erro ocorreu dos modelos mais simples. Ou seja, a ideia transmitida anteriormente por Armstrong, et al.(2011) e Chu, et al. (2003) de que os métodos mais complexos podem não significar melhores previsões, acabam por se enquadrar neste estudo, pelo menos numa fase inicial.

Também da revisão anterior, para previsões num curto espaço de tempo que, aliás, é o considerado neste trabalho, as médias móveis e alisamentos exponenciais apresentam-se como o mais indicado. Aliás, uma primeira abordagem nas empresas em que se pretende implementar este tipo de cálculos deve ser os mais aconselhados. Para tornar uma previsão mais precisa pode recorrer-se ao conhecimento empírico do gestor da unidade ou outro método que permita previsões agregadas.

Relativamente ao problema do *Lot-sizing*, existem vários fatores que influenciam este tipo de modelos como foi referido por Grewal (1999). Um dos fatores que mais condicionou os resultados das heurísticas neste estudo foi o inventário inicial diferente de zero. Tal como referido por Maas (2013) e Grewal (1999), o modelo de *Wagner-Within* apresenta os melhores resultados, excetuando quando o inventário inicial diferente de zero. Esta situação é bastante vincada nos resultados do medicamento Inegy (dados periódicos e diários) onde a heurística apresenta resultados francamente maus. Neste caso em concreto, o valor de inventário inicial não consegue ser diluído na procura originando valores de inventário final que potenciam os custos de posse e, conseqüentemente, o custo global.

O caso da intensidade da procura falado por Govindan (2014) que permite uma consolidação de encomendas, também ajuda a explicar o insucesso de algumas heurísticas. Desde logo, a maior intensidade de procura dos medicamentos como Aspirina e Ben-U-Ron permitem resultados mais condicentes com os de literatura. A maior intensidade da procura ajuda a minimização de erros, promove maiores diferenças entre as heurísticas previsivelmente mais fidedignas e as restantes.

Porém, o tipo de procura não é apenas a única explicação para os resultados até porque estes modelos são construídos para serem aplicados em vários casos na gestão de inventário.

Ao longo da construção e aperfeiçoamento do código macro em VBA, os valores de custo de posse e *set-up* tidos em conta para os testes eram bastante superiores aos previamente calculados para os valores de caso de estudo. Esta situação foi falada com atenção para as heurísticas de *Silver-Meal* e Custo Mínimo Unitário (ou LUC) – 4.1 “Otimização”. Para além destes problemas específicos das heurísticas referidas, o baixo custo de *set-up* possibilita à heurística lote-por-lote, em alguns casos, valores muito próximos dos custos globais das outras heurísticas.

Na mesma linha de pensamento, os custos de posse extremamente baixos usados como *inputs* nas heurísticas resultaram em valores pouco diferenciados entre heurísticas. De forma geral, as heurísticas não surgiram com percentagens discrepantes entre si. Se por um lado o comportamento das heurísticas não era condicionado pelo custo de posse, já que este era baixo, conduzindo a inventários finais mais elevados, por outro lado, nas heurísticas que tendem a verificar maiores níveis de *stock*, como é o caso da EOQ, esta heurística não apresenta os resultados da literatura porque o custo de posse não é penalizador o suficiente.

Contudo, apesar dos valores não serem exatamente os esperados, é de salientar que se não em todas, pelo menos as melhores heurísticas permitem poupar bastante dinheiro para o período temporal em estudo. A complexidade de um estudo do género permite ao gestor de cada organizar calcular os custos envolvidos na gestão de inventário: custo de compra, *set-up* e encomenda. Por vezes no decorrer deste tipo de trabalho existem surpresas com a estrutura de custos envolvidas nas variadas atividades. Por essa mesma razão, um trabalho cuidado neste âmbito permite uma nova visão do *core business* que servirá de base para novas políticas de gestão de inventário ou outras.

Como já foi referido, os custos nesta unidade retalhista são baixos, conduzindo a um resultado diferente da literatura mas, mesmo nestes moldes, permite economizar dinheiro. Mediante os dados utilizados foram sendo introduzidas otimizações que podem ser de forma continuada sendo adequados a novas realidades. Porém, existem vários fatores que influenciam estas heurísticas de *lot-sizing* (Grewal, 1999) pelo que, mesmo sendo bastante abrangentes nos casos de aplicação podem surgir resultados um pouco diferentes. Em concreto, a introdução de inventário inicial no WW e *inputs*/custos tão baixos em todas as heurísticas. Em vários testes, com a mudança destas características os valores aproximaram-se com os da literatura.

Como investigação futura poderá desenvolver-se novos testes para o setor de atividade farmacêutico e não só, adequando as heurísticas genéricas a casos concretos e mais otimizados. Por forma a estudar em profundidade as heurísticas poderá utilizar-se a agregação

de famílias de produtos – como sugerido por Govindan (2014) – tornando as amostras mais homogêneas e tornando a variação de um único fator, mais conclusivo. Note-se que os produtos selecionados neste trabalho foram considerados pelo gestor e, como tal, tornando uma amostra de medicamentos bastante heterogênea em termos de custo, procura, entre outros.

6. Bibliografia

- A.Courtois, Martin-Bonnefous, C. e Pillet, M. 2007.** *Gestão da Prdução*. Lisboa : Lidel, 2007.
- Agrawal, Narendra e Smith, Stephen A. 2013.** Optimal inventory management for a retail chain with diverse store demands. 2013, pp. 393–403.
- Alves, Ana Rolo, Pires, António Ramos e Saraiva, Margarida. 2012.** Qualidade e Inovação Organizacional na Gestão da Cadeia de Abastecimento. *TMQ - TECHNIQUES, METHODOLOGIES AND QUALITY*. N.º 3, 2012.
- Amaro, A.C.S. e Barbosa-Póvoa, A.P.F.D. 2008.** Planning and scheduling of industrial supply chains with reverse flows: A real pharmaceutical case study. 2008, pp. 2606–2625.
- Antunes, Filipa dos Reis e Fernandes, Mariana Lourenço. 2014.** Modelos de Previsão aplicados ao retalho do medicamento. 2014.
- Armstrong, J. Scott e Green, Kesten C. 2011.** DEMAND FORECASTING: EVIDENCE-BASED METHODS. *Oxford Handbook in Managerial Economics*. 17 de Agosto de 2011, pp. 1-23.
- 2011.** *Auditoria ao INFARMED*. 41/2010 - Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P., e ao funcionamento do mercado do medicamento, s.l. : Tribunal de Contas, 1 de Janeiro de 2011.
- Baciarello, Luca, et al. 2013.** Lot sizing heuristics performance. 2013.
- Bala, Pradip Kumar. 2010.** Purchase-driven Classification for Improved Forecasting in Spare Parts Inventory Replenishment. *Volume 10– No.9*. November de 2010, pp. 41-45.
- Ballou, Ronald H. 2004.** *Business Logistics/ Supply Chain Management*. New Jersey : Pearson Education, 2004. ISBN 0-13-123010-7.
- Bauer, Lidiane. 2007.** *Estimação do coeficiente de correlação de spearman ponderado*. Porto Alegre : s.n., 2007.
- Bygballe, Lena E., Bø, Eirill e Grønland, Stein Erik. 2010.** Managing international supply: The balance between total costs and customer service. 2010, Vol. 41, pp. 394–401.
- C.J. Gelderman, Semeijn. 2006.** Manging the global supply base through purchasing portfolio managment. 2006, Vol. 12, pp. 209–217 .
- Chen, F.L e Ou, T.Y. 2011.** Sales forecasting system based on Gray extreme learning machine with Taguchi method in retail industry. 2011, pp. 1336–1345.
- Christopher, Martin, Peck, Helen e Towill, Denis. 2006.** A taxonomy for selecting global supply chain strategies. 2006, pp. 277 - 287.
- Chu, Ching-Wu e Zhang, Guoqiang Peter. 2003.** A comparative study of linear and nonlinear models for aggregate retail sales forecasting. 2003, pp. 217–231.

- Coelho, Frederico Bazarello. 2009.** Diagnóstico e proposta de melhoria de planejamento e controle da produção: Estudo de caso em indústria farmacêutica. 2009.
- Danese, Pamela e Kalchschmidt, Matteo. 2011.** The role of the forecasting process in improving forecast accuracy and operational performance. 2011, pp. 204–214.
- Dias, Francisco José Lopes. 2013.** *A qualidade como fator de diferenciação na logística farmacêutica e de produtos de saúde.* Porto : Universidade Fernando Pessoa, 2013.
- Dias, Neide Cristina Pacheco. 2012.** *Modelização da Previsão do Consumo Retalhista: Qual a Contribuição dos Stocks para o Resultado da Empresa?* Braga : Universidade do Minho "Escola de Economia e Gestão", 2012.
- Esteves, Nuno. 2011.** *Previsão de Vendas, Distribuição e Reabastecimento Integrados para Retalho.* 2011.
- FERNANDES, EMÍLIA RIBEIRO DE MATOS. 2010.** *PLANEAMENTO E GESTÃO DE STOCKS. ANÁLISE DE UM ARMAZÉM E SUA MELHORIA.* Aveiro : Universidade de Aveiro, 2010.
- Fiorioli, J. C. e Fogliatto, F. S. 2009.** Modelagem do efeito chicote em ambientes com demanda e lead time estocásticos mediante uma nova política de tratamento dos excessos de estoque. 2009, pp. 27-40.
- G. Persson, H. Hakansson. 2006.** When supplier relationships matter. 2006, pp. 26-41.
- Gomes, Andreia e Reis, Daniela. 2014.** Gestão de Stocks no retalho de medicamentos. 2014.
- Govindan, Kannan. 2014.** The optimal replenishment policy for time-varying stochastic demand under vendor managed inventory. 2014.
- Grewal, Harpreet. 1999.** Analysis of inventory lot size problem. 1999.
- Gupta, Surendra M. e Brennan, Louis. 1992.** Heuristic and optimal approaches to lot-sizing incorporating backorders: an empirical evaluation. 1992.
- Ho, Johnny C., Solis, Adriano O. e Chang, Yih-Long. 2007.** An evaluation of lot-sizing heuristics for deteriorating inventory in material requirements planning systems. 2007.
- Johansen, Soren Glud. 1999.** Lot sizing for varying degrees of demand uncertainty. 1999, Vol. 59, 1-3.
- Johanson, Steve. 2014.** *opsrules.* [Online] 4 de Fevereiro de 2014. [Citação: 2 de Fevereiro de 2015.] <http://www.opsrules.com/supply-chain-optimization-blog/bid/333778/Four-Common-Pitfalls-of-Safety-Stock>.
- Junior, Aluisio dos Santos Monteiro e Salomão, Rafael Pacetta. 2010.** Avaliação de metodologia de implantação do programa lean management em indústria farmacêutica situada no rio de janeiro. 2010.
- Kabir, Malik Iqbal. 2013.** Reverse Logistics in Pharmaceutical Industry. 2013, Vol. 2, pp. 96-100.
- Kamisaki, Fernando Yutaka. 2009.** Criação do processo de previsão de demanda orientado para o planejamento estratégico de uma empresa do setor farmacêutico. 2009.

Keramati, Mohammadali, Javanmard, Habibollah e Bahman, Vahid. 2015. Determination of Model Optimal Order Periodic. 2015.

Kongar, Elif, et al. 2014. A novel IT infrastructure for reverse logistics operations of end-of-life pharmaceutical products. 7 de Agosto de 2014.

Korakianiti, Evdokia e Rekkas, Dimitrios. 2010. Statistical Thinking and Knowledge Management for Quality-Driven Design and Manufacturing in Pharmaceuticals. *Web site de Springer Link*. [Online] 28 de Outubro de 2010. [Citação: 4 de Novembro de 2014.]
<http://link.springer.com/article/10.1007/s11095-010-0315-3%20/fulltext.html>.

Lee, H. 2004. The triple - A supply Chain. . *Harvard Bussiness Review*. 1 de October de 2004, pp. 1-12.

Lokad. *Lokad.com*. [Online] [Citação: 2 de Fevereiro de 2015.] <http://www.lokad.com/salescast-service-level>.

Maas, Florian. 2013. Performance of on-line lot sizing heuristics with a worst-case ratio of two. 2013.

Mantrala, Murali K e Raman, Kalyan. 1998. Demand uncertainty and supplier's returns policies for a multi-store style-good retailer. 1 de Julho de 1998, pp. 270-284.

McComas, Cindy. 1995. *Controlling purchasing and Inventory to reduce waste*. Spring : Pollution Prevention Review, 1995. pp. 27-34.

Pedroso, Marcelo Caldeira e Nakano, Davi. 2009. Knowledge and information flows in supply chains: A study on pharmaceutical companies. 2009, Vol. 122, pp. 376–384.

Pereira, Ricardo. 2013. *Caracterização das Tecnologias de Suporte à Gestão Logística nas Empresas de Distribuição de Medicamentos*. Setúbal : Escola Superior de Ciências Empresariais, 2013.

Peterson, Robin T. 2014. <http://www.questia.com>. [Online] 29 de Setembro de 2014.
<http://www.questia.com/library/journal/1P3-574901/forecasting-practices-in-retail-industry>.

Primo Praxis. *Primo Praxis*. [Online] Governo publica novo regime de preços dos medicamentos e margens das farmácias. [Citação: 20 de Outubro de 2014.] <http://www.primopraxis.pt/Farmacia-Portuguesa/governo-publica-novo-regime-de-precos-dos-medicamentos-e-margens-das-farmacias>.

Pujawan, Nyoman. 2004. The effect of lot sizing rules on order variability. 2004, Vol. 159.

—. 2004. The effect of lot sizing rules on order variability. 2004, Vol. 159, 3.

Schwarz, Leroy B. e Zhao, Hui. 2011. The Unexpected Impact of Information Sharing on US Pharmaceutical Supply Chains. *Informs Pubs Online*. [Online] 1 de Agosto de 2011.
<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.1110.0571>.

Shah, Nilay. 2004. Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation Nilay. 2004, Vol. 28, pp. 929–941.

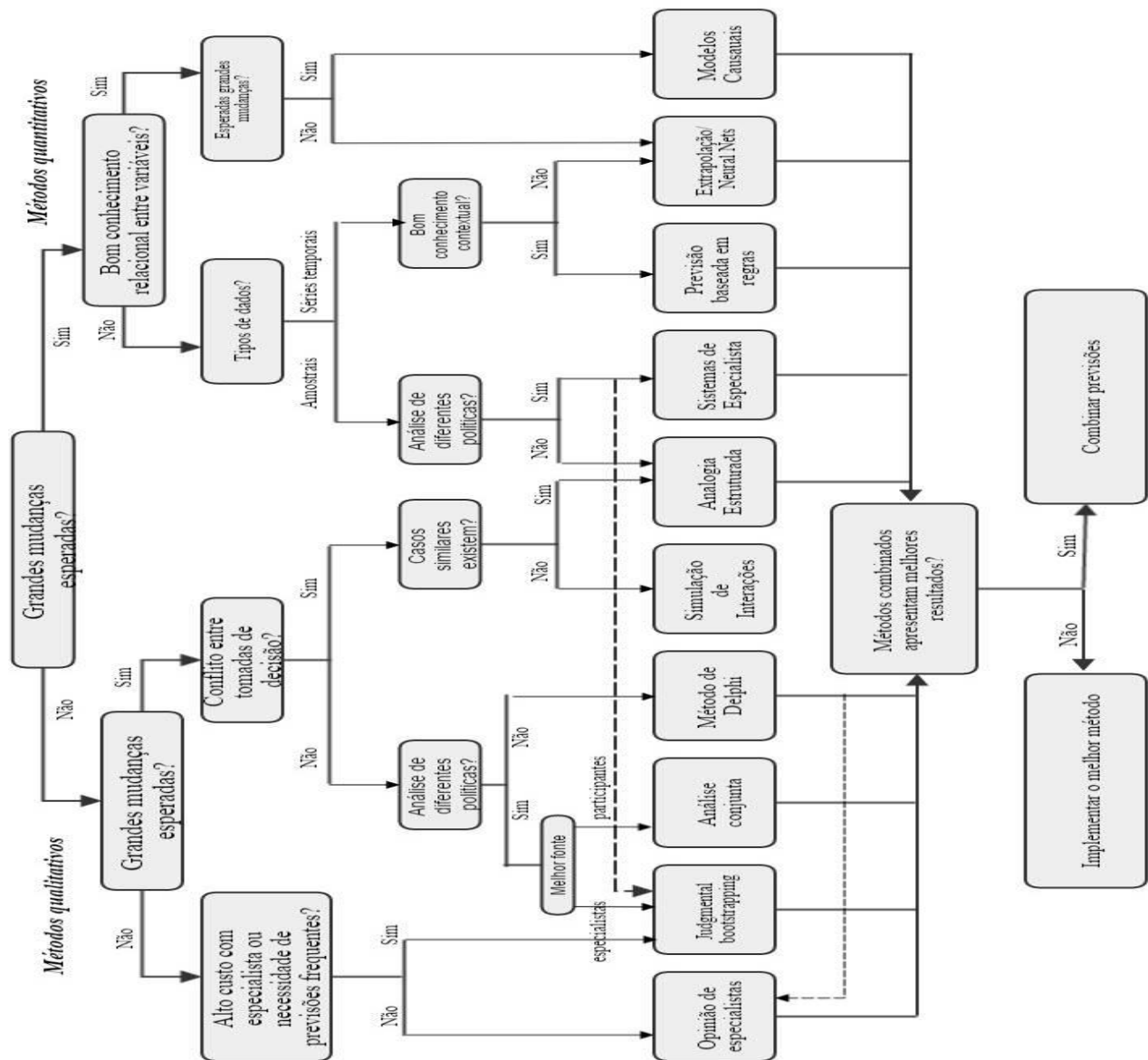
Sousa, Rui T., et al. 2011. Global supply chain planning for pharmaceuticals. 2011, Vol. 89, 11, pp. 2396–2409.

Soutinho, Ricardo. 2009. *Implementação de um Sistema de Gestão de Stocks*. 2009.

- Sox, Charles R. 1997.** Dynamic lot sizing with random demand and non-stationary costs. 1997.
- Stock, James R. e Lambert, Douglas M. 1987.** *Strategic Logistics Management*. s.l. : Irwin Professional Publishing, 1987. Vol. 2nd Edition.
- Susarla, Naresh e Karimi, I. A. 2012.** Integrated supply chain planning for multinational pharmaceutical enterprises. 2012, pp. 168– 177.
- Tempelmeier, Horst. 2007.** On the stochastic uncapacitated dynamic single-item lotsizing problem with service level constraints. 2007.
- Torkko, Marianne, et al. 2013.** *springer*. [Online] 16 de Agosto de 2013. [Citação: 6 de Novembro de 2014.] http://download.springer.com/static/pdf/343/art%253A10.1007%252Fs12247-013-9159-9.pdf?auth66=1415198460_b456a2de381ab27fdb56837d9c54c94c&ext=.pdf. DOI 10.1007/s12247-013-9159-9.
- Trent, Robert J. e Monczka, Robert M. 2003.** Understanding integrated global sourcing. 2003, Vol. 41, pp. 607 - 629.
- Tunc, Huseyin, et al. 2014.** A reformulation for the stochastic lot sizing problem with service-level constraints. 2014.
- Wang, Xiaojun. 2010.** Inventory management ins pharmaceutical company: minimizing discard practices. 17 de Agosto de 2010, pp. 1-65.
- Zhang, Xiaolong. 2004.** The impact of forecasting methods on the bullwhip effect. 2004, pp. 15–27.

7. Anexos

7.1. Árvore proposta por Armstrong, et al. (2011)



(Inicia em página ímpar)

7.2. Códigos de VBA (Macros)

```
=====
' Modelos Matemáticos de lot-sizing e Previsão-> Procura variável e estocástica.
' ESTG-Leiria
' Pedro Fetal
' p_fetal@hotmail.com
' 2111423@ipleiria.pt
' Última revisão: Março de 2015
=====
' Definições:
' n_intervalos      número de intervalos da média móvel
' n                 número de períodos de previsão
' k                 indicador do período.
' Media             Média propriamente dita - variável a apresentar como resultado.
' MAD               erro médio que funciona como avaliador da adesão do método
' MSE               erro médio ao quadrado que funciona como avaliador da adesão do método
' procura           variável procura para calcular o erro_m da previsão
' calculo_da_MM    Leitura da média móvel para cálculo do erro_m
' soma              somatório do erro MAD
' soma2            somatório do erro MSE
' erro              diferença entre procura e previsão
' erro2            diferença entre procura e previsão ao quadrado
=====
```

7.2.1. Macro Média Móvel

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Definição de variáveis
Const Celula_start = "B3"
Dim n_intervalos As Double
Dim n As Integer
Dim k As Integer
Dim Media As Double
Dim Procura As Integer
Dim calculo_da_MM
Dim soma As Double
Dim erro As Double
Dim soma2 As Double
Dim MAD As Double
Dim MSE As Double
Dim erro2 As Double

' Validação da folha de excel certa e cálculo do numero de
períodos "n"
'
Worksheets("Alisamentos").Activate
With Range(Celula_start)
If .Value <> "Procura.." Then
MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!",
vbError, "Erro de cálculo"
End
End If
n = Range(.Offset(0, 1), .End(xlToRight)).Columns.Count
End With
'Leitura do nº de intervalos escolhido e atribuição dos valores
permitidos
n_intervalos = Me.TextBox1.Text
If n_intervalos < 2 Then
MsgBox "O valor do intervalo tem de ser igual ou superior
a 2"
End If
If n_intervalos > 4 Then
MsgBox "O valor do intervalo não pode ser superior a 4"
End If
'Sequência de decisão de acordo o intervalo
With Range(Celula_start)
Calcular a média móvel para 2 intervalos
'
If n_intervalos = 2 Then
For k = 1 To n - 2
Media = (.Offset(0, k) + .Offset(0, k + 1)) / 2
.Offset(4, k + 2) = Media
Next k
For k = 3 To n
calculo_da_MM = .Offset(4, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_da_MM - Procura)
soma = soma + erro
erro2 = Abs(calculo_da_MM - Procura) ^ 2
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 2)
.Offset(10, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 2)
.Offset(11, 6) = MSE
End If
'Calcular a média móvel para 3 intervalos
'
If n_intervalos = 3 Then
For k = 1 To n - 3
Media = (.Offset(0, k) + .Offset(0, k + 1) + .Offset(0, k +
2)) / 3
.Offset(4, k + 3) = Media
Next k
For k = 4 To n
calculo_da_MM = .Offset(4, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_da_MM - Procura)
soma = soma + erro
erro2 = Abs(calculo_da_MM - Procura) ^ 2
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 3)
.Offset(10, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 3)
.Offset(11, 6) = MSE
End If
'Calcular a média móvel para 4 intervalos
If n_intervalos = 4 Then
For k = 1 To n - 4
Media = (.Offset(0, k) + .Offset(0, k + 1) + .Offset(0, k
+ 2) + .Offset(0, k + 3)) / 4
.Offset(4, k + 4) = Media
Next k
For k = 5 To n
calculo_da_MM = .Offset(4, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_da_MM - Procura)
soma = soma + erro
erro2 = Abs(calculo_da_MM - Procura) ^ 2
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 4)
.Offset(10, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 4)
.Offset(11, 6) = MSE
End If
End With
End Sub

```

7.2.2. Macro Média Móvel Ponderada

```

"=====
'
' Modelos Matemáticos de Lotsizing e Previsão-> Procura variável e estocástica.
'
' ESTG-Leiria
' Pedro Fetal
' p_fetal@hotmail.com
' 2111423@ipleiria.pt
"=====

```

```

" Definições:
,
,
' celula_start    célula de referência
' n_intervalos   numero de intervalos da média móvel
' n              numero de periodos de previsão
' k              indicador do periodo.
' Media          Média propriamente dita - variável a apresentar como resultado.
' erro_e         erro médio que funciona como avaliador da adesão do método
' procura        variável procura para calcular o erro_m da previsão
' calculo_da_mm  Leitura da média móvel para cálculo do erro_m
' soma           acumulativo do erro
' erro           diferença entre procura e previsão num periodo
' w1,w2,w3       pesos a atribuir na média ponderada
' soma_w/w1      soma dos pesos (aferação se =1)- w1(n_intervalos =2)
=====
'Declaração de variáveis
Private Sub CommandButton1_Click()
Const Celula_start = "B3"
Dim n_intervalos As Double
Dim n As Integer
Dim k As Integer
Dim Media As Double
Dim soma_W As Double
Dim w1 As Double
Dim w2 As Double

Dim w3 As Double
Dim soma_W1 As Double
Dim calculo_da_MMP As Double
Dim erro As Double
Dim MAD As Double
Dim Procura As Integer
Dim erro2 As Double
Dim soma As Double
Dim soma2 As Double
Dim MSE As Double

Worksheets("Alisamentos").Activate
With Range(Celula_start)
If .Value <> "Procura.." Then
MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!", vbError, "Erro de cálculo"
End If
n = Range(.Offset(0, 1), .End(xlToRight)).Columns.Count
End With

Leitura dos dados
,
w1 = Me.TextBox2.Text
w2 = Me.TextBox5.Text
w3 = Me.TextBox6.Text
soma_W = w1 + w2 + w3
n_intervalos = Me.TextBox1.Text

'Verificação se o somatório dos pesos =1 e se o valor de intervalo é o pretendido
,
If soma_W < 1 Then
MsgBox "O somatório dos pesos é inferior a 1. Deve ser igual a 1!"
End If
If soma_W > 1 Then
MsgBox "O somatório dos pesos é superior a 1. Deve ser igual a 1!"
End If
With Range(Celula_start)
If n_intervalos < 2 Then
MsgBox "O valor do intervalo tem de ser igual ou superior a 2"
End If
If n_intervalos > 3 Then
MsgBox "O valor do intervalo não pode ser superior a 3"
End If
,
' para intervalo = 2
,
If n_intervalos = 2 Then
,
' verificação da soma w1 + w2 = 1
,
soma_W1 = w1 + w2
If soma_W1 < 1 Then
MsgBox "O valor do peso 1 + peso 2 é menor que 1!"
End If

If soma_W1 > 1 Then
MsgBox "O valor do peso 1 + peso 2 não é maior que 1!"
End If

' cálculo da média e do erro
,
For k = 1 To n - 2
Media = ((.Offset(0, k) * w2) + (.Offset(0, k + 1) * w1))
.Offset(5, k + 2) = Media
Next k
For k = 3 To n
calculo_da_MMP = .Offset(5, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_da_MMP - Procura)
erro2 = Abs(calculo_da_MMP - Procura) ^ 2
soma = soma + erro
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 2)
.Offset(13, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 2)
.Offset(14, 6) = MSE
End If
,
' para intervalo = 3
If n_intervalos = 3 Then
For k = 1 To n - 3
Media = ((.Offset(0, k) * w3) + (.Offset(0, k + 1) * w2) + (.Offset(0, k + 2) * w1))
.Offset(5, k + 3) = Media
Next k
For k = 4 To n
calculo_da_MMP = .Offset(5, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_da_MMP - Procura)
erro2 = Abs(calculo_da_MMP - Procura) ^ 2
soma = soma + erro
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 3)
.Offset(13, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 3)
.Offset(14, 6) = MSE
End If
End With
End Sub

```

7.2.3. Macro Alisamento Exponencial

```

' Definições:
'
' celula_start      célula de referência
' n_intervalos     numero de intervalos da média móvel
' n                numero de periodos de previsão
' k                indicador do periodo.
' x1               valor do alisamento exponencial ao longo dos
periodos
' MAD              erro médio que funciona como avaliador da
adesão do método
' procura          variável procura para calcular o erro_m da
previsão
' calculo_da_mm    Leitura da média móvel para cálculo do
erro_m
' soma            acumulativo do erro da procura vs previsão
' erro            diferença entre procura e previsão num periodo
' calculo_do_a     valor do alisamento já calculado
' soma_w/w1       soma dos pesos (aferição se =1)-
w1(n_intervalos =2)
'=====
Private Sub CommandButton1_Click()
Const Celula_start = "B3"
Dim n As Integer
Dim k As Integer
Dim x1 As Double
Dim alpha As Double
Dim MAD As Double
Dim soma As Double
Dim calculo_do_a As Double
Dim Procura As Integer
Dim erro As Double
Dim soma2 As Double
Dim MSE As Double
Dim erro2 As Double
'
'Validação da folha e do número de periodos
'
Worksheets("Alisamentos").Activate
With Range(Celula_start)
If .Value <> "Procura.." Then
MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!",
vbError, "Erro de cálculo"
End
End If
n = Range(.Offset(0, 1), .End(xlToRight)).Columns.Count
alpha = Me.TextBox1.Text
If alpha < 0 Or alpha > 1 Then
MsgBox "O valor deve estar compreendido entre 0<a<1"
Exit Sub
End If
'
'Cálculo do alisamento exponencial e do erro da previsão
'
For k = 2 To n
x1 = Abs(alpha * .Offset(6, k - 1) + ((1 - alpha) *
.Offset(0, k - 1)))
.Offset(6, k) = x1
Next k
For k = 2 To n
calculo_do_a = .Offset(6, k)
Procura = .Offset(0, k)
erro = Abs(calculo_do_a - Procura)

soma = soma + erro
erro2 = Abs(calculo_do_a - Procura) ^ 2
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - 1)
.Offset(17, 6) = MAD
MSE = soma2 / (n - 1)
.Offset(18, 6) = MSE

End With
End Sub

```


7.2.4. Macro Holt-Winters (média como inicialização)

```

Option Explicit
Dim nt, nt2 As Double
Dim k As Integer
Dim ft, ft1, ft2 As Double
Dim n3, n1, n4 As Double
Dim alfa As Double
Dim beta As Double
Dim gama As Double
Dim n As Integer
Dim bt, bt1, bt2 As Double
Dim yr As Double
Dim Previsao As Double
Dim erro As Double
Dim erro2 As Double
Dim Procura As Double
Dim soma, soma2 As Double
Dim MAD, MSE As Double
Dim s As Integer
'global constants
'
Const pf As Integer = 100
Const Celula_start = "B4"

Private Sub CommandButton1_Click()
'
Worksheets("Holt_Winters").Activate
With Range(Celula_start)
If .Value <> "Procura" Then
MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!",
vbError, "Erro de cálculo"
End
End If
n = Range(.Offset(0, 1), .End(xlToRight)).Columns.Count
If n > pf Then
MsgBox "Demasiados períodos para cálculo." + vbCrLf + _
"O número máximo de períodos é" + CStr(pf) + "períodos
..." + _
vbCrLf + "mas estão" + CStr(n) + "neste caso" + _
vbError, "Erro de cálculo"
End If
End With
'
'Leitura o nº de intervalos escolhido e atribuição dos valores
permitidos
'
alfa = Me.TextBox2.Text
beta = Me.TextBox3.Text
gama = Me.TextBox4.Text
s = Me.TextBox5.Text
If s > n Then
MsgBox "o Valor introduzido é maior que o número de
variáveis a calcular"
End If

If alfa > 1 Or beta > 1 Or gama > 1 Then
MsgBox "Um dos parâmetros introduzidos é > 1"
Exit Sub
End If
If alfa < 0 Or beta < 0 Or gama < 0 Then
MsgBox "Um dos parâmetros introduzidos é > 1"
Exit Sub
End If

'Sequência de decisão de acordo o intervalo
'
Limpas_HW
With Range(Celula_start)
n1 = 1
For k = 1 To s
nt = nt + .Offset(0, k)
Next k
nt = nt / (s)
.Offset(2, s) = nt
For k = 1 To n1
bt = 0
.Offset(3, s) = bt
Next k
For k = 1 To s
ft = .Offset(0, k) - nt
.Offset(4, k) = ft
Next k
End With

With Range(Celula_start)
For k = (s + 1) To (s + 1)
ft = .Offset(4, (k - s)).Value
yr = .Offset(0, (s + 1)).Value
nt = .Offset(2, s).Value
bt = .Offset(3, s).Value
n4 = (alfa * (yr - ft)) + ((1 - alfa) * (nt + bt))
.Offset(2, (s + 1)) = n4
bt1 = (beta * (n4 - nt)) + (1 - beta) * bt
.Offset(3, (s + 1)) = bt1
ft1 = (gama * (yr - n4)) + ((1 - gama) * ft)
.Offset(4, (s + 1)) = ft1
Next k

For k = (s + 2) To n
yr = .Offset(0, k).Value
nt = .Offset(2, k - 1)
bt1 = .Offset(3, (k - 1))
bt = .Offset(3, (k - s - 1))
ft = .Offset(4, k - s)
n4 = (alfa * (yr - bt)) + (1 - alfa) * (nt + bt1)
.Offset(2, k) = n4
bt = beta * (n4 - nt) + (1 - beta) * bt1
.Offset(3, k) = bt
ft1 = (gama * (yr - n4)) + (1 - gama) * ft)
.Offset(4, k) = ft1
Next k

For k = (s + 1) To n
ft2 = .Offset(4, k - s)
bt2 = .Offset(3, k - 1)
nt2 = .Offset(2, k - 1)
Previsao = nt2 + bt2 + ft2
.Offset(5, k) = Previsao
Next k

For k = 5 To n
Procura = .Offset(0, k)
Previsao = .Offset(5, k)
erro = Abs(Procura - Previsao)
erro2 = (Procura - Previsao) ^ 2
soma = soma + erro
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - s)
.Offset(6, 1) = MAD
MSE = soma2 / (n - s)
.Offset(7, 1) = MSE
End With
End Sub

Sub Limpar_HW()
'
'Limpar_HW Macro
Range("C5:V12").Select
Selection.ClearContents
End Sub

```

7.2.5. Macro Holt-Winters (regressão linear como inicialização)

```

Option Explicit
Dim nt, nt2 As Double
Dim k As Integer
Dim ft, ft1, ft2 As Double
Dim n3, n1, n4 As Double
Dim alfa As Double
Dim beta As Double
Dim gama As Double
Dim n As Integer
Dim bt, bt1, bt2 As Double
Dim yr As Double
Dim Previsao As Double
Dim erro As Double
Dim erro2 As Double
Dim Procura As Double
Dim soma, soma2 As Double
Dim MAD, MSE As Double
Dim s As Integer
Dim m, b As Double
'
'global constants
'
Const pf As Integer = 100
Const Celula_start = "B4"
Private Sub CommandButton1_Click()
Worksheets("Holt_Winters").Activate
With Range(Celula_start)
If .Value <> "Procura" Then
MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!",
vbError, "Erro de cálculo"
End
End If
n = Range(.Offset(0, 1), .End(xlToRight)).Columns.Count
If n > pf Then
MsgBox "Demasiados períodos para cálculo." + vbCrLf + _
"O número máximo de períodos é" + CStr(pf) + "períodos
..." + _
vbCrLf + "mas estão" + CStr(n) + "neste caso" + _
vbError, "Erro de cálculo"
End If
End With
'
'Leitura o nº de intervalos escolhido e atribuição dos valores
permitted
'
alfa = Me.TextBox2.Text
beta = Me.TextBox3.Text
gama = Me.TextBox4.Text
s = Me.TextBox5.Text
b = Me.TextBox6.Text
m = Me.TextBox7.Text
If s > n Then
MsgBox "o Valor introduzido é maior que o número de
variáveis a calcular"
End If
If alfa > 1 Or beta > 1 Or gama > 1 Then
MsgBox "Um dos parâmetros introduzidos é > 1"
Exit Sub
End If
If alfa < 0 Or beta < 0 Or gama < 0 Then
MsgBox "Um dos parâmetros introduzidos é < 0"
Exit Sub
End If
'Sequência de decisão de acordo o intervalo
Limpar_HW

With Range(Celula_start)
n1 = 1
nt = b + (m * s)
.Offset(2, s) = nt
.Offset(3, s) = m
For k = 1 To s
ft = .Offset(0, k) - b - (m * k)
.Offset(4, k) = ft
Next k
With Range(Celula_start)
For k = (s + 1) To (s + 1)
ft = .Offset(4, (k - s)).Value
yr = .Offset(0, (s + 1)).Value
nt = .Offset(2, s).Value
bt = .Offset(3, s).Value
n4 = (alfa * (yr - ft)) + ((1 - alfa) * (nt + bt))
.Offset(2, (s + 1)) = n4
bt1 = (beta * (n4 - nt)) + (1 - beta) * bt
.Offset(3, (s + 1)) = bt1
ft1 = (gama * (yr - n4)) + ((1 - gama) * ft)
.Offset(4, (s + 1)) = ft1
Next k
For k = (s + 2) To n
yr = .Offset(0, k).Value
nt = .Offset(2, k - 1)
bt1 = .Offset(3, (k - 1))
bt = .Offset(3, (k - s - 1))
ft = .Offset(4, k - s)
n4 = (alfa * (yr - bt)) + (1 - alfa) * (nt + bt1)
.Offset(2, k) = n4
bt = beta * (n4 - nt) + (1 - beta) * bt1
.Offset(3, k) = bt
ft1 = (gama * (yr - n4) + (1 - gama) * ft)
.Offset(4, k) = ft1
Next k
For k = (s + 1) To n
ft2 = .Offset(4, k - s)
bt2 = .Offset(3, k - 1)
nt2 = .Offset(2, k - 1)
Previsao = nt2 + bt2 + ft2
.Offset(5, k) = Previsao
Next k

For k = (s + 1) To n
Procura = .Offset(0, k)
Previsao = .Offset(5, k)
erro = Abs(Procura - Previsao)
erro2 = (Procura - Previsao) ^ 2
soma = soma + erro
soma2 = soma2 + erro2
Next k
MAD = soma / (n - s)
.Offset(6, 1) = MAD
MSE = soma2 / (n - s)
.Offset(7, 1) = MSE
End With
End With
End Sub
Sub Limpar_HW()
'
'Limpar_HW Macro
'
Range("C5:V12").Select
Selection.ClearContents
End Sub

```

7.2.6. Macro dos Modelos Matemáticos

Modelos Matemáticos de Lot-sizing -> Procura variável e estocástica.

Definições:

s(k)-custo de setup período k.

c(k) -custo de compra no período k.

Custo - custo

d(k) - procura no período k.

f(k) - custo mínimo para o período 1 de índice k quando I(k)=0.

h(k) - holding cost in period k.

I (k) - inventário no final do período k.

K - indicador do período.

jstar(k) indicador do período que minimiza f(k).

m(k) custo que incorre pela produção de um período j para todos os períodos j

n - numero de períodos.

Q (k) Quantidade de encomenda no período k.

sumh(k) somatório dos custos de posse.

temp valor temporário ou transitório.

n_períodos - numero de períodos.

big_number- número grande usado para criar desvantagem.

c(t) custo no período t.

Celula_start - célula referência/início.

DEFINIÇÃO DE CONTANTES E VARIÁVEIS

Constantes Gerais

Global Const pf As Integer = 100

Global Const big_number As Double = 3000

Global Const Celula_start = "A4"

Global Const trace As Boolean = False

Global d (pf) As Double

Global f (pf) As Double

Global h (pf) As Double

Global Iini (pf) As Double

Global Ifim (pf) As Double, ifimp (pf) As Double

Global k As Integer, j As Integer

Global jstar (pf) As Integer,

Global j_best As Integer

Global m (pf) As Double

Variáveis Gerais

Global s (pf) As Double

Global c (pf) As Double

Global custo As Double, custo_ref As Double

Global n As Integer

Global q(pf) As Double, QP As Double, QP_best

Global sumh(pf) As Double

Global temp As Double

Função ler inputs

Sub ler_dados()

'Ativar a folha de cálculo pretendida

' Worksheets ("Modelos_Matematicos").Activate

' Validação da celula_start, através da palavra escrita

With Range (Celula_start)

If .Value <> "Pedro Fetal" Then

MsgBox "Os dados foram introduzidos na célula errada!", vbError, "Erro de cálculo"

End If

'Definição da variável n (número de colunas - 1) que é igual ao nº períodos

n = Range (.Offset (0, 1), .End (xlToRight)).Columns.Count - 1

' Comparação do número de períodos com o número máximo de períodos permitido

If n > pf Then

MsgBox "Demasiados períodos para cálculo." + vbCrLf + _

"O número máximo de periodos é" + CStr(pf) + "periodos

..." + _

vbCrLf + "mas estão" + CStr(n) + "neste caso" + _

vbError, "Erro de cálculo"

End If

'Leitura dos inputs: Iini, procura, custo de setup etc.

For k = 1 To n

Iini(k) = .Offset(1, k).Value

d(k) = .Offset(2, k).Value

s(k) = .Offset(3, k).Value

c(k) = .Offset(4, k).Value

h(k) = .Offset(5, k).Value

Next k

End With

End Sub

Escrever Quantidade

```
Sub escrever_Q ()
'Ciclo que permite escrever as quantidades calculadas
With Range (Celula_start)
  For k = 1 To n
    .Offset (6, k).Value = q(k)
  Next k
End Sub
```

Função “Lote por lote”

```
Sub lote_por_lote()
'Definição de variáveis
Dim procura_media As Double
'Escrever na folha o modelo selecionado
With Range(Celula_start)
.Offset(-3, 1).Font.Bold = True
.Offset(-3, 1).Value = "Lote-por-Lote"
End With
'Chamada da função ler dados
```

Função “EOQ”

```
Sub eoq()
'Definição de variavel da média
Dim procura_media As Double
Dim setup_media As Double
'Ciclo que valida a celula de inicio (Start) e escreve o modelo selecionado
With Range(Celula_start)
.Offset(-3, 1).Font.Bold = True
.Offset(-3, 1).Value = "EOQ -Quantidade economica de encomenda"
End With
'Ciclo que valida a celula de inicio (Start) e escreve o nome
With Range(Celula_start)
.Offset(19, 6).Value = "Pedro Fetal"
End With
'chamar função "ler dados" - introdução dos inputs
ler_dados
'ciclo que lê todos os dados da procura e os divide por n
For k = 1 To n
  procura_media = procura_media + d(k)
Next k
procura_media = procura_media / n
'Ciclo for para validar o valor de set up e não permitir que seja igual a zero. Evita um erro no ciclo do while
For k = 1 To n
  setup_media = setup_media + s(k)
Next k
setup_media = setup_media / n
```

Função “SM”

```
Sub cmp()
'Custo Minimo/Periodo (Silver-Meal)
Dim procura_media As Double
Dim t As Integer, irow As Integer
```

```
Next k
End With
End Sub

ler_dados
d(1) = d(1) - Iini(1)
For k = 1 To n
  q(k) = d(k)
Next k
'Chamada da função escrever dados
escrever_Q
End Sub
```

```
If setup_media > 0 Then
'Ciclo subtrai o valor inicial ao stock de inicio
'Se menor que zero, calcula a formula do EOQ
For k = 1 To n
  q(k) = 0
  If Iini(k) - d(k) < 0 Then q(k) = Int(Sqr(2 * procura_media * s(k) / h(k)) + 0.5)
  Ifim(k) = Iini(k) + q(k) - d(k)
  'No caso de o stock final ser zero, volta a calcular a mesma fórmula
  Do While Ifim(k) < 0
    q(k) = q(k) + Int(Sqr(2 * d(k) * s(k) / h(k)) + 0.5)
  'o programa só lê os dados da procura, então é preciso definir o Inventário final
  Ifim(k) = Iini(k) + q(k) - d(k)
  Loop
  'Associação do Iini, ao final do anterior
  Iini(k + 1) = Ifim(k)
Next k
End If
'Chamada da função escrever_Q, para apresentar os valores das quantidades calculadas
If setup_media <= 0 Then
MsgBox "O custo de encomenda/set up não pode ser < ou = a Zero! Caso contrário, ocorrerá um erro no cálculo!", vbError, "Erro de cálculo"
End If
escrever_Q
End Sub
```

```
'Cabeçalhos
With Range(Celula_start)
.Offset(-3, 1).Font.Bold = True
.Offset(-3, 1).Value = "Custo Minimo/Periodo"
End With
With Range(Celula_start)
.Offset(19, 6).Value = "Pedro Fetal"
End With
```



```

ler_dados
,
,
For k = 1 To n
    procura_media = procura_media + d(k)
Next k
procura_media = procura_media / n
,
For k = 1 To x
    Acumulativo = Acumulativo + d(k)
    If Acumulativo > x Then Exit For

    q(k) = 0
Next k
If Acumulativo > x Then
    k = k - 1
End If
Do
    QP = Int(Sqr((2 * procura_media * s(k) / h(k))) /
procura_media)
,
    If QP < 1 Then QP = 1

```

Função “WW”

```

Function maxf(x, y)
    maxf = x
    If y > x Then maxf = y
End Function

Sub wagner_whitin()
,
' wagner-whitin algorithm from evan's article.
,
With Range(Celula_start)
    .Offset(-3, 1).Font.Bold = True
    .Offset(-3, 1).Value = "Wagner-Whitin (solução ótima)"
End With
With Range(Celula_start)
    .Offset(19, 6).Value = "Pedro Fetal"

End With
' read input data.
,
ler_dados
,
' Adenda que permite ajustar o inventário inicial a procura.
' A subtração da procura ao inventário já existente é necessário
apenas no 1º período.
,
d(1) = d(1) - Iini(1)
' execute evan's implementation of the wagner-whitin
algorithm.
,
For k = 1 To n
    f(k) = big_number
    sumh(k) = 0
    m(k) = s(k) + c(k) * d(k)
    q(k) = 0
Next k

f(1) = m(1)
jstar(1) = 1
jstar(n + 1) = 0

```

```

q(k) = d(k)
If QP + k > n Then
    For t = 1 To n - k
        q(k) = q(k) + d(k + t)
        q(k + t) = 0
    Next t
    k = maxf(k + 1, k + QP)
End If
If QP + k < n Then
    For t = 1 To QP - 1
        q(k) = q(k) + d(k + t)
        q(k + t) = 0
    Next t
End If
k = maxf(k + 1, k + QP)
Loop Until k > n
,
,
    escrever_Q
,
End Sub

```

```

For k = 2 To n
    For j = 1 To k - 1
        sumh(j) = sumh(j) + h(k - 1)
        m(j) = m(j) + d(k) * (c(j) + sumh(j))
        temp = m(j)
        If j > 1 Then temp = f(j - 1) + m(j)
        If temp < f(k) Then
            f(k) = temp
            jstar(k) = j
        End If
    Next j
    temp = f(k - 1) + m(k)
    If temp < f(k) Then
        f(k) = temp
        jstar(k) = k
    End If
Next k
,
' determine the lotsizes from the jstar(k) indices.
,
k = n
Do
    k = jstar(k)
    If jstar(k) < 0 Or k <= 0 Then
        MsgBox "jstar(k) <= 0 or k <= 0 ", vbError, "Erro de
cálculo"
    End
    End If
    q(k) = 0
    For j = k To n
        If q(j) > 0 Then Exit For
        q(k) = q(k) + d(j)
    Next j
    k = k - 1
Loop Until k < 1
,
' print the lotsizes.
,
    escrever_Q
,
End Sub

```


8. Previsões (Alisamentos e *Holt-Winters*)

8.1. Periódicos

8.1.1. Aspirina

Tabela 15 - Dados dos Alisamentos - Aspirina

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		43,61
	3		35,63
	4		39,4
Média Móvel	3	0,334	35,63
		0,333	
		0,333	
Alisamento Exponencial		0,977	28,54

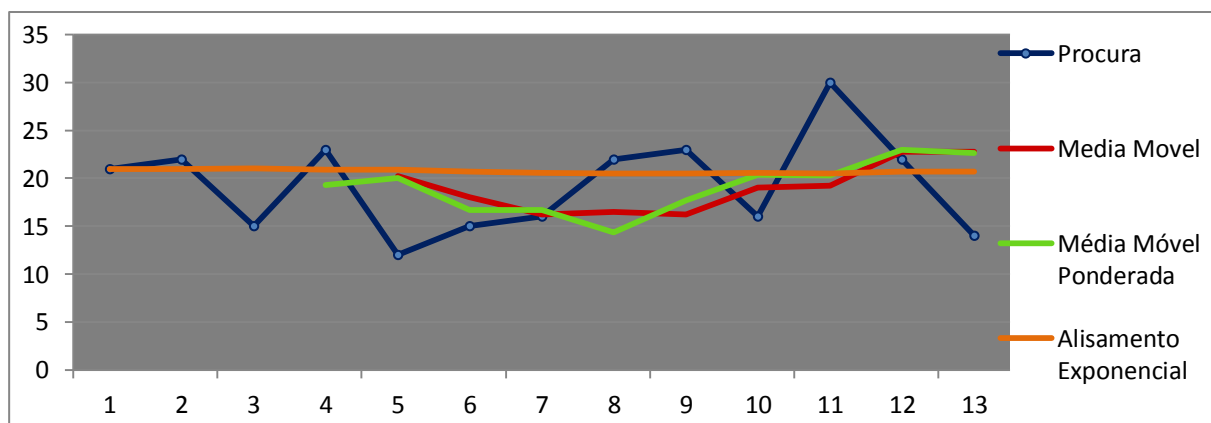


Ilustração 48 - Alisamentos para os valores periódicos da Aspirina

Tabela 16 - Dados de Cálculo do modelo Holt-Winters

Previsão (S=4)	Pesos	Regressão l.	MSE
Holt-Winters (Média)	α 0		
	β 0,036		46,46
	γ 0,340		
Holt-Winters (Regressão Linear)	α 0	m -0,1	
	β 0,065	b 20,5	46,56
	γ 0,298		

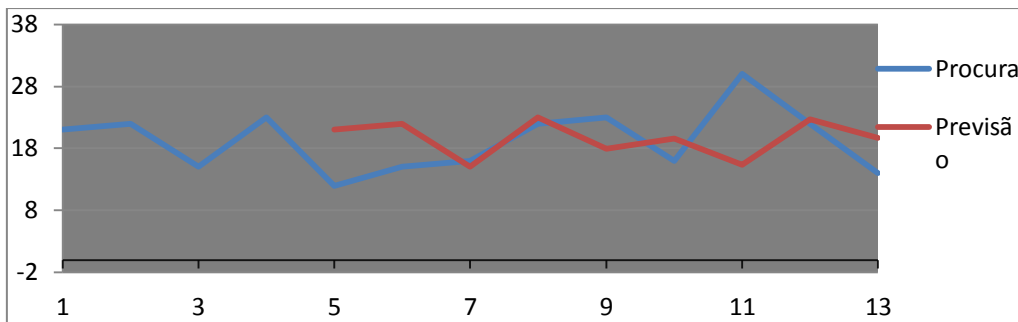


Ilustração 49 - Holt-Winters (média como modelo de inicialização) – Aspirina

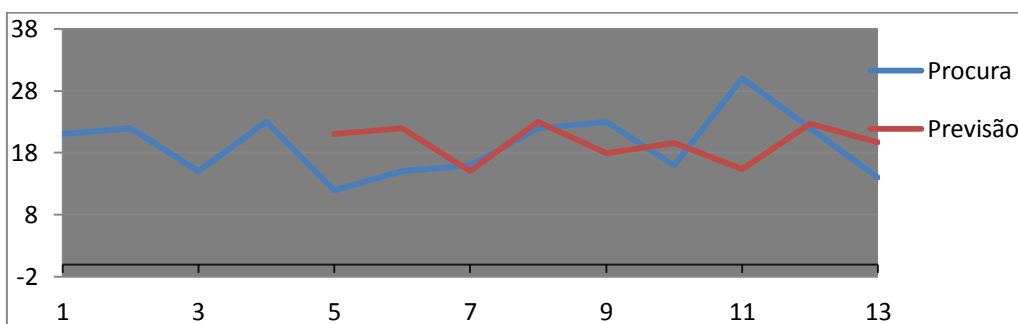


Ilustração 50 - Holt-Winters (regressão linear como modelo de inicialização) - Aspirina

8.1.2. Ben-u-Ron

Tabela 17 - Dados de alisamento - Ben-u-Ron

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		56,09
	3		49,71
	4		58,04
Média Móvel	3	0,6	50,1
		0,306	
		0,094	
Alisamento Exponencial		0,977	52,12

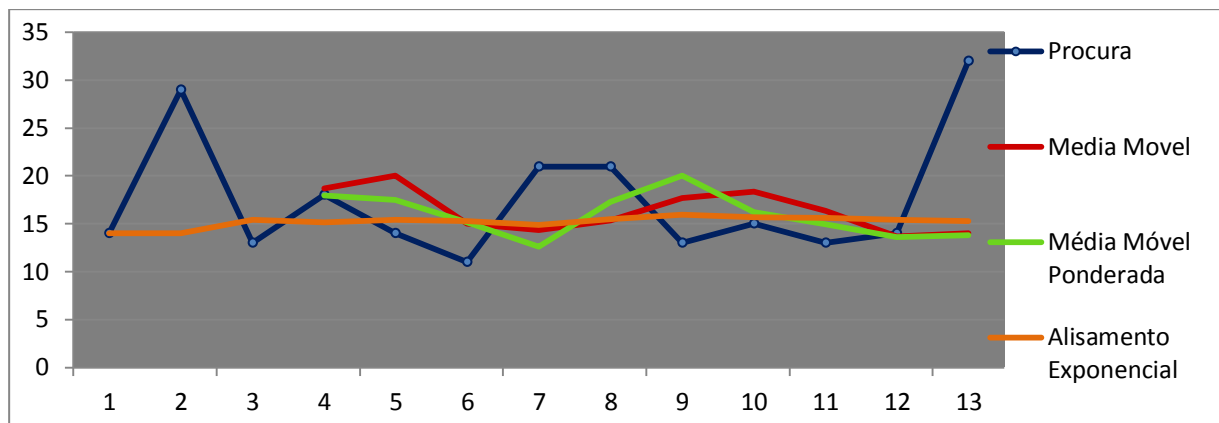


Ilustração 51 - Alisamentos para os valores periódicos Ben-u-Ron

Tabela 18 - Dados de cálculo do Método de Holt-Winters

Previsão (S=4)	Pesos	Regressão l.	MSE		
Holt-Winters (Média)	α	0			
	β	0,036	90,02		
	γ	0,558			
Holt-Winters (Regressão Linear)	α	0	m	-0,4	
	β	0,065	b	19,5	94,86
	γ	0,636			

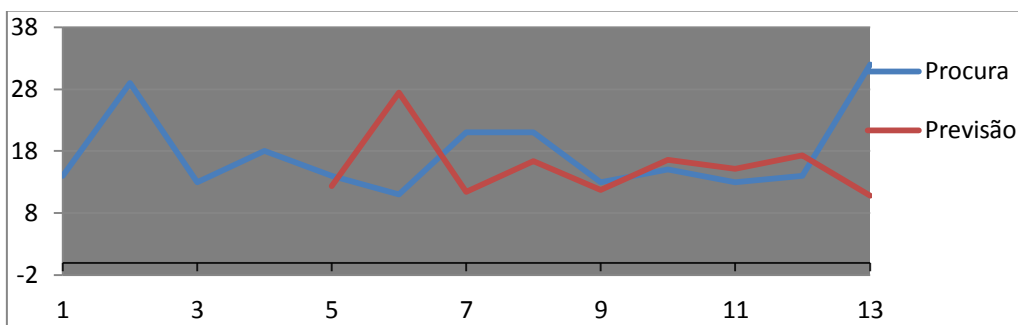


Ilustração 52 - Holt-Winters (média como modelo de inicialização) - Ben-u-ron

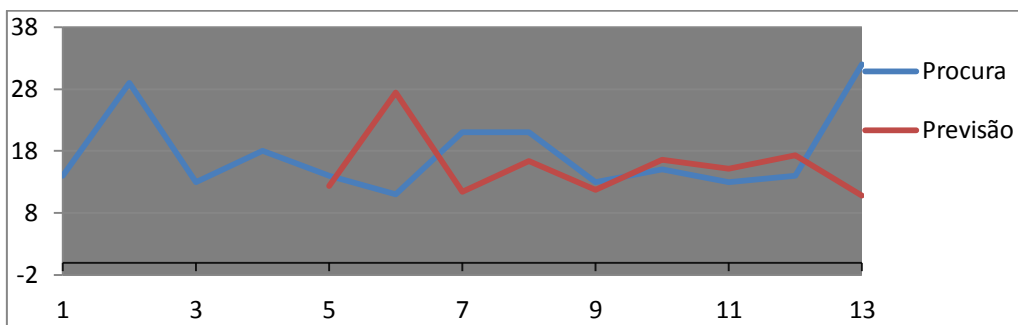


Ilustração 53 - Holt-Winters (regressão linear como modelo de inicialização) - Ben-u-ron

8.1.3. Cêgripe

Tabela 19 - Dados do Alisamento - Cêgripe

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		15,93
	3		16,51
	4		19,18
Média Móvel	3	0,6	
		0,306	15,93
		0,094	
Alisamento Exponencial		0,907	22,45

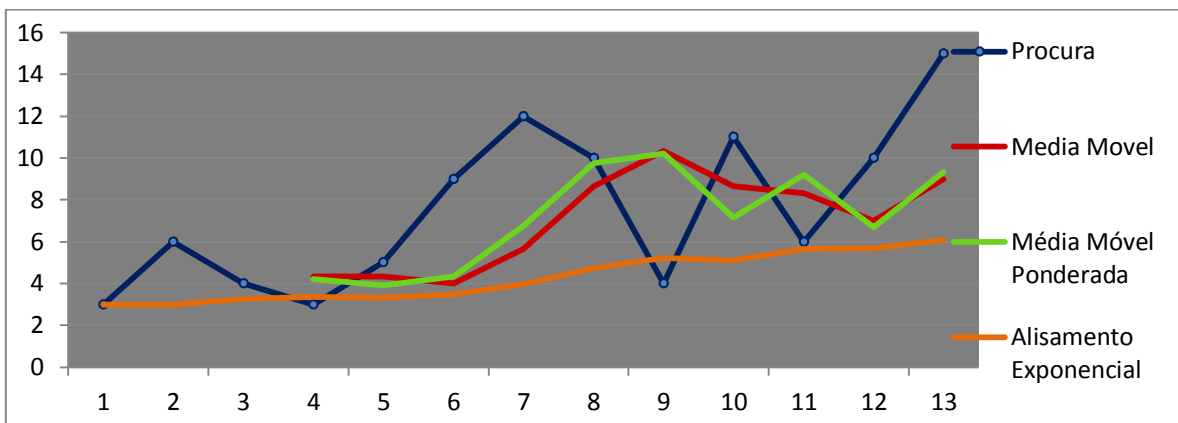


Ilustração 54 - Cêgripe para alisamentos periódicos

Tabela 20 - Dados de cálculo do modelo Holt-Winters

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters (Média)</i>	α	0,078		14,29
	β	1		
	γ	0		
<i>Holt-Winters (Regressão Linear)</i>	α	0,656	m -0,2	15,65
	β	0,021	b 4,5	
	γ	0		

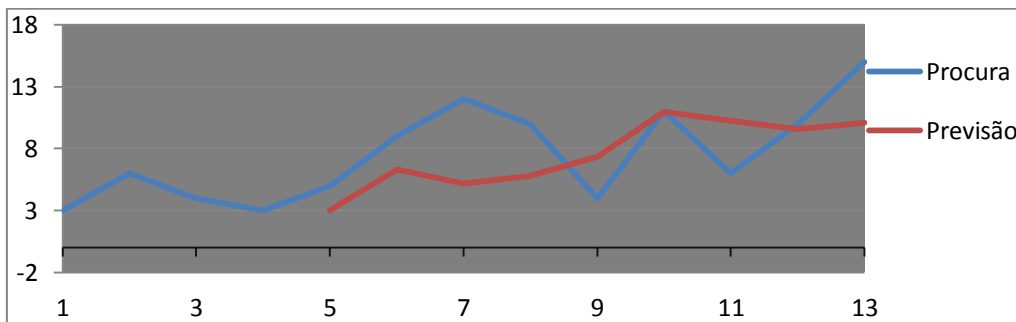


Ilustração 55 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Cêgripe

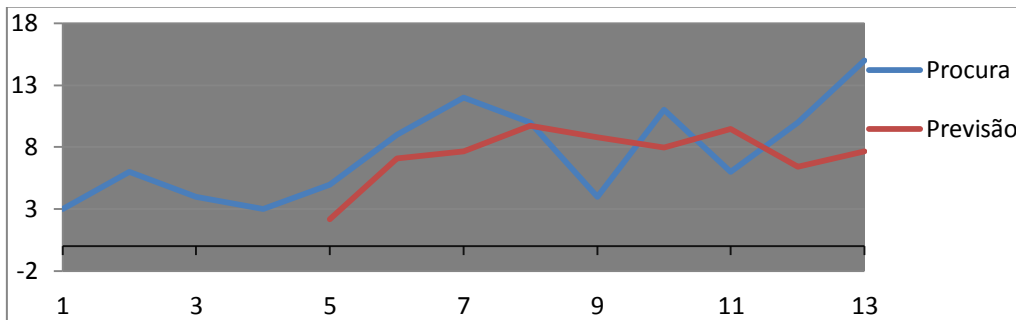


Ilustração 56 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Cêgripe

8.1.4. Daflon

Tabela 21 - Dados de Alisamento - Daflon

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		9,318
	3		5,811
	4		5,16
Média Móvel	3	0,520	5,452
		0,240	
		0,240	
Alisamento Exponencial		0,610	7,583

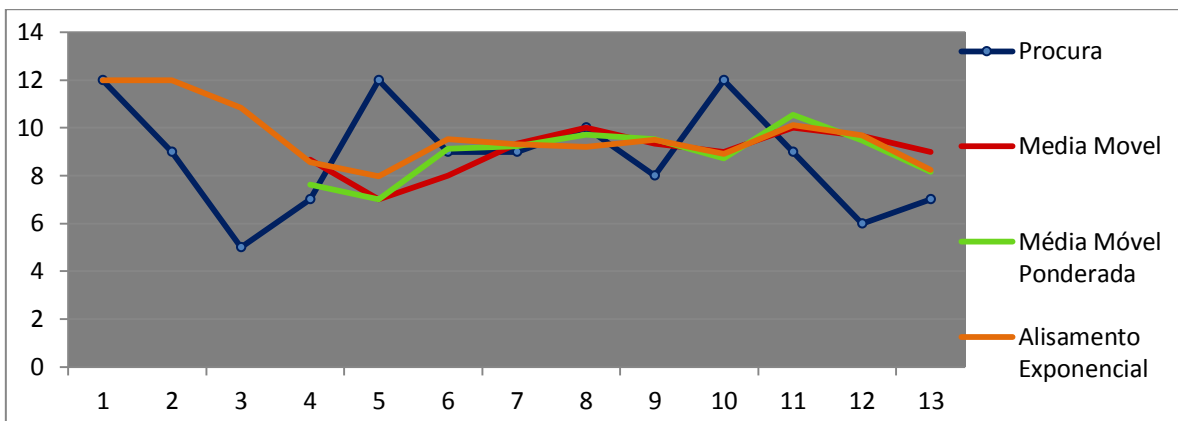


Tabela 22 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
Holt-Winters (Média)	α	0		
	β	0		7,271
	γ	0,805		
Holt-Winters (Regressão Linear)	α	0,644	m	-1,9
	β	0,855	b	13
	γ	0		10,06

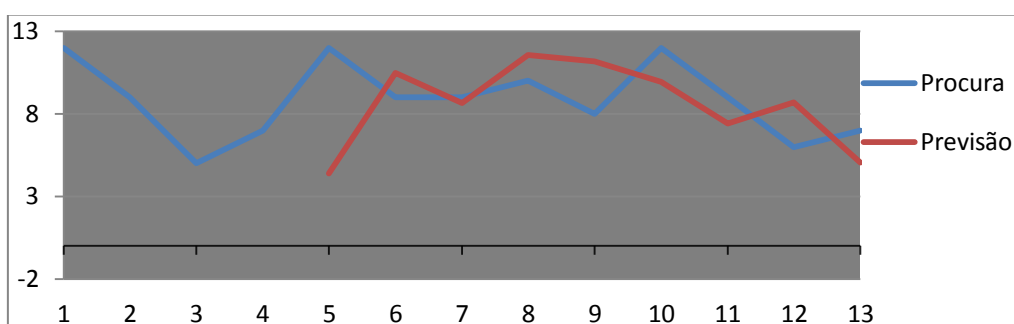


Ilustração 58 - Holt-Winters (média como modelo de inicialização) - Daflon

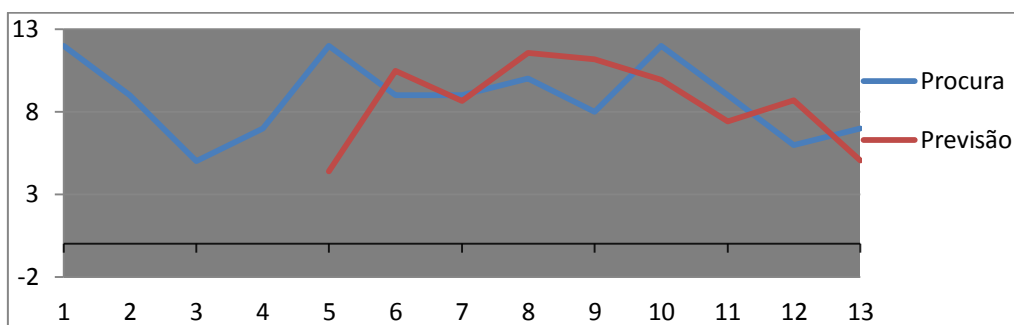


Ilustração 59 - Holt-Winters (regressão linear como modelo de inicialização) - Daflon

8.1.5. Inegy

Tabela 23 - Dados de Alisamento - Inegy

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		10,7
	3		13,56
	4		6,799
		0,520	
Média Móvel	3	0,240	11,15
		0,240	
		0,240	
Alisamento Exponencial		0,610	15,14

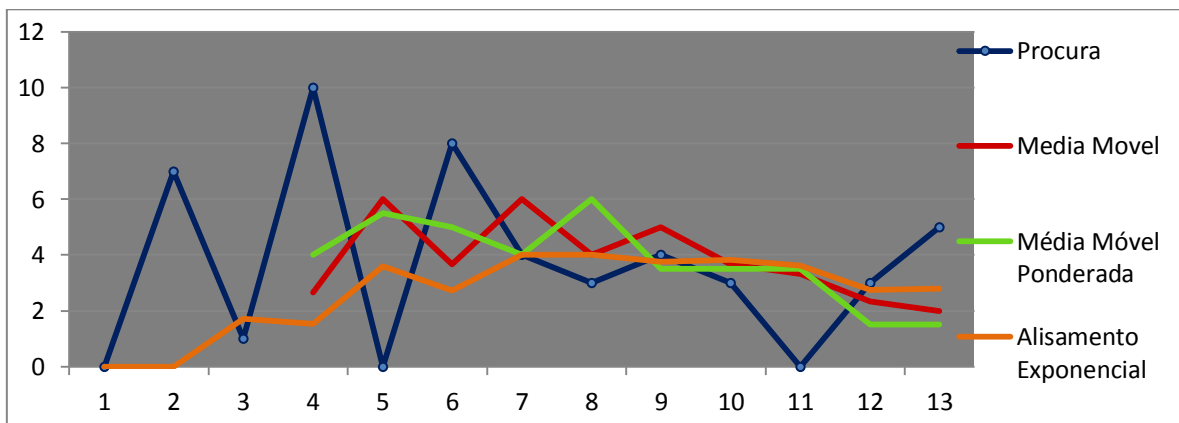


Ilustração 60 - Alisamentos para valores periódicos de Inegy

Tabela 24 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	1		
	β	0		1,246
	γ	0,775		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,484	m	2,4
	β	1	b	-1,5
	γ	0		14,31

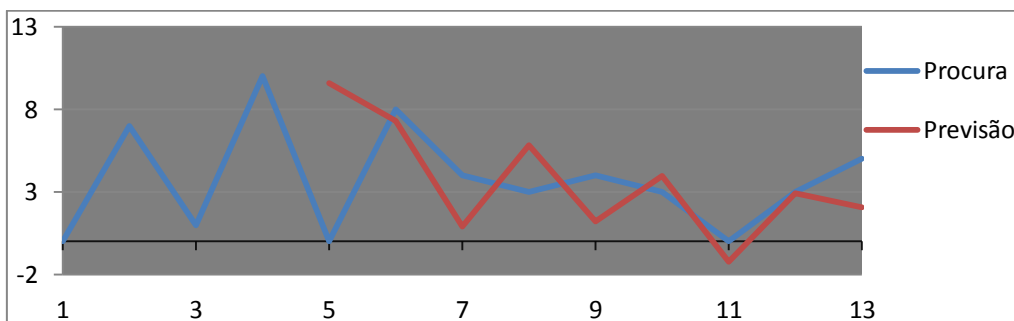


Ilustração 61 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Inegy

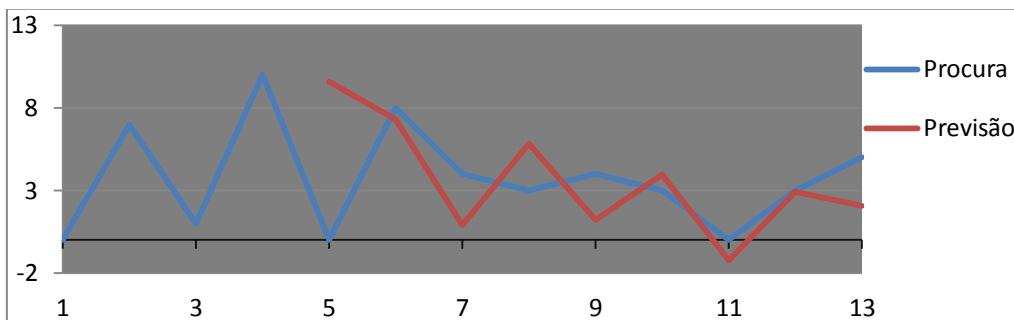


Ilustração 62 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Inegy

8.1.6. Livazo

Tabela 25 - Dados de Alisamento - Livazo

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		26,61
	3		23,44
	4		18,07
Média Móvel	3	0,5	9,934
		0,5	
		0	
Alisamento Exponencial		0,999	25,51

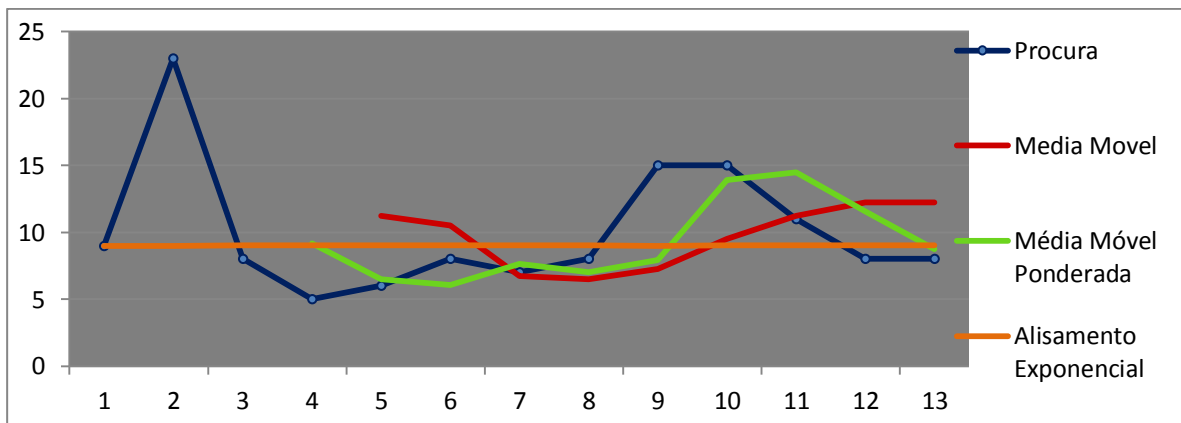


Ilustração 63 - Alisamentos periódicos para Livazo

Tabela 26 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos	Regressão l.	MSE	
<i>Holt-Winters (Média)</i>	α	1		
	β	0	35,11	
	γ	0,835		
<i>Holt-Winters (Regressão Linear)</i>	α	0,433	m -2,7	
	β	1	b 18	43,08
	γ	1		

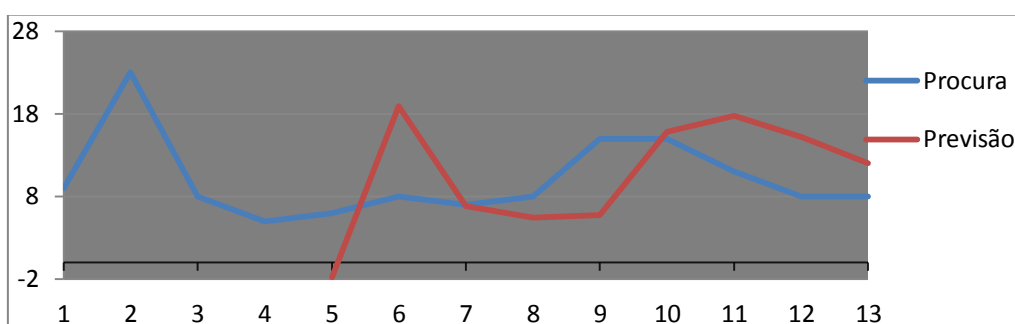


Ilustração 64 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Livazo

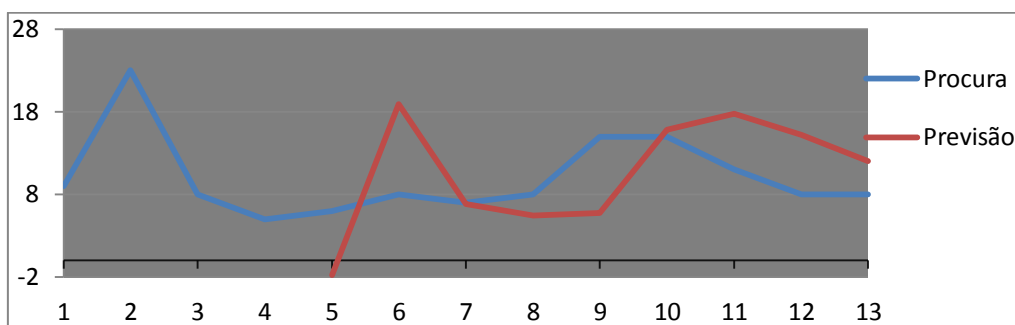


Ilustração 65 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Livazo

8.1.7. Olsar

Tabela 27 - Dados de Alisamento - Olsar

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		9,136
	3		9,633
	4		8,125
Média Móvel	3	0,5	7,55
		0,5	
		0	
Alisamento Exponencial		0,408	9,706

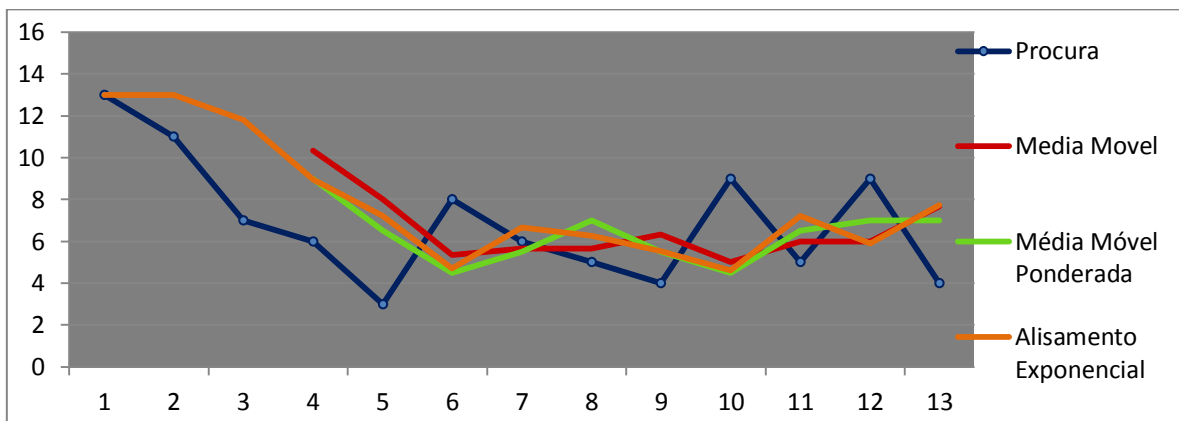


Ilustração 66 - Alisamentos periódicos Olsar

Tabela 28 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,003		
	β	0		14,11
	γ	0,352		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,222	m	-2,5
	β	0,014	b	15,5
	γ	0,328		14,76

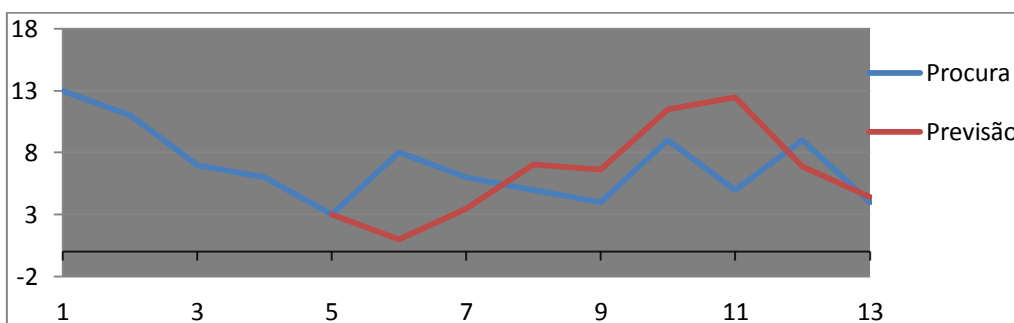


Ilustração 67 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Olsar

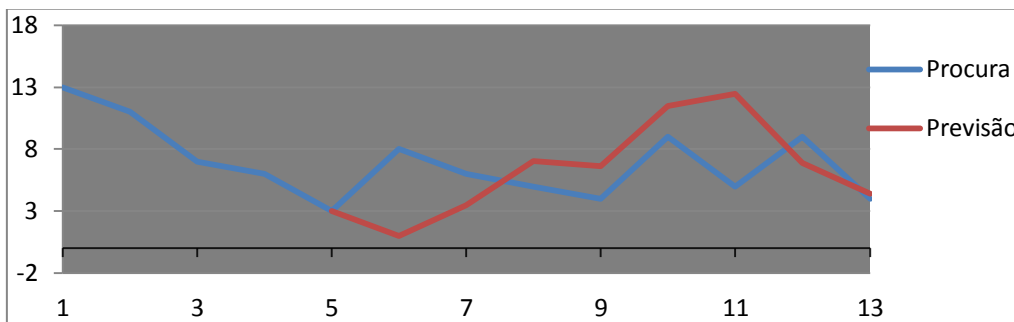


Ilustração 68 - *Holt-Winters* (regressão linear como inicialização) - Olsar

8.1.8. Paracetamol

Tabela 29 - Dados de Alisamento - Paracetamol

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		24,95
	3		29,32
	4		37,33
Média Móvel	3	0,664	26,41
		0,213	
		0,123	
Alisamento Exponencial		0817	32,74

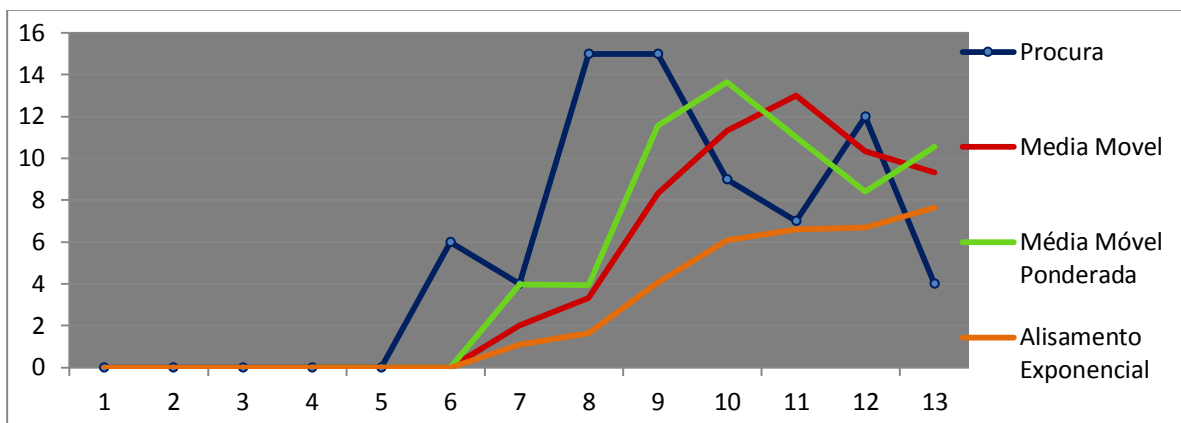


Ilustração 69 - Alisamentos periódicos para o Paracetamol

Tabela 30 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,683		
	β	0		29,54
	γ	0		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,683	m	0
	β	0	b	0
	γ	0		29,54

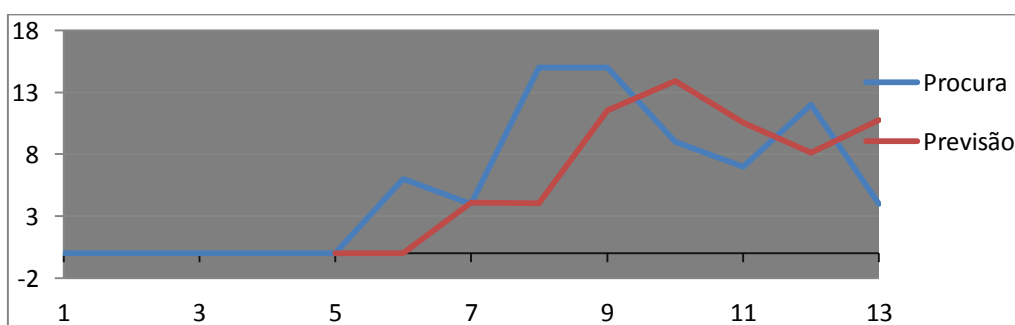


Ilustração 70 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Paracetamol

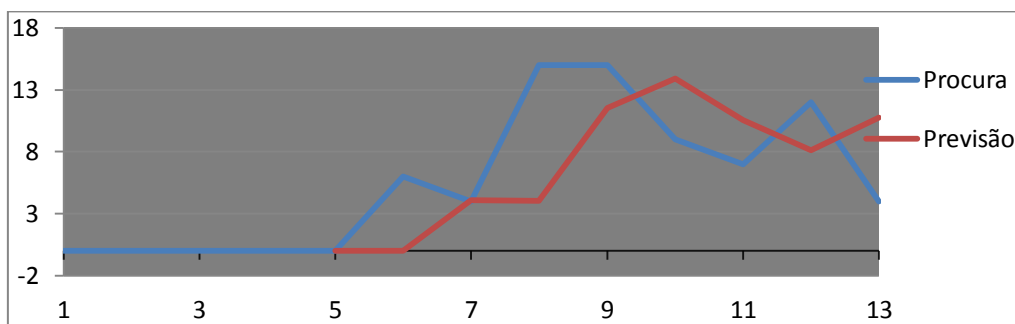


Ilustração 71 - *Holt-Winters* (regressão linear como inicialização) - Paracetamol

8.1.9. Zolnor

Tabela 31 - Dados de Alisamentos - Zolnor

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		27,73
	3		26,64
	4		27,53
Média Móvel	3	0,850	22,17
		0,075	
		0,075	
Alisamento Exponencial		0,511	25,25

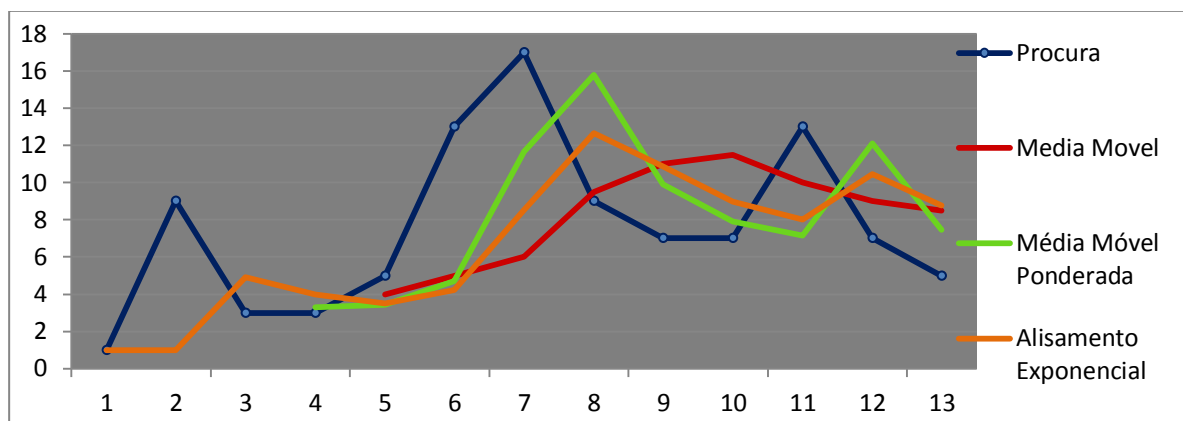


Ilustração 72 - Alisamentos periódico para o Zolnor

Tabela 32 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE	
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,059		2,163	
	β	0			
	γ	0,102			
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,158	m	-0,2	2,421
	β	0,075	b	1	
	γ	0,110			

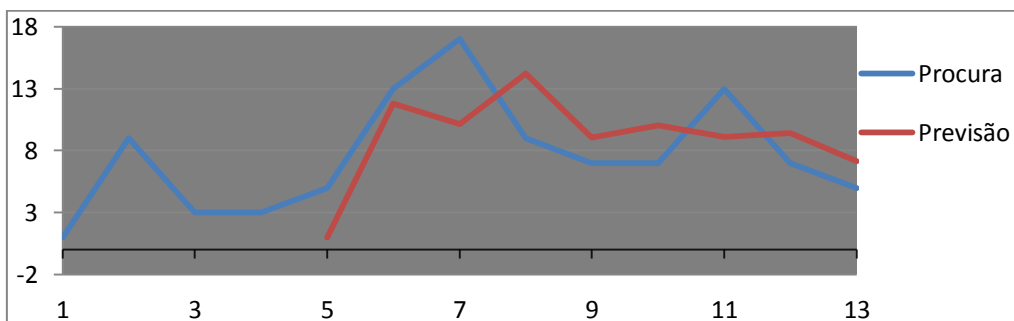


Ilustração 73 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Zolnor

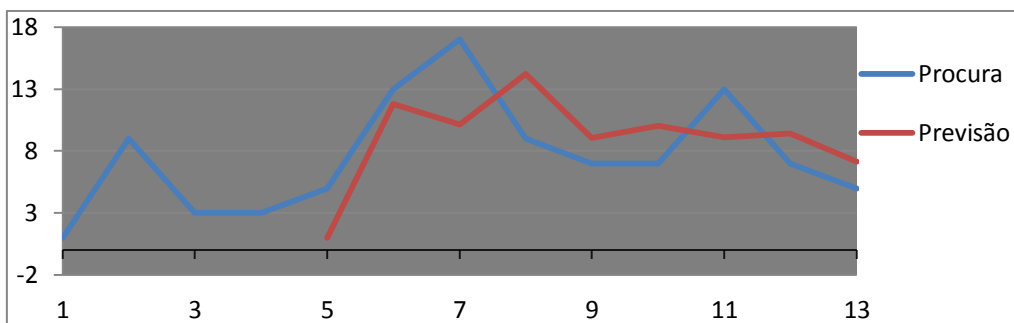


Ilustração 74 - *Holt-Winters* (regressão como modelo de inicialização) – Zolnor

8.2. Diários

8.2.1. Aspirina

Tabela 33 - Dados diários para a Aspirina

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		2,128
	3		6,594
	4		6,239
Média Móvel	3	0,345	6,59
		0,345	
		0,310	
Alisamento Exponencial		0,971	4,88

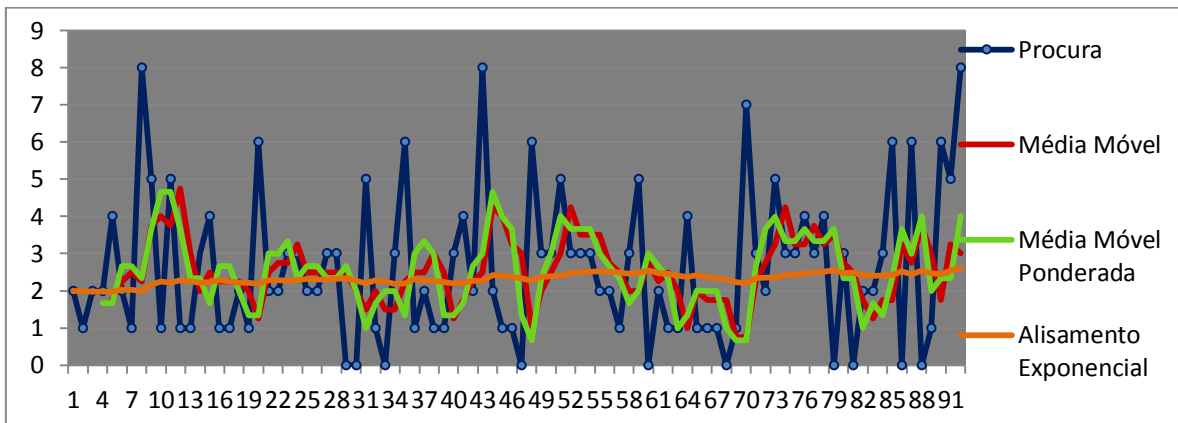


Ilustração 75 - Alisamentos diários para a Aspirina

Tabela 34 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE	
<i>Holt-Winters (Média)</i>	α	0		5,709	
	β	1			
	γ	0,150			
<i>Holt-Winters (Regressão Linear)</i>	α	0,187	m	-0,4	6,58
	β	0,034	b	3	
	γ	0,176			

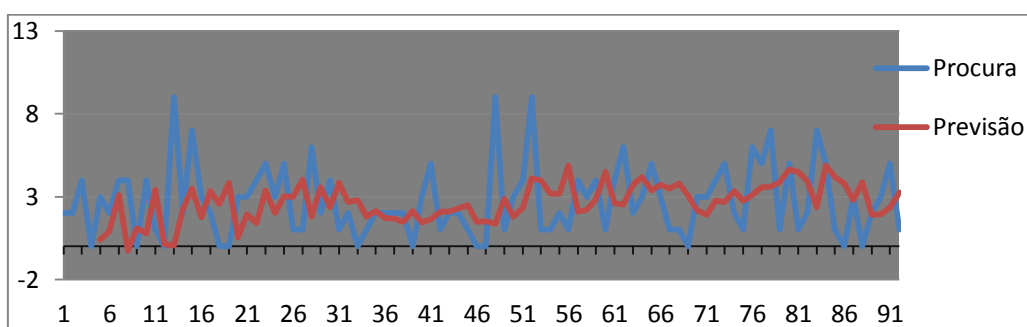


Ilustração 76 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Aspirina

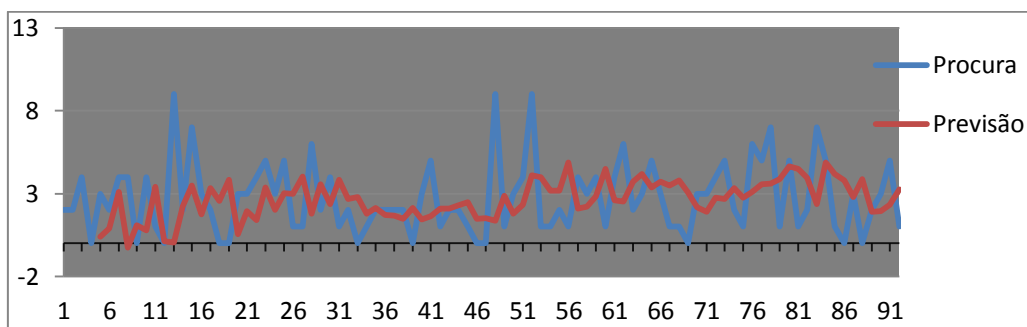


Ilustração 77 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Aspirina

8.2.2. Ben-u-ron

Tabela 35 - Dados Ben-u-ron Diários

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		6,092
	3		5,066
	4		5,263
Média Móvel	3	0,334	5,067
		0,333	
		0,333	
Alisamento Exponencial		0,972	4,125

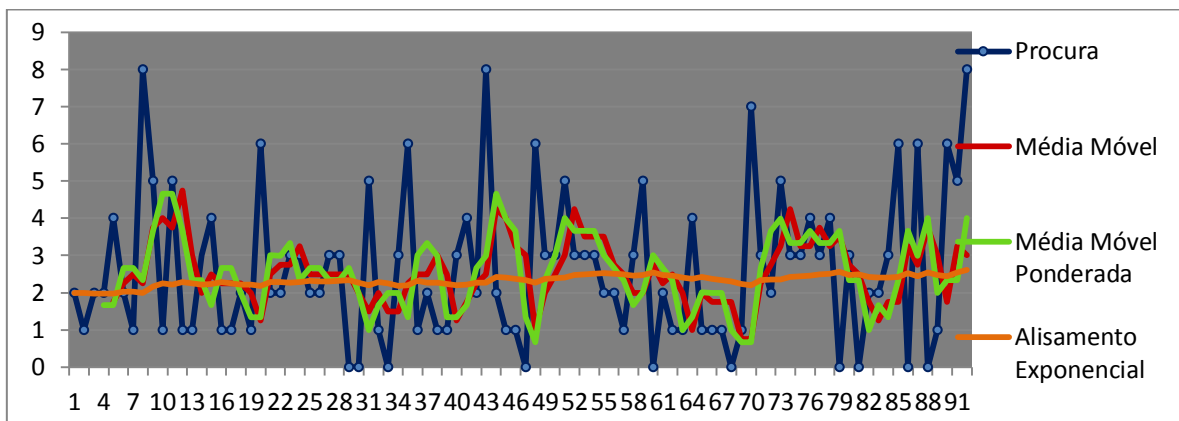


Ilustração 78 - Alisamentos diários para o Ben-u-ron

Tabela 36 - Dados de cálculo do Método de Holt-Winters

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE	
<i>Holt-Winters (Média)</i>	α	0,001		4,279	
	β	1			
	γ	0,002			
<i>Holt-Winters (Regressão Linear)</i>	α	0,187	m	0,1	4,66
	β	0,034	b	1,5	
	γ	0,176			

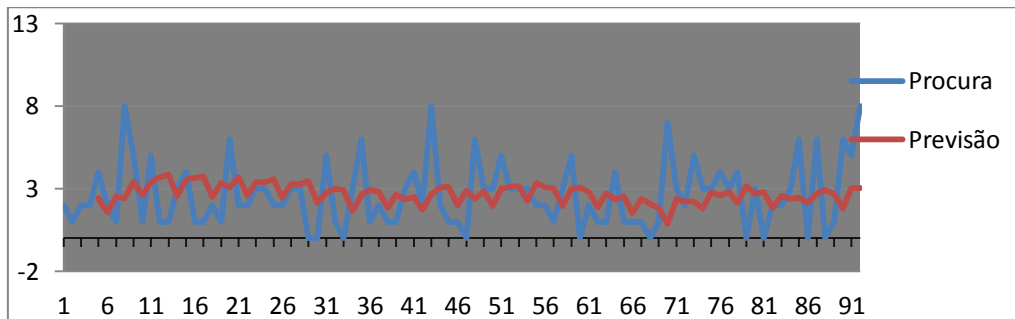


Ilustração 79 - Holt-Winters (média como modelo de inicialização) - Ben-u-ron

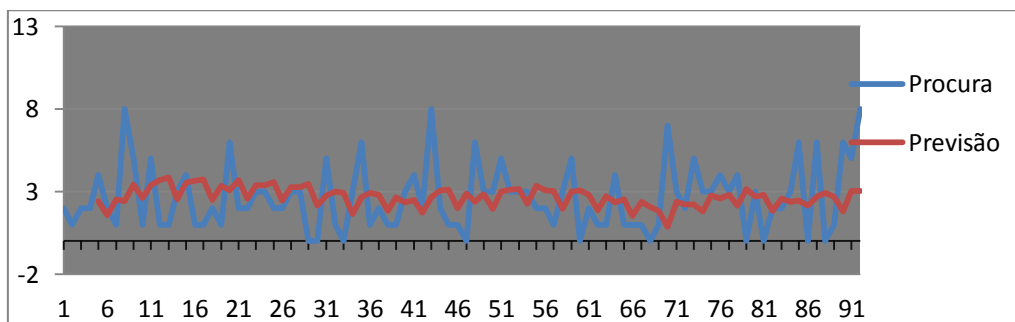


Ilustração 80 - Holt-Winters (regressão linear como modelo de inicialização) - Ben-u-ron

8.2.3. Cêgripe

Tabela 37 - Dados Cêgripe Diários

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		2,683
	3		2,482
	4		2,173
Média Móvel	3	0,420	2,462
		0,290	
		0,290	
Alisamento Exponencial		0,972	1,872

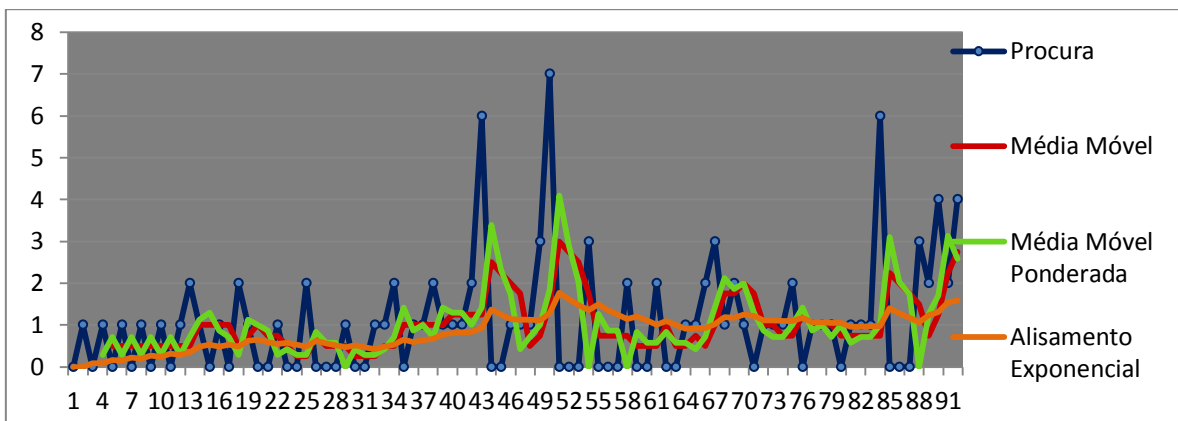


Ilustração 81 - Alisamentos diários para o Cêgripe

Tabela 38 - Dados de cálculo do modelo Holt-Winters

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters (Média)</i>	α	0,001		
	β	1		1,869
	γ	0,037		
<i>Holt-Winters (Regressão Linear)</i>	α	0,168	m	0,2
	β	0,11	b	0
	γ	0		1,995

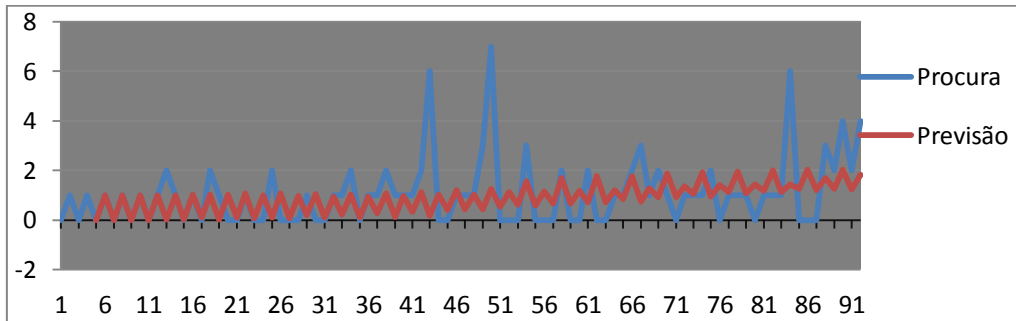


Ilustração 82 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Cêgripe

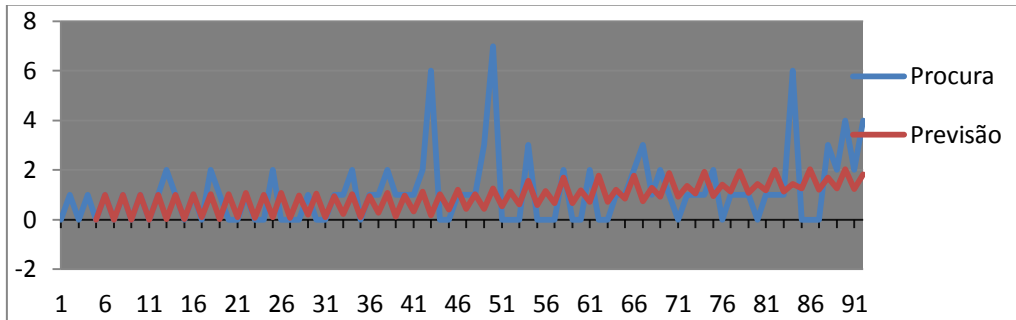


Ilustração 83 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Cêgripe

8.2.4. Daflon

Tabela 39 - Dados Daflon diários

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		2,644
	3		2,202
	4		1,989
Média Móvel	3	0,983	
		0,009	0,044
		0,008	
Alisamento Exponencial		0,901	1,995

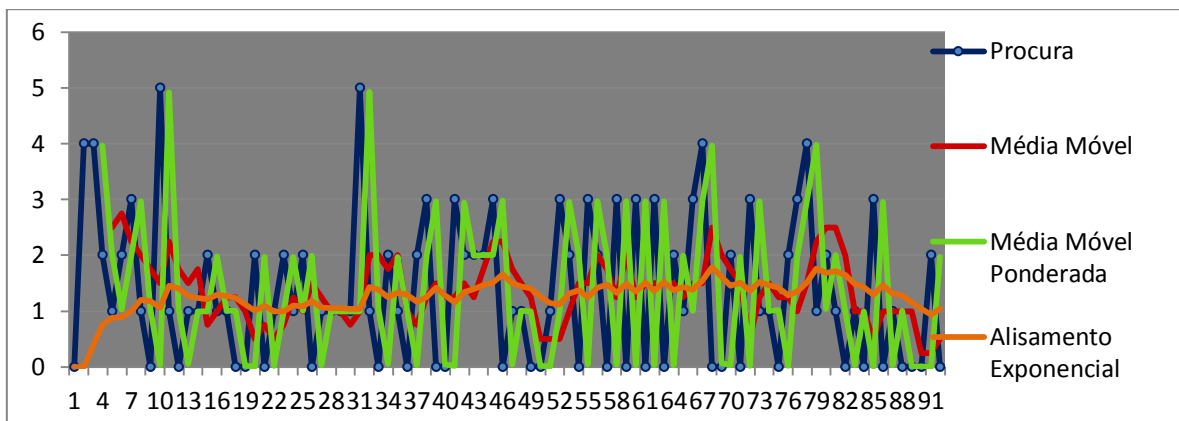


Ilustração 84 - Alisamentos diários para o Daflon

Tabela 40 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,001		
	β	1		2,115
	γ	0,296		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,187	m	0,6
	β	0,034	b	1
	γ	0,176		2,579

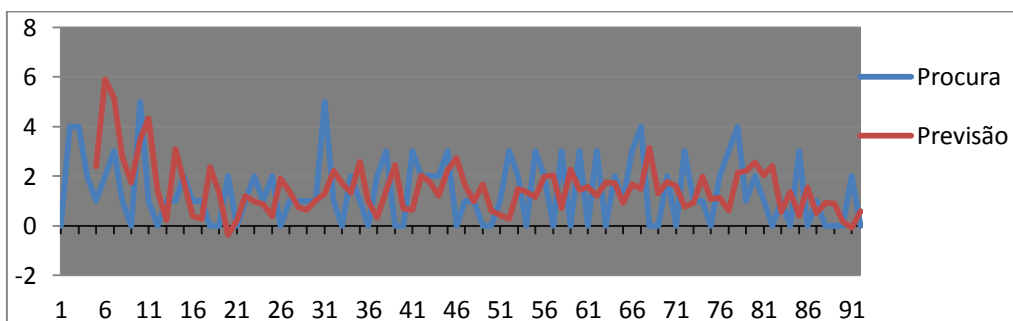


Ilustração 85 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Daflon

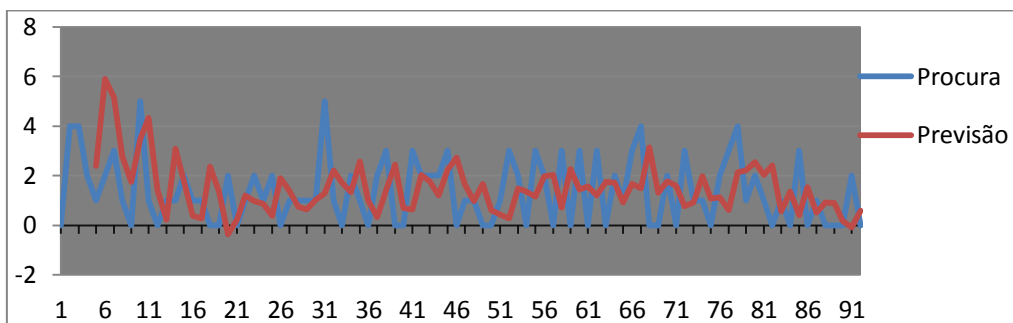


Ilustração 86 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Daflon

8.2.5. Inegy

Tabela 41 - Dado Inegy Diários

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		1,794
	3		1,578
	4		1,460
Média Móvel	3	0,334	1,578
		0,333	
		0,333	
Alisamento Exponencial		0,940	1,185

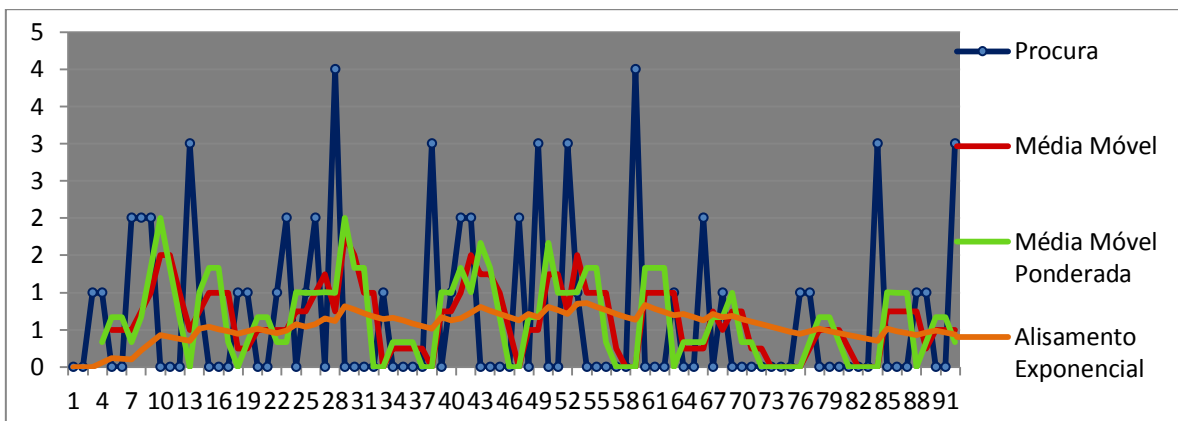


Ilustração 87 - Alisamento diários para o Inegy

Tabela 42 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0		
	β	0		1,246
	γ	0,076		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,174	m	0,4
	β	0,204	b	-0,5
	γ	0,022		1,507

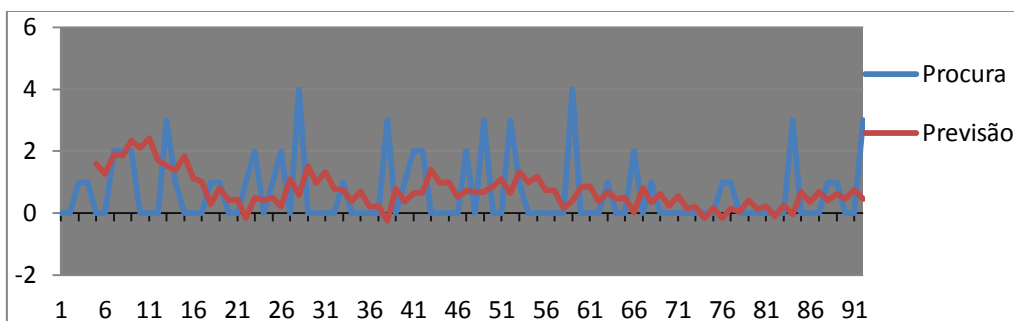


Ilustração 88 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Inegy

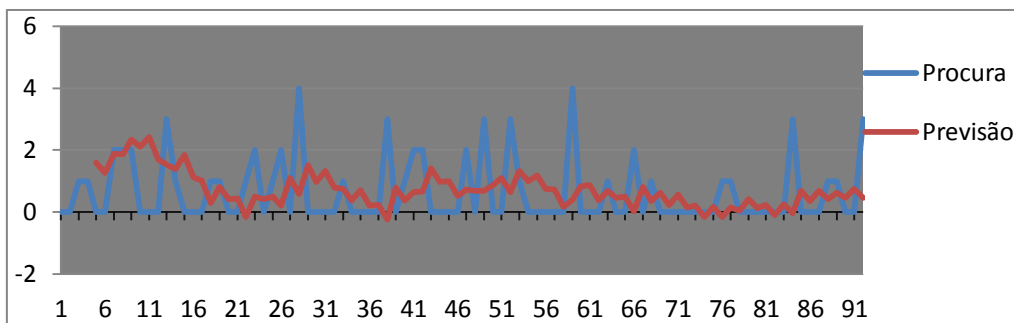


Ilustração 89 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Inegy

8.2.6. Livazo

Tabela 43 - Dados Livazo diários

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		4,169
	3		3,655
	4		3,273
Média Móvel	3	0,462	3,587
		0,269	
		0,269	
Alisamento Exponencial		0,5	3,516

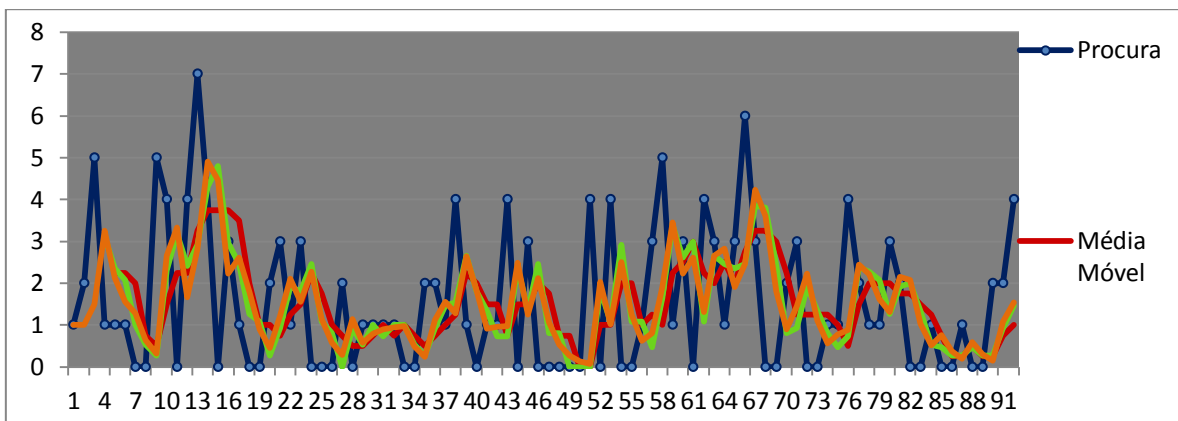


Ilustração 90 - Alisamentos diários para o Livazo

Tabela 44 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0		
	β	1		3,685
	γ	0,235		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,222	m	0,3
	β	0,014	b	1,5
	γ	0,328		3,997

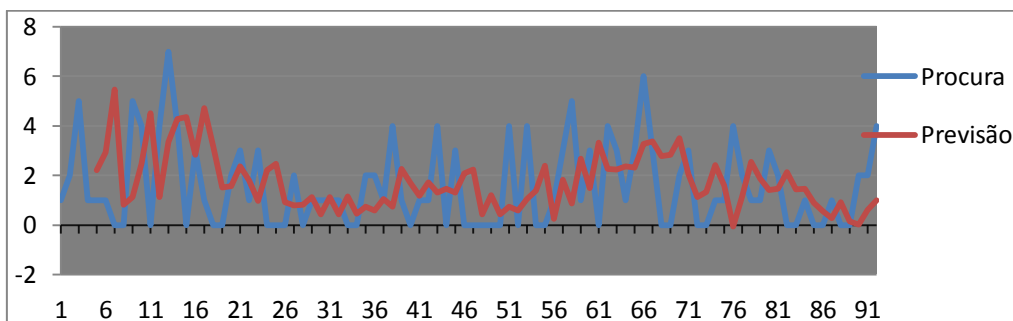


Ilustração 91 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Livazo

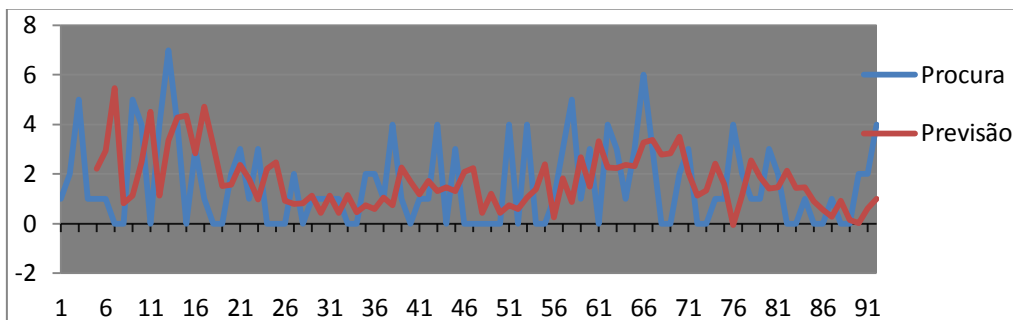


Ilustração 92 - *Holt-Winters* (regressão linear como modelo de inicialização) - Livazo

8.2.7. Olsar

Tabela 45 - Dados diários Olsar

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		2,531
	3		2,409
	4		2,114
Média Móvel	3	0,462	2,36
		0,269	
		0,269	
Alisamento Exponencial		0,5	2,021

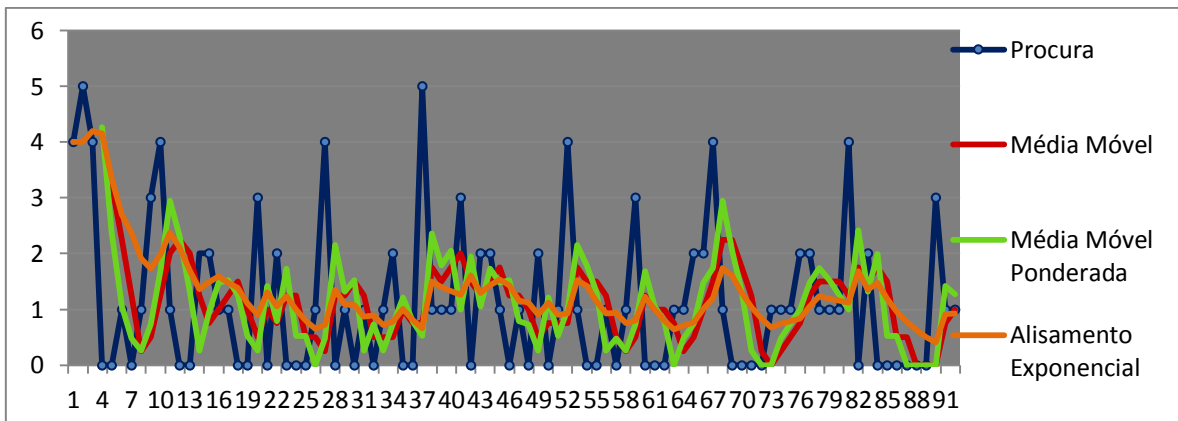


Ilustração 93 - Alisamentos diários para o Olsar

Tabela 46 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
Holt-Winters (Média)	α	0,003		2,441
	β	0		
	γ	0,352		
Holt-Winters (Regressão Linear)	α	0,222	m	2,722
	β	0,014	b	
	γ	0,328		

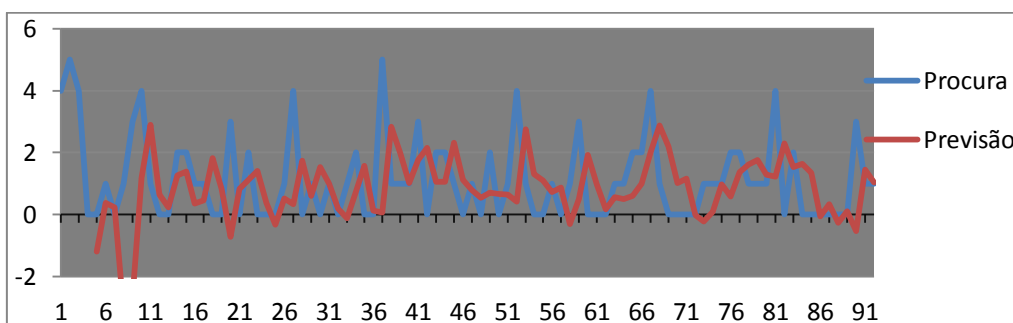


Ilustração 94 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) - Olsar

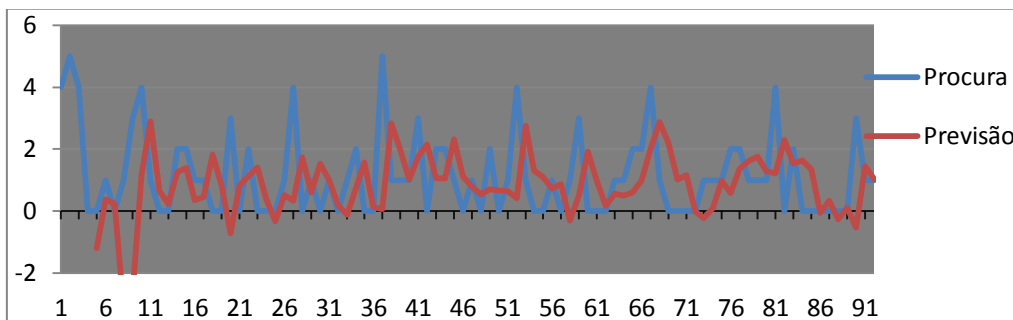


Ilustração 95 - *Holt-Winters* (regressão linear como inicialização) - Olsar

8.2.8. Paracetamol

Tabela 47 - Dados Diários Paracetamol

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		14,55
	3		12,80
	4		12,49
		0,462	
Média Móvel	3	0,269	12,799
		0,269	
		0,269	
Alisamento Exponencial		0,5	10,45

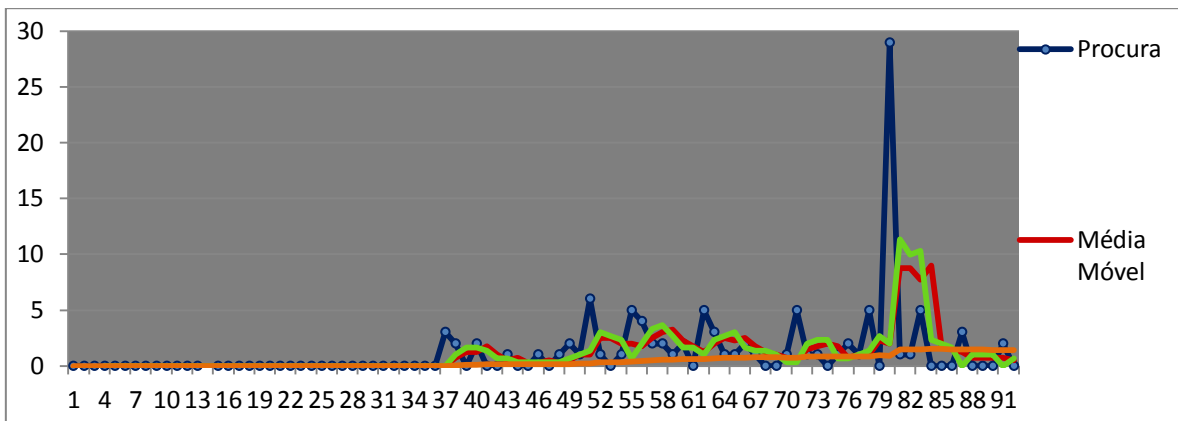


Ilustração 96 - Alisamentos diários Paracetamol

Tabela 48 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,028		10,75
	β	0,063		
	γ	0		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,028	m	10,75
	β	0,063	b	
	γ	0		

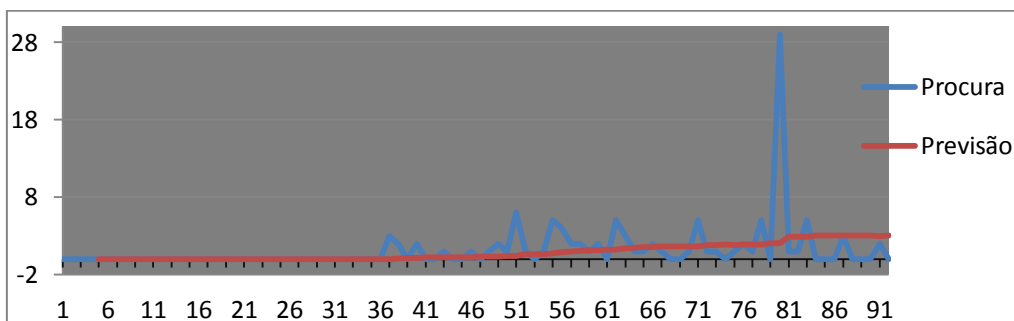


Ilustração 97 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Paracetamol

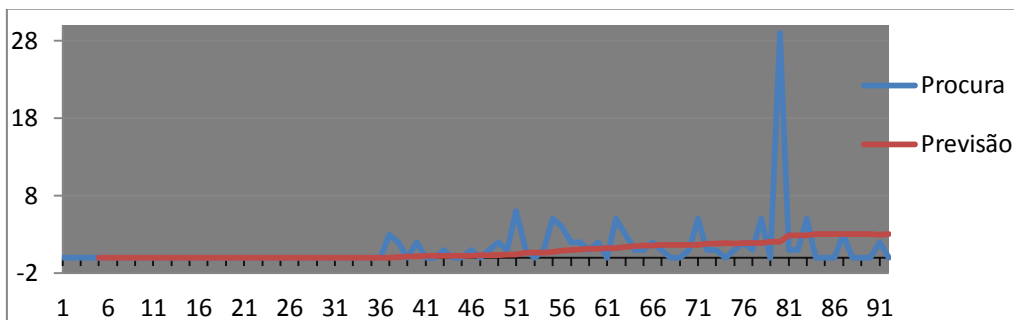


Ilustração 98 - *Holt-Winters* (regressão linear como inicialização) - Paracetamol

8.2.9. Zolnor

Tabela 49 - Dados Diários Zolnor

Previsão	Nº Intervalos	Pesos	MSE
Média Móvel	2		2,847
	3		2,845
	4		2,59
Média Móvel	3	0,462	2,75
		0,269	
		0,269	
Alisamento Exponencial		0,5	2,006

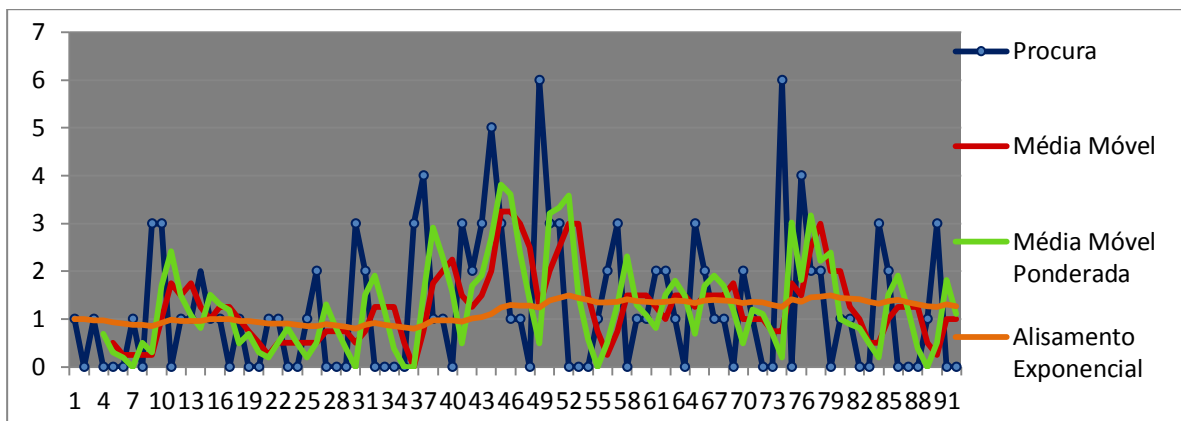


Ilustração 99 - Alisamentos diários Zolnor

Tabela 50 - Dados de cálculo do modelo *Holt-Winters*

Previsão (S=4)	Pesos		Regressão l.	MSE
<i>Holt-Winters</i> (Média)	α	0,059		2,163
	β	0		
	γ	0,102		
<i>Holt-Winters</i> (Regressão Linear)	α	0,158	m -0,2	2,421
	β	0,075	b 1	
	γ	0,110		

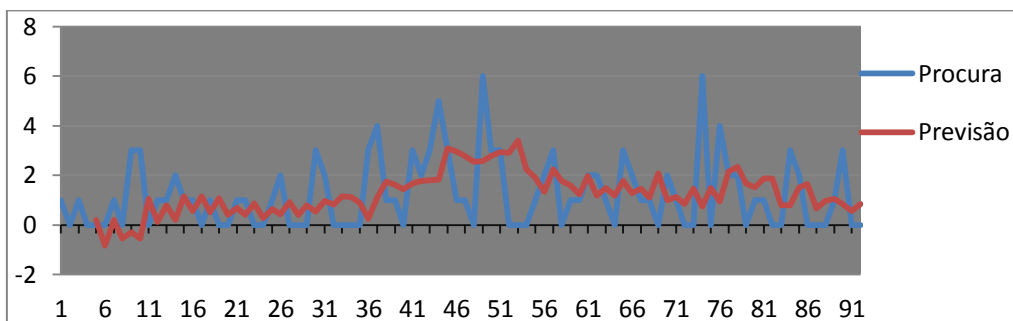


Ilustração 100 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Zolnor

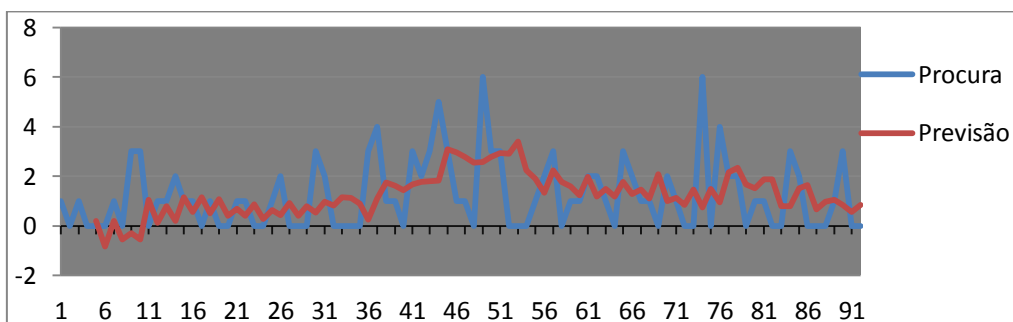


Ilustração 101 - *Holt-Winters* (média como modelo de inicialização) – Zolnor

8.3. Lot-sizing

8.3.1. Periódicos

Tabela 51 - Diferenças percentuais acima da heurística de referência (Periódico)

Aspirina	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	6,29	4,99	7,96	0,04	0,08	0,46
Posse 15%	6,32	0,93	7,91	0,03	0,12	7,64
	6,35	9,00	7,86	0,02	0,16	7,59
Posse 20%	6,33	3,13	1,23	0,07	0,05	8,25
	6,36	1,91	8,56	0,06	0,09	8,20
	6,40	8,02	8,51	0,04	0,13	8,16
Posse 25%	6,40	1,98	1,66	0,11	0,01	8,99
	6,42	9,47	1,61	0,09	0,03	8,93
	6,46	6,58	6,77	0,09	0,08	8,90
Média	6,37	5,11	5,78	0,06	0,08	7,46
Ben-U-Ron	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	1,16	8,45	3,39	0,99	0,18	3,39
Posse 15%	1,26	1,91	3,30	0,98	-0,05	3,30
	1,34	9,52	3,19	0,94	-0,08	3,19
Posse 20%	1,09	15,23	3,56	0,92	0,09	4,07
	1,19	5,54	3,99	0,97	0,20	3,99
	1,29	13,62	3,91	1,00	0,30	3,91
Posse 25%	1,04	1,65	4,46	1,00	0,01	5,13
	1,10	5,48	4,36	0,96	0,08	4,95
	1,19	2,54	4,28	0,92	0,17	4,92
Média	1,19	7,10	3,83	0,96	0,10	4,09
Cêgripe	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	3,42	12,52	5,00	3,23	2,35	5,00
Posse 15%	3,49	9,86	4,96	3,28	-0,01	4,96

	3,57	14,87	4,91	3,28	0,00	4,91
	3,41	16,39	5,67	3,31	0,12	5,67
Posse 20%	3,46	12,56	5,59	3,26	0,17	5,59
	3,53	4,30	5,54	3,27	-0,03	5,54
	3,42	4,35	6,34	3,37	0,08	5,26
Posse 25%	3,46	16,39	6,25	3,35	0,13	6,25
	3,51	6,32	6,18	3,33	0,19	6,18
Média	3,47	10,84	5,60	3,30	0,33	5,48
Daflon	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	6,33	1,95	1,91	1,97	0,00	8,09
Posse 15%	6,33	1,95	1,91	1,97	0,00	8,06
	6,33	1,97	2,93	1,95	0,01	8,02
	6,41	4,59	1,95	0,09	0,00	8,78
Posse 20%	6,41	4,54	1,94	2,02	0,00	8,75
	6,41	2,00	1,94	2,01	0,00	8,71
	6,49	0,19	1,98	0,13	0,00	9,47
Posse 25%	6,49	4,63	1,98	0,12	0,00	9,43
	6,49	-0,78	1,97	0,13	0,00	9,39
Média	6,41	2,34	2,06	1,15	0,00	8,74
Inegy	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	0,01	-2,36	-1,23	-9,24	-9,40	1,46
Posse 15%	0,01	-6,90	-1,25	-6,74	-9,39	1,44
	0,01	-6,90	-1,26	-6,73	-9,38	1,42
	0,00	-2,44	-0,90	-9,30	-9,51	1,97
Posse 20%	0,01	-2,44	-0,92	-9,29	-9,50	1,95
	0,01	-9,41	-0,94	-9,29	-9,50	1,93
	0,00	-4,70	-0,58	-6,32	-9,62	2,47
Posse 25%	0,00	-2,52	-0,60	-9,36	-9,61	2,45
	0,03	-4,75	-0,59	-9,31	-9,58	2,45
Média	0,01	-4,71	-0,92	-8,40	-9,50	1,95
Livazo	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	5,10	1,25	1,22	1,26	0,00	6,59
Posse 15%	5,08	3,51	1,19	1,22	-0,02	6,54

	5,08	4,22	2,06	1,23	-0,02	6,52
	5,27	2,90	1,36	0,25	0,00	7,28
Posse 20%	5,27	5,94	1,36	0,29	0,00	7,25
	5,27	2,15	1,36	1,41	0,00	7,23
	5,43	5,28	1,50	0,29	0,00	7,92
Posse 25%	5,43	3,06	1,53	0,34	0,00	7,92
	5,43	6,12	1,53	0,39	0,00	7,90
Média	5,26	3,83	1,46	0,74	0,00	7,24
Olsar	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	5,78	2,40	2,43	1,36	0,00	7,39
Posse 15%	5,78	2,43	2,43	2,47	0,00	7,37
	5,78	3,55	2,43	0,16	0,00	7,34
	5,86	0,15	2,48	0,19	0,00	8,04
Posse 20%	5,85	1,29	2,48	0,20	0,00	8,02
	5,85	2,43	2,48	1,42	0,00	7,99
	5,93	2,46	2,53	0,24	0,00	8,66
Posse 25%	5,93	0,18	2,53	0,24	0,00	8,64
	5,89	1,36	2,52	0,25	0,00	8,61
Média	5,85	1,80	2,48	0,72	0,00	8,01
Paracetamol	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	1,61	14,58	0,57	0,40	0,11	0,05
Posse 15%	2,04	0,52	0,57	0,39	0,16	0,05
	1,94	3,53	-0,47	-0,47	-0,47	-0,50
	1,31	0,66	0,11	0,07	0,16	0,00
Posse 20%	1,74	5,81	0,11	0,07	0,16	0,09
	2,16	14,73	0,07	0,07	0,16	0,09
	1,18	10,74	0,50	0,18	0,00	0,09
Posse 25%	1,52	15,67	0,12	0,09	0,20	0,00
	1,95	5,90	0,12	0,09	0,19	0,11
Média	1,72	8,01	0,19	0,10	0,08	0,00
Zolnor	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	0,00	1,09	2,14	0,00	0,00	1,82
Posse 15%	0,00	4,95	2,13	0,00	0,00	1,81

	0,00	5,80	2,11	0,01	0,00	1,79
	0,00	3,08	2,87	0,01	0,00	2,45
Posse 20%	0,00	1,16	2,85	0,01	0,00	2,43
	0,00	2,12	2,83	0,00	0,00	2,42
	0,00	3,05	3,58	0,00	0,00	3,06
Posse 25%	0,00	3,12	3,56	0,00	0,00	3,04
	0,00	1,20	3,55	0,01	0,00	3,03
Média	0,00	2,84	2,85	0,00	0,00	2,43

Tabela 52 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 15% e variação de *set-up*

Posse -15%	Ben-u-ron								
	Aspiri.		Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor
Set-up - 0,25€									
Lote	678,70€	293,06€	425,28€	1552,71€	1902,46€	2128,35€	2537,83	56,37€	3540,80€
EOQ	669,46€	316,37€	469,54€	1483,44€	1858,42€	2045,39€	2449,90€	64,93€	3579,78€
CMU	691,02€	299,80€	432,38€	1482,76€	1879,27€	2044,75€	2450,79€	55,78€	3618,30€
CMT	636,27€	292,54€	424,46€	1483,67€	1741,40€	2045,58€	2424,12€	55,68€	3540,89€
QEP	636,55€	290,17€	420,65€	1454,45€	1738,95€	2019,84€	2391,20€	55,52€	3540,78€
SM	638,97€	299,80€	432,38€	1582,49€	1930,53€	2162,25€	2581,96€	55,49€	3606,59€
WW	636,03€	289,65€	410,75€	1454,44€	1902,34€	2019,84€	2391,20€	55,46€	3540,78€
€Set-up - 0,30€									
Lote	679,35€	293,66€	425,88€	1553,36€	1902,96€	2129,00€	2538,48€	56,77€	3541,43€
EOQ	642,40€	295,60€	455,95€	1483,99€	1780,00€	2094,48€	2451,29€	55,90€	3725,72€
CMU	691,07€	299,85€	432,43€	1483,40€	1879,37€	2045,35€	2451,39€	55,93€	3618,35€
CMT	636,64€	292,83€	424,95€	1484,21€	1782,59€	2045,98€	2452,36€	55,83€	3541,49€
QEP	637,20€	289,81€	410,95€	1455,10€	1739,45€	2020,49€	2391,85€	55,70€	3541,43€
SM	689,07€	299,85€	432,43€	1582,24€	1930,58€	2169,35€	2582,01€	55,64€	3606,69€
WW	636,43€	289,95€	411,00€	1455,04€	1902,79€	2020,93€	2391,84€	55,61€	3541,43€
Set-up - 0,35€									
Lote	680,00€	294,26€	426,48€	1554,01€	1903,46€	2129,65€	2539,13€	57,17€	3542,08€
EOQ	699,79€	320,89€	483,09€	1484,83€	1780,40€	2110,61€	2480,62€	58,11€	3760,03€
CMU	691,12€	299,90€	432,48€	1499,58€	1879,47€	2064,07€	2451,99€	56,65€	3618,40€
CMT	636,94€	293,08€	425,20€	1484,51€	1783,20€	2046,65€	2396,34€	55,80€	3542,61€
QEP	637,85€	290,11€	411,25€	1455,75€	1739,95€	2021,14€	2392,50€	55,80€	3542,08€
SM	689,17€	299,90€	432,48€	1582,59€	1930,63€	2162,45€	2582,06€	55,78€	3606,79€
WW	636,83€	290,33€	411,25€	1455,59€	1903,24€	2021,53€	2392,44€	56,06€	3542,08€

Tabela 53 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 20% e variação de *set-up*

Posse -20%	Ben-u-ron								
	Aspiri.	Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor	
Set-up - 0,25€									
Lote	679,53€	293,35€	425,72€	1555,47€	1907,37€	2133,69€	2541,60€	56,55€	3543,52€
EOQ	657,05€	342,28€	491,79€	1525,81€	1861,86€	2081,57€	2396,25€	56,18€	3656,18€
CMU	644,43€	300,86€	435,91€	1484,64€	1890,30€	2049,14€	2453,64€	55,87€	3648,10€
CMT	636,95€	292,84€	425,27€	1457,08€	1744,94€	2026,33€	2397,31€	55,85€	3543,76€
QEP	636,79€	290,41€	411,68€	1455,75€	1741,71€	2021,20€	2392,76€	55,90€	3543,52€
SM	693,70€	302,46€	435,91€	1595,95€	1945,70€	2179,81€	2601,91€	55,81€	3632,38€
WW	636,49€	290,14€	411,20€	1455,75€	1907,30€	2021,20€	2392,76€	55,81€	3543,52€
Set-up - 0,30€									
Lote	680,18€	293,95€	426,32€	1556,12€	1907,87€	2134,34€	2542,25€	56,95€	3544,17€
EOQ	649,31€	307,49€	470,72€	1525,65€	1862,29€	2149,45€	2424,74€	59,41€	3585,85€
CMU	696,49€	302,51€	435,96€	1485,24€	1890,40€	2049,74€	2454,24€	56,02€	3648,15€
CMT	637,25€	293,28€	425,44€	1486,47€	1745,58€	2027,72€	2398,09€	56,00€	3544,36€
QEP	637,44€	291,01€	412,28€	1456,40€	1742,21€	2021,85€	2393,41€	56,05€	3544,17€
SM	693,80€	302,51€	435,96€	1596,00€	1945,75€	2179,91€	2601,96€	56,01€	3632,48€
WW	636,89€	290,44€	411,58€	1456,40€	1907,75€	2021,85€	2393,41€	55,96€	3544,17€
Set-up - 0,35€									
Lote	680,83€	294,55€	426,92€	1556,77€	1908,37€	2134,99€	2542,90€	57,35€	3544,82€
EOQ	69285€	336,58€	430,35€	1486,73€	1744,14€	2066,95€	2453,64€	65,80€	3621,48€
CMU	696,54€	302,56€	436,01€	1485,84€	1890,50€	2050,34€	2454,84€	56,15€	3648,20€
CMT	637,55€	293,69€	425,80€	1486,95€	1745,93€	2051,37€	2428,59€	56,15€	3544,96€
QEP	638,09€	291,61€	411,74€	1457,05€	1742,71€	2022,50€	2394,06€	56,20€	3544,82€
SM	693,90€	302,56€	436,01€	1596,05€	1945,80€	2180,01€	2602,01€	56,16€	3632,58€
WW	637,29€	290,74€	411,86€	1457,03€	1908,20€	2022,50€	2394,06€	56,11€	3544,82€

Tabela 54 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 25% e variação de set-up

Posse -25%									
	Aspiri.	Ben-u-ron	Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor
Set-up - 0,25€									
Lote	680,63€	293,78€	426,17€	1558,23€	1912,17€	2138,74€	2545,26€	56,67€	3546,27€
EOQ	649,94€	295,60€	430,33€	1459,89€	1826,29€	2135,30€	2454,67€	62,74€	3657,66€
CMU	647,80€	304,30€	439,44€	1486,52€	1901,09€	2053,29€	2456,41€	56,28€	3677,91€
CMT	637,74€	293,66€	425,97€	1458,90€	1798,56€	2028,45€	2400,08€	56,10€	3546,27€
QEP	637,12€	290,77€	411,95€	1457,06€	1744,40€	2022,50€	2394,27€	56,00€	3546,27€
SM	700,02€	306,45€	434,44€	1609,42€	1960,54€	2196,43€	2621,28€	56,05€	3658,17€
WW	637,06€	290,73€	411,60€	1457,06€	1912,15€	2022,50€	2394,27€	56,00€	3546,27€
Set-up -									
Lote	681,28€	294,38€	426,77€	1558,88€	1912,67€	2139,39€	2545,91€	57,07€	3546,92€
EOQ	704,25€	308,01€	492,79€	1528,52€	1865,62€	2086,37€	2399,30€	66,64€	3661,01€
CMU	648,00€	304,40€	439,49€	1487,12€	1901,19€	2053,89€	2457,07€	56,27€	3677,96€
CMT	638,17€	293,96€	426,27€	1459,40€	1748,96€	2029,50€	2400,63€	56,25€	3546,92€
QEP	637,77€	291,37€	412,55€	1457,71€	1744,90€	2023,15€	2394,92€	56,31€	3546,92€
SM	700,12€	306,30€	439,49€	1609,42€	1960,59€	2196,53€	2621,33€	56,20€	3658,27€
WW	637,57€	291,13€	412,00€	1457,71€	1912,60€	2023,15€	2394,92€	56,20€	3546,92€
Set-up -									
Lote	681,93€	294,98€	427,37€	1559,53€	1913,17€	2140,04€	2545,56€	57,47€	3547,57€
EOQ	682,82€	299,06€	440,21€	1447,13€	1825,93€	2154,95€	2428,57€	59,88€	3590,77€
CMU	684,20€	304,50€	439,54€	1487,72€	1901,29€	2054,49€	2457,61€	56,42€	3678,01€
CMT	638,47€	294,17€	426,57€	1460,20€	1749,68€	2031,11€	2401,49€	56,40€	3547,83€
QEP	638,42€	291,97€	413,15€	1458,36€	1745,40€	2023,80€	2395,57€	56,46€	3547,57€
SM	700,22€	306,55€	439,54€	1609,52€	1960,64€	2196,63€	2621,38€	56,41€	3658,37€
WW	637,91€	291,47€	412,38€	1458,36€	1913,05€	2023,80€	2395,57€	56,35€	3547,57€

8.3.2. Diários

Tabela 55 - Diferenças percentuais acima da heurística de referência (Diário)

Aspirina	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	2,73	10,22	2,06	0,02	1,76	2,06
Posse 15%	3,23	6,08	2,01	0,05	1,73	2,01
	3,73	3,69	1,97	0,45	1,72	1,97
	2,61	6,37	3,47	0,05	1,80	3,47
Posse 20%/25%	3,09	8,87	3,40	0,05	1,81	3,40
	3,57	9,21	3,34	0,03	1,82	3,34
Média	3,16	7,41	2,71	0,11	1,77	2,71
Ben-U-Ron	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	3,90	11,30	2,38	-0,85	0,57	2,38
Posse 15%	5,73	10,71	3,13	0,43	1,39	3,13
	6,71	6,24	3,05	0,04	1,40	3,05
	3,62	1,38	5,02	-0,93	0,62	5,02
Posse 20%/25%	4,59	3,02	4,90	-0,83	0,64	4,91
	5,56	9,92	4,80	-0,82	0,66	4,80
Média	5,02	7,09	3,88	-0,49	0,88	3,88
Cêgripe	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	1,86	11,47	1,55	0,03	3,33	1,55
Posse 15%	2,32	3,10	1,44	-0,06	3,26	1,44
	2,83	13,82	1,39	-0,03	3,30	1,39
	0,65	3,12	2,39	0,00	3,36	2,39
Posse 20%	1,15	9,66	1,34	-0,99	2,42	1,34
	1,66	10,48	1,19	-1,10	2,34	1,19
	1,69	7,05	3,31	0,04	3,46	3,31
Posse 25%	1,04	2,04	2,12	-1,10	2,34	2,12
	1,54	9,57	2,05	-1,10	2,38	2,05
Média	1,64	7,81	1,86	-0,48	2,91	1,86
Daflon	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
Posse 15%	3,02	5,58	4,41	0,03	5,83	4,41

	3,16	0,88	4,38	0,02	5,81	4,38
	3,31	1,68	4,35	0,02	5,81	4,35
	3,02	0,87	5,00	0,03	4,38	5,00
Posse 20%	3,15	5,58	4,95	0,02	5,91	4,95
	3,29	0,89	4,92	0,02	3,61	4,92
	3,03	0,07	5,87	0,03	6,01	5,87
Posse 25%	3,16	0,89	5,82	0,04	4,49	5,82
	3,29	0,89	5,78	0,03	6,02	5,78
	Média	3,16	1,93	5,05	0,03	5,32
Inegy	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
Posse 15%	-3,60	-3,64	-2,04	-3,67	0,11	-2,04
	-3,56	-3,64	-2,06	-3,68	0,08	-2,06
	-3,52	3,27	-2,09	-3,66	0,09	-2,09
Posse 20%	-3,65	-1,84	-1,61	-3,72	0,13	-1,61
	-3,61	-3,66	-1,64	-3,71	0,14	-1,64
	-3,57	-3,66	-1,67	-3,70	0,10	-1,67
Posse 25%	-3,73	-1,89	-0,93	-3,77	0,11	-0,93
	-3,69	-1,88	-0,97	-3,76	0,12	-0,97
	-3,66	-1,87	-1,00	-3,77	0,18	-1,00
Média	-3,62	-2,09	-1,56	-3,71	0,12	-1,56
Livazo	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
Posse 15%	2,50	4,22	4,04	0,06	5,02	4,04
	2,59	1,48	4,01	0,06	4,35	4,01
	2,69	3,54	3,98	0,06	0,20	3,98
Posse 20%	2,51	4,25	4,78	0,04	3,75	4,78
	2,62	4,25	4,75	0,08	5,09	4,75
	2,69	4,24	4,72	0,08	5,10	4,72
Posse 25%	0,26	-0,76	3,07	-2,28	1,56	3,07
	2,60	4,26	5,23	0,03	3,80	5,23
	2,69	4,27	5,20	0,09	5,14	5,20
Média	2,35	3,30	4,42	-0,20	3,78	4,42
Olsar	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
Posse 15%	1,22	1,01	2,86	0,04	4,94	2,86

	1,27	1,02	3,52	0,06	5,02	3,52
	1,34	4,35	3,49	0,03	5,04	3,49
	1,21	3,84	3,55	0,04	5,02	3,55
Posse 20%	1,27	1,02	3,52	0,06	5,02	3,52
	1,34	2,93	4,23	0,03	5,04	3,49
	1,21	2,94	4,23	0,01	5,11	4,23
Posse 25%	1,27	3,85	4,20	0,03	5,10	4,20
	1,36	3,88	4,20	0,08	5,13	4,20
	1,28	2,76	3,76	0,04	5,05	3,67
Média	1,28	2,76	3,76	0,04	5,05	3,67
Paracetamol	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	6,85	2,11	2,58	0,28	0,33	2,58
Posse 15%/20%	8,63	10,37	2,51	0,11	1,10	2,51
	10,30	0,40	2,39	0,10	1,07	2,39
	6,48	35,25	5,85	0,38	1,56	5,85
Posse 25%	8,11	36,62	5,62	0,45	1,14	5,62
	9,64	42,70	5,42	0,25	0,76	5,42
	7,33	18,60	4,02	0,23	1,57	4,01
Média	7,33	18,60	4,02	0,23	1,57	4,01
Zolnor	Lote%	EOQ%	CMU%	CMT%	QEP%	SM %
	0,14	1,79	2,13	0,01	0,04	2,13
Posse 15%	0,18	0,93	2,11	0,02	0,04	2,11
	0,23	5,10	2,09	0,04	0,05	2,09
	0,12	1,80	2,89	0,02	0,05	2,89
Posse 20%	0,17	1,81	2,87	0,01	0,05	2,87
	0,21	0,95	2,85	0,03	0,05	2,85
	0,10	0,08	3,63	0,02	0,05	3,63
Posse 25%	0,15	1,82	3,61	0,03	0,06	3,61
	0,19	1,82	3,59	0,00	0,06	3,59
	0,17	1,79	2,86	0,02	0,05	2,86
Média	0,17	1,79	2,86	0,02	0,05	2,86

Tabela 56 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 15% e variação de set-up

Posse -15%	Ben-u-ron								
	Aspiri.		Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor
Set-up - 0,20€									
Lote	656,06€	321,98€	422,43€	1650,32€	2208,90€	2285,73€	2874,94€	88,74€	4042,88€
EOQ	710,84€	348,83€	468,25€	1695,10€	2208,08€	2326,70€	2868,98€	84,44€	4111,02€
CMU	651,58€	316,95€	421,09€	1674,37€	2242,87€	2322,27€	2923,49€	84,85€	4125,27€
CMT	638,28€	306,82€	414,67€	1601,01€	2207,60€	2229,82€	2840,94€	82,89€	4037,96€
QEP	649,62€	311,19€	428,84€	1699,62€	2291,07€	2346,36€	2987,65€	82,93€	4038,82€
SM	651,58€	316,95€	421,09€	1674,37€	2242,87€	2322,27€	2923,49€	84,85€	4125,27€
WW	638,17€	309,42€	414,56€	1600,56€	2288,52€	2228,50€	2839,93€	82,66€	4063,27€
Set-up - 0,25€									
Lote	659,81€	325,73€	424,93€	1653,37€	2210,40€	2288,58€	2879,09€	90,59€	4045,63€
EOQ	679,83€	343,90€	428,35€	1615,37€	2208,78€	2262,59€	2871,79€	92,35€	4076,15€
CMU	651,63€	317,00€	421,14€	1674,42€	2242,92€	2322,32€	2946,11€	84,90€	4125,32€
CMT	638,81€	308,40€	414,85€	1601,45€	2207,82€	2230,47€	2844,05€	82,86€	4039,15€
QEP	649,76€	311,39€	429,06€	1699,87€	2291,04€	2330,50€	2992,70€	83,69€	4039,97€
SM	651,63€	317,00€	421,14€	1674,42€	2242,92€	2322,32€	2946,11€	84,90€	4125,32€
WW	638,51€	307,07€	415,08€	1601,15€	2289,15€	2229,20€	2842,40€	82,77€	4065,45€
Set-up - 0,30€									
Lote	663,56€	329,48€	427,43€	1656,42€	2211,90€	2291,43€	2881,79€	92,44€	4048,38€
EOQ	663,27€	327,81€	481,96€	1629,02€	2367,19€	2311,74€	2972,64€	83,25€	4256,11€
CMU	651,68€	317,05€	421,19€	1674,47€	2242,97€	2322,37€	2946,16€	84,95€	4125,37€
CMT	641,67€	307,49€	415,24€	1602,04€	2208,88€	2231,21€	2844,12€	83,00€	4040,64€
QEP	649,98€	311,74€	429,52€	1700,52€	2291,79€	2234,30€	2994,09€	83,82€	4041,22€
SM	651,68€	317,05€	421,19€	1674,47€	2242,97€	2322,37€	2946,16€	84,95€	4125,37€
WW	638,81€	307,37€	415,35€	1601,65€	2289,75€	2229,85€	2843,20€	82,92€	4067,15€

Tabela 57 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 20% e variação de *set-up*

Posse -20%	Ben-u-ron								
	Aspiri.	Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor	
Set-up - 0,20€									
Lote	656,60€	321,98€*	422,66€	1651,27€	2209,75€	2287,32€	2876,39€	88,74€*	4044,04€
EOQ	682,97€	348,83€*	428,71€	1615,50€	2248,99€	2328,75€	2955,01€	84,44€*	4113,38€
CMU	662,43€	316,95€*	425,54€	1685,62€	2254,18€	2341,76€	2946,06€	84,85€*	4159,37€
CMT	639,79€	306,82€*	415,36€	1601,90€	2208,41€	2230,74€	2842,56€	82,89€*	4040,22€
QEP	651,18€	311,19€*	429,81€	1674,77€	2293,56€	2316,81€	2991,65€	82,93€*	4041,33€
SM	662,43€	316,95€*	425,54€	1685,62€	2254,18€	2341,76€	2946,06€	84,85€*	4159,37€
WW	639,45€	309,42€*	419,90€	1601,41€	2290,48€	2229,86€	2841,50€	82,66€*	4071,94€
Set-up - 0,25€									
Lote	660,35€	325,73€*	425,16€	1654,32€	2211,25€	2290,77€	2879,09€	90,59€*	4046,84€
EOQ	702,21€	343,90€*	464,79€	1696,91€	2210,25€	2329,65€	2871,79€	92,35€*	4114,53€
CMU	662,48€	317,00€*	425,59€	1685,67€	2254,23€	2341,81€	2946,11€	84,90€*	4159,42€
CMT	640,28€	308,40€*	415,79€	1602,52€	2209,30€	2232,41€	2844,05€	82,86€*	4040,37€
QEP	651,73€	311,39€*	430,30€	1702,72€	2294,41€	2350,30€	2992,70€	83,69€*	4042,01€
SM	662,48€	317,00€*	425,59€	1685,67€	2254,23€	2341,81€	2946,11€	84,90€*	4159,42€
WW	639,94€	307,07€*	420,25€	1602,16€	2291,18€	2230,64€	2842,40€	82,77€*	4074,19€
Set-up - 0,30€									
Lote	664,10€	329,48€*	427,66€	1657,37€	2212,75€	2293,02€	2881,79€	92,44€*	4049,59€
EOQ	705,35€	327,81€*	469,80€	1617,22€	2210,95€	2330,21€	2872,64€	83,25€*	4079,59€
CMU	662,53€	317,05€*	425,64€	1685,72€	2254,28€	2341,86€	2946,16€	84,95€*	4159,47€
CMT	640,55€	307,49€*	416,00€	1603,14€	2210,10€	2233,18€	2844,12€	83,00€*	4042,17€
QEP	652,26€	311,74€*	430,62€	1662,81€	2294,18€	2351,30€	2994,09€	83,82€*	4043,16€
SM	662,53€	317,05€*	425,64€	1685,72€	2254,28€	2341,86€	2946,16€	84,95€*	4159,47€
WW	640,38€	307,37€*	420,56€	1602,80€	2291,84€	2231,39€	2843,20€	82,92€*	4076,44€

Tabela 58 - Valores totais das heurísticas com custo de posse de 25% e variação de set-up

Posse -25%	Ben-u-ron								
	Aspiri.	Cêgrip	Daflon	Inegy	Livazo	Olsar	Parac.	Zolnor	
Set-up - 0,20€									
Lote	656,60€*	322,50€	422,88€	1652,69€	2211,10€	2288,38€	2877,83€	89,08€	4045,30€
EOQ	682,97€*	315,17€	447,28€	1603,78€	2251,06€	2265,20€	2929,06€	128,66€	4044,17€
CMU	662,43€*	327,26€	429,99€	1702,49	2272,28€	2354,75€	2968,63€	88,49€	4193,47€
CMT	639,79€*	307,98€	415,93€	1603,14	2210,18€	2231,55€	2843,26€	83,63€	4041,89€
QEP	651,18€*	312,77€	430,63€	1705,07€	2296,14€	2318,65€	2996,15€	84,63€	4043,23€
SM	662,43€*	327,26€	429,99€	1702,49	2272,28€	2354,75€	2968,63€	88,49€	4193,47€
WW	639,45€*	310,83€	415,75€	1602,61	2293,52€	2282,43€	2842,99€	83,31€	4080,58€
Set-up - 0,25€									
Lote	660,35€*	326,25€	425,38€	1655,74	2212,60€	2291,23€	2880,53€	90,93€	4048,05€
EOQ	702,21€*	320,97€	429,72€	1617,75	2252,01€	2330,88€	2957,80€	131,83€	4116,89€
CMU	662,48€*	327,31€	430,04€	1702,54	2272,33€	2354,80€	2968,68€	88,54€	4193,52€
CMT	640,28€*	308,71€	416,36€	1604,07	2211,10€	2232,33€	2844,83€	83,94€	4043,25€
QEP	651,73€*	313,28€	431,03€	1678,85	2297,14€	2319,75€	2996,71€	84,52€	4044,63€
SM	662,48€*	327,37€	430,04€	1702,54	2272,33€	2354,80€	2968,68€	88,54€	4193,52€
WW	639,94€*	311,28€	420,94€	1603,42	2294,32€	2231,55€	2843,94€	83,56€	4082,87€
Set-up - 0,30€									
Lote	664,10€*	330,00€	427,88€	1658,79	2214,10€	2294,08€	2883,23€	92,73€	4050,80€
EOQ	705,35€*	345,97€	465,88€	1618,50	2252,96€	2331,78€	2958,85€	146,23€	4118,04€
CMU	662,53€*	327,36€	430,09€	1702,59	2272,38€	2354,85€	2968,73€	88,59€	4193,57€
CMT	640,55€*	309,11€	416,69€	1604,67	2211,69€	2234,27€	2846,21€	84,00€	4043,14€
QEP	652,26€*	313,71€	431,58€	1707,00	2299,23€	2353,24€	2997,76€	84,43€	4045,20€
SM	662,53€*	327,36€	430,09€	1702,59	2272,38€	2354,85€	2968,73€	88,59€	4193,57€
WW	640,38€*	311,64€	421,29€	1604,17	2295,03€	2232,32€	2844,86€	83,79€	4085,12€