

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Trabalho de Formatura

**“Aplicação de Modelos de Gestão de Estoque na Área de Peças
de Reposição de Empresa do Setor de Linha Branca”**

Autor: Rodrigo Salamoni

Orientador: Miguel Cezar Santoro

2001

*tf 2001
Sa 3/12*

Agradecimentos

A Deus, a quem devo todos os meus dons.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços na minha formação e a quem devo o que sou hoje, pelo apoio, valores e princípios recebidos.

Ao meu irmão Guilherme, pelo apoio recebido na realização deste trabalho.

Aos mestres da Escola Politécnica da USP, que contribuíram para na construção de minha sólida formação acadêmica.

Ao professor Miguel Cezar Santoro, pela paciência dispensada e, sobretudo pelos valiosos ensinamentos.

Aos amigos, a quem devo a cooperação e companheirismo durante todos esses anos de faculdade.

À Mônica Lamas, pela cooperação e incentivo na realização deste trabalho.

Aos colegas da Multibrás, que sempre me ajudaram a vencer as dificuldades diárias.

Sumário

O presente trabalho trata da aplicação de modelos de gestão de estoque na Área de Peças de Reposição de uma empresa do Setor da Linha Branca, que passava por momentos críticos.

Visando a redução dos principais problemas como níveis elevados de itens em falta, o autor selecionou para os aproximadamente 12.000 os modelos de estoque mais adequados, baseando-se: na classificação de importância dos itens, na previsibilidade dos itens, num método de análise elaborado que agrupava os itens com características de demanda semelhantes.

O autor também desenvolveu os modelos de estoque em EXCEL e procedimentos para sua aplicação. No futuro próximo, o objetivo será a implantação dos modelos no sistema ERP da empresa (SAP).

Lista de Abreviaturas

EM -	Estoque Máximo
EstFis -	Estoque Físico
EstSeg -	Estoque de Segurança
LEC -	Lote Econômico
LT -	Lead Time
PDV -	Programa de Demissão Voluntária
PP -	Ponto de Pedido
PR -	Período de Revisão
SAM -	Serviço Autorizado Multibrás
SES -	Suavização Exponencial Simples
TI -	Tecnologia de Informação
tre-	Tempo de Reação

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	2
1.1.1	UM POUCO DA HISTÓRIA	2
1.1.2	DADOS DA EMPRESA	5
1.2	O ESTÁGIO	7
1.3	MOTIVO DO TRABALHO	8
1.4	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.4.1	PANORAMA INICIAL	9
1.4.2	ATIVIDADES DO ANTIGO SETOR DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE PEÇAS	13
1.4.2.1	A Programação	13
1.4.3	PROBLEMAS ENCONTRADOS	15
1.5	OBJETIVO DO TRABALHO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA	19
2.1.1	NOTAÇÃO UTILIZADA	21
2.1.2	MEDIDAS DE PRECISÃO DA PREVISÃO DE DEMANDA	22
2.1.3	PREVISÃO QUANTITATIVA	26
2.1.3.1	Processo de Previsão	26
2.1.3.2	Métodos de Projeção ou Séries Temporais	33
2.1.3.2.1	Introdução dos Métodos de Média e Suavização Exponencial	34
2.1.3.2.2	Métodos de Média	35
2.1.3.2.2.1	Média Simples	35
2.1.3.2.2.2	Média Móvel	36
2.1.3.2.3	Métodos de Suavização Exponencial	37
2.1.3.2.3.1	Suavização Exponencial Simples	37
2.1.3.2.3.2	Suavização Exponencial Dupla (Brown)	40

2.1.3.2.3.3	Suavização Exponencial Ajustada para Tendência (Holt)	41
2.1.3.2.3.4	Suavização Exponencial Ajustada para Tendência e Sazonalidade (Winters)	42
2.1.3.2.3.5	Inicialização dos Métodos de Suavização Exponencial	43
2.1.3.2.3.6	Otimização dos Métodos de Suavização Exponencial	44
2.1.3.2.4	Métodos de Decomposição	45
2.1.3.2.5	Monitoramento dos Métodos	46
2.1.4	PREVISÃO QUALITATIVA	48
2.1.4.1	Previsões de Vendedores	49
2.1.4.2	Opiniões de Executivos	49
2.1.4.3	Método Delphi	50
2.1.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
2.2	MODELOS DE ESTOQUE	52
2.2.1	MODELOS ATIVOS	53
2.2.2	MODELOS REATIVOS	57
2.2.2.1	Modelo de Estoque Máximo	62
2.2.2.2	Modelo de Lote Fixo	63
2.2.2.3	Modelo de Estoque Base	64
2.2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	68
3.1	DADOS CADASTRAIS	69
3.2	DADOS DE DEMANDA	70
3.2.1	AJUSTE DOS DADOS DE DEMANDA	74
3.3	APLICAÇÃO DOS MODELOS DE ESTOQUE	77
3.3.1	ITENS C	77
3.3.2	ITENS A E B	83
3.3.2.1	Gestão com Modelo Ativo	83
3.3.2.2	Gestão com Modelos Reativos	93
3.3.3	RESULTADOS OBTIDOS	93
3.4	IMPLEMENTAÇÃO NO SAP	96

4	<u>CONCLUSÕES</u>	<u>100</u>
5	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>101</u>
	<u>ANEXOS</u>	<u>103</u>

1. Introdução

1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados: a empresa onde o trabalho foi realizado, as condições do estágio, os problemas e as circunstâncias que motivaram a realização deste trabalho e finalmente o objetivo que se pretendeu atingir.

Apresentação da Empresa

A empresa onde foi realizado o trabalho é a **Multibrás S.A. Eletrodomésticos**, pertencente ao grupo Brasmotor, coordenado pela *holding* Brasmotor S.A., atual divisão da Whirlpool Corporation, líder mundial em eletrodomésticos.

1.1.1 Um Pouco da História

Ca. Distribuidora Geral
Brasmotor

Em 25 de julho de 1945, foi fundada a Companhia Distribuidora Geral Brasmotor, por Miguel Etchenique, na cidade de São Paulo. Inicialmente, a empresa estava voltada para o mercado de veículos, e assim, montava e distribuía caminhões e automóveis *Chrysler*.



O primeiro modelo
Brastemp de 1954

Já na década de 50, a Brasmotor deu início ao processo que a transformaria em holding: passou a importar peças dos Estados Unidos, e começou a montar no Brasil os primeiros refrigeradores elétricos, das marcas Norge, Alaska e White Star. Em 1954, a empresa iniciou a produção de eletrodomésticos sob a marca Brastemp (mistura dos nomes **Brasil** e **temperatura**), nascendo assim uma das mais poderosas marcas de eletrodomésticos já criadas no Brasil.

Em 1957 foi criada a Multibrás, só para atuar no ramo de eletrodomésticos, que um ano depois, alia-se a Whirlpool Corporation, dos Estados Unidos, para a fabricação e distribuição de eletrodomésticos de grande porte: a chamada linha branca.



Em 1961 a Brasmotor transformou-se em *holding*.

Durante a década de 70 e início da década de 80, o grupo iniciou um movimento de expansão, adquirindo a **Cônsul S.A.** (grande indústria de refrigeradores situada em Joinville), a **Semer** (um dos três maiores fabricantes de fogões do Brasil, na época), a **Multibrás da Amazônia** (atualmente a principal fornecedora de componentes plásticos para indústrias eletroeletrônicas, de informática e de veículos, instaladas na Zona Franca de Manaus), e a **Embraco** (hoje uma das líderes mundiais em compressores para refrigeração). Em 1992, foi criada a **Brastemp da Amazônia S.A.** para a fabricação de microondas, e a **Brascabos LTDA**, divisão responsável pela fabricação de cabos elétricos, tornou-se uma companhia independente. Em 1993, houve a aquisição de 40% da **Whirlpool da Argentina**, fabricante de eletrodomésticos. Finalmente, A Brasmotor uniu Brastemp, Consul e Semer numa só empresa, a **Multibrás S. A. Eletrodomésticos**, buscando maior competitividade na disputa pelo mercado de linha branca e adquirindo dessa forma, os contornos apresentados atualmente.

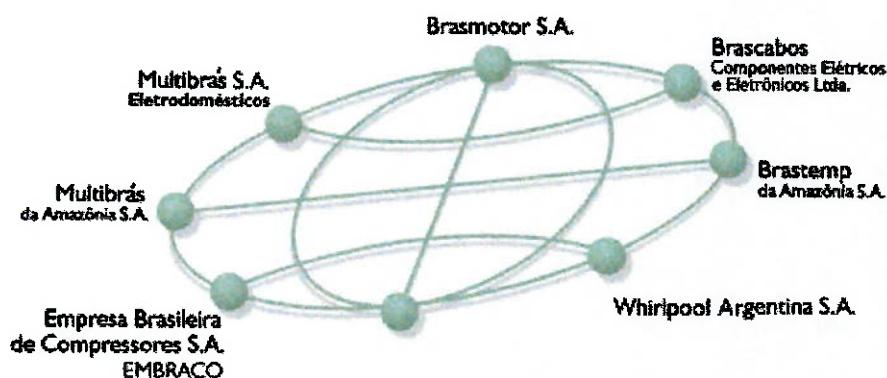


Figura 1.1 – Empresas integrantes do Grupo Brasmotor

Fonte: <http://www.brasmotor.com.br/societar.htm> (25/08/01)

A partir de 1994, o setor da linha branca tornou-se visado internacionalmente. A estabilidade econômica, o pequeno número de fabricantes até então existentes e a potencialidade do mercado brasileiro, motivaram o capital multinacional a penetrar neste segmento.

Esta nova conjuntura do setor da linha branca forçou as empresas nacionais que atuavam neste mercado a estabelecerem associações estratégicas ou a se fundirem com empresas multinacionais.

Destarte, em 18 de setembro de 1997, a **Whirlpool Corporation**, maior produtora mundial de eletrodomésticos da linha branca, tornou-se acionista votante majoritária da Brasmotor S.A., holding do grupo Brasmotor, com quem mantém estreita parceria há 40 anos.

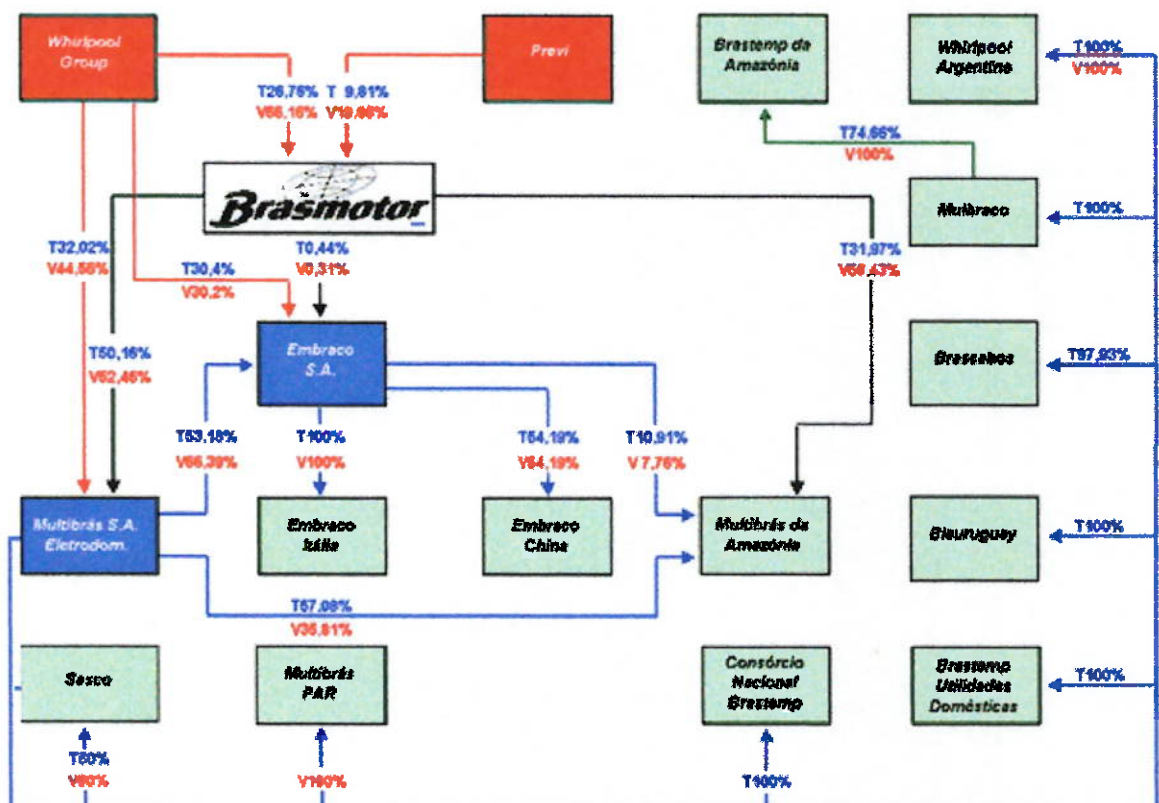


Figura 1.2 – Composição acionária

Fonte: <http://www.brasmotor.com.br/acionari.htm> (25/08/01)

1.1.2 Dados da Empresa



Criada em 1994, como resultado da fusão e integração da Brastemp, Consul e Semer (atualmente inativa), a Multibrás S.A. Eletrodomésticos concentra a operação de linha branca do Grupo Brasmotor, o que permitiu ampliar a economia de escala e a competitividade, e consolidar sua liderança nesse setor em toda a América Latina. Ela é a única empresa do país que fabrica todos os produtos da linha branca: geladeiras, freezers, fogões, máquinas de lavar e de secar roupas, fornos de microondas, condicionadores de ar, depuradores de ar e lava-louças.

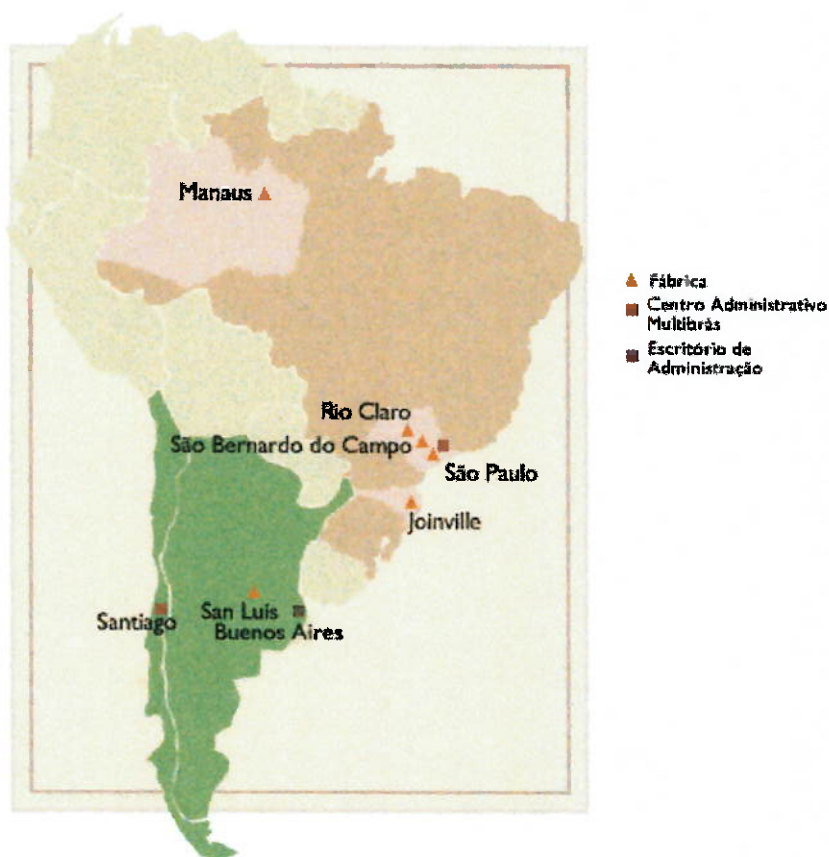


Figura 1.3 – Unidades Industriais

Fonte: <http://www.multibras.com.br/localiza1.htm> (25/08/01)

Possui cinco unidades industriais no Brasil e uma na Argentina, que fabrica as marcas *Whirlpool* e *Eslabon de Lujo*.

Unidade	Localização	Produtos Produzidos
Rio Claro	SP / Brasil	Lavadoras e Lava-louças
São Paulo	SP / Brasil	Fogões
São Bernardo (*)	SP / Brasil	Refrigeradores grande porte
Manaus	AM / Brasil	Condicionadores de ar e Microondas
Joinville	SC / Brasil	Refrigeradores, Freezers e Secadoras
San Luis	Argentina	Refrigeradores e Lavadoras

Tabela 1.1 – Produtos produzidos pelas unidades

Elaborado pelo autor

(*) Desativada em jul/01. Produção absorvida pela unidade de Joinville

A Multibrás emprega um total de 8.500 colaboradores, sendo a única empresa do setor em que todas as Unidades são certificadas pela ISO série 9000.

A empresa atende os mercados de 70 países em cinco continentes, apresentado um faturamento anual da ordem de R\$2 bilhões.

1.2 O Estágio

O estágio na Multibrás teve início em agosto de 2000 na área de Planejamento Estratégico. Em junho de 2001, a gerente geral da área assumiu a gerência da Área de Peças de Reposição e Acessórios e me convidou para fazer parte da equipe de Planejamento e Programação. O trabalho foi realizado nesta última área que pertence à diretoria de Logística. Veja abaixo a organização da estrutura interna da empresa:

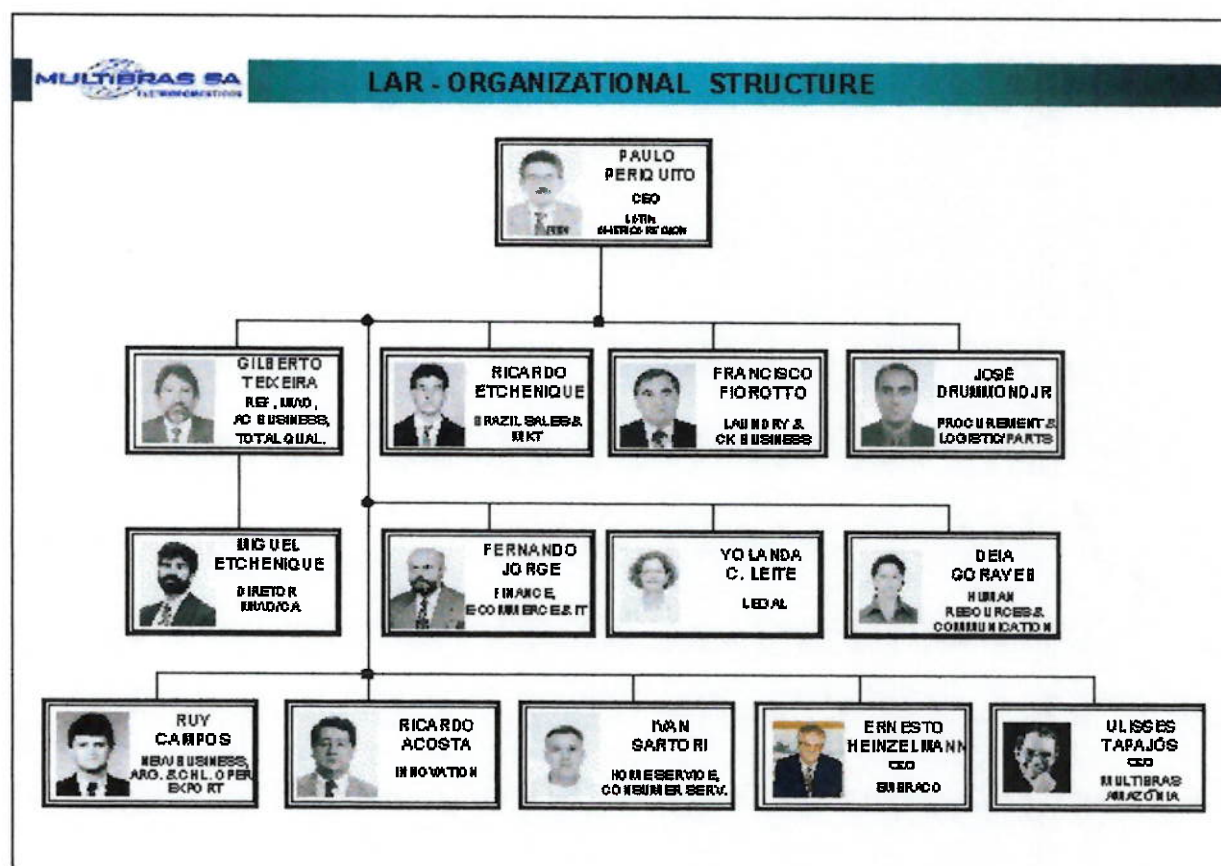


Figura 1.4 – Organograma: Diretoria Multibrás

Fonte: Intranet Multibrás (25/08/01)

Fui responsável pelo planejamento e programação de 2000 itens de fogões comprados da unidade de São Paulo, e participei do projeto de implementação do novo sistema de gestão de estoque.

1.3 Motivo do Trabalho

O trabalho foi realizado no setor de Programação da Área de Peças de Reposição, por duas razões:

- A empresa apresentava valores elevados de estoque e um grande número de itens em falta, devido, principalmente, à utilização de políticas de estoque inadequadas;
- A gerente geral de peças de reposição considera o trabalho extremamente importante para o sucesso da área;
- O estágio está sendo desenvolvido neste setor, o que facilita a obtenção de informações e dados para análises.

A seguir, serão descritas: a fase de transição pela qual passava a Área de Peças, as atividades do Setor de Programação e os problemas encontrados pelo autor.

1.4 Caracterização do Problema

1.4.1 Panorama Inicial

Durante anos, a área de Peças de Reposição e Acessórios foi atrelada à diretoria de Serviços (*Home Services*). Sua missão era atender, com excelente nível de serviço, a demanda de peças de reposição das distribuidoras autorizadas pela Multibrás, conhecidas como Serviço Autorizado Multibrás (SAM).

O SAM tem como função fornecer peças e/ou serviços necessários para a reparar eletrodomésticos das marcas da Multibrás que tenham sido adquiridos por um consumidor.

Hoje, a Área de Peças atende também aproximadamente 40 distribuidoras credenciadas. A distribuidora credenciada difere do SAM pelo fato de não oferecer serviço diretamente ao cliente.

Neste mercado atuam também os distribuidores não credenciados e especializados (autônomos).

Lógica do Supply Chain que envolve a Área de Peças de Reposição

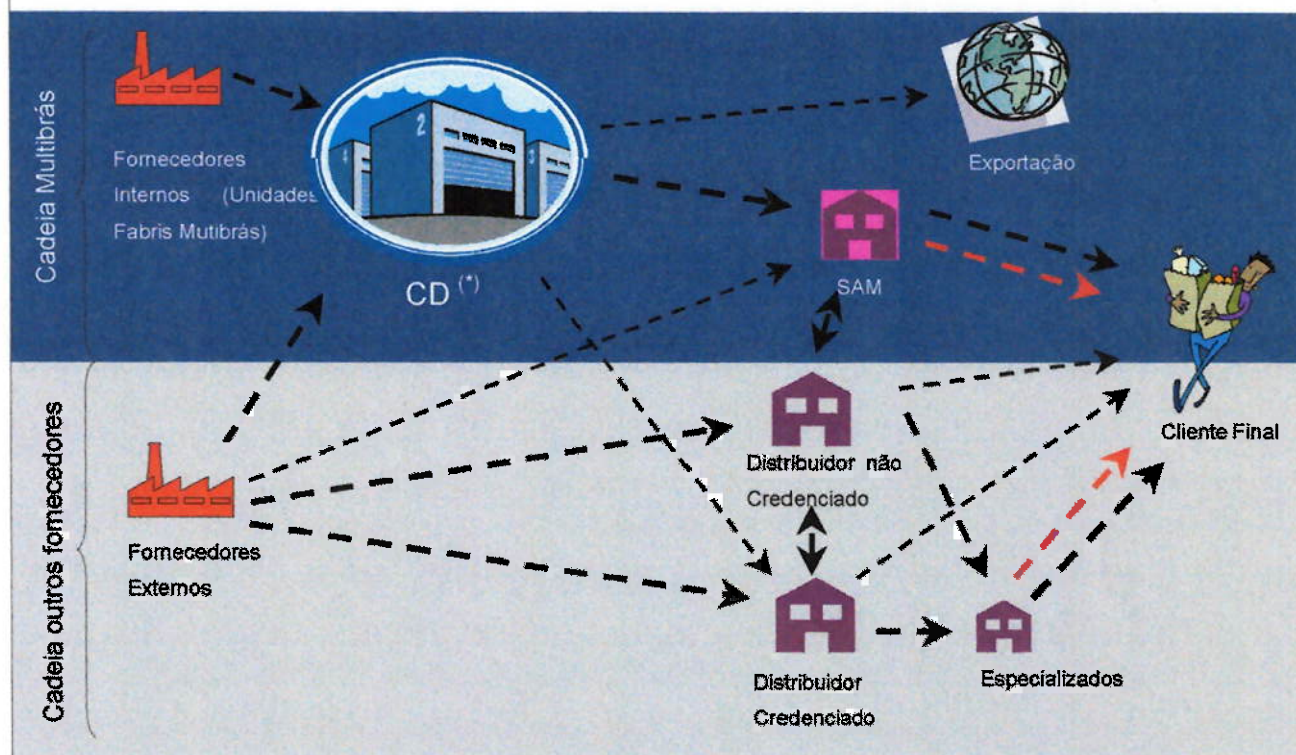


Figura 1.5 – Supply Chain. Elaborado Pelo Autor

- > Fluxo de Peças
- -> Serviço ao cliente

(*) Hoje, o Centro de Distribuição da MTB pertence à TDS-JIT, empresa terceirizada, que também é responsável pelas operações logísticas: recebimento, armazenagem e expedição.

Nota: A Espessura das setas são proporcionais ao volume de vendas para cada cliente

Com aproximadamente 320 SAMs cadastrados e uma receita anual de R\$35 milhões, o que corresponde a somente 10% do mercado total de peças do Brasil, a Área de Peças de Reposição tem apresentado um quadro crítico, com os seguintes destaques:

- *Prejuízos durante o ano de 2000;*
- *Aproximadamente 8% de itens em falta de um total de 12.000 ativos. O custo da falta para a Multibrás tem uma componente a mais, além da perda do faturamento e possível perda do cliente. O consumidor pode processar a empresa se a peça que ele procura estiver em falta no mercado. Para evitar o processo a empresa realiza um Expresso Atendimento: procedimento oneroso que consiste em encontrar a peça requerida no mercado e enviar para o cliente em 48 horas, como em muitas vezes, ou trocar o produto do cliente por um novo;*
- *Valor de estoque: R\$ 10 milhões;*
- *Grande parte da rede autorizada (SAM) inadimplente.*

Em 31 de janeiro de 2001, em decorrência de um plano de reestruturação global, foi anunciada a desativação da unidade de São Bernardo, responsável pela produção de refrigeradores de grande porte e que apresentava 40% de ociosidade. Toda a produção seria transferida para a unidade de Joinville.

A Multibrás ofereceu aos 1050 funcionários um programa de demissão voluntária (PDV).

A Área de Peças, que também se localizava em São Bernardo, teve a adesão de 100% do seu quadro de funcionários ao PDV.

O Centro de Distribuição de Peças, localizado próximo à fábrica de São Bernardo, também foi desativado e atividades como recebimento, armazenagem e expedição de peças que eram de responsabilidade da empresa, passaram a ser realizadas por um operador logístico. Em agosto de 2001, toda a administração da área foi transferida para a Unidade Fabril de São Paulo, onde são produzidos fogões.

Dentro deste novo contexto, a Área de Peças de Reposição e Acessórios passou a responder à diretoria de Logística e, sob nova gerência e com seu quadro de funcionários administrativos renovado, apresentava uma nova missão: “Minimizar as faltas de peças aos consumidores de produtos da Multibrás, maximizando sua receita”. E desta forma foi estruturada conforme figura:

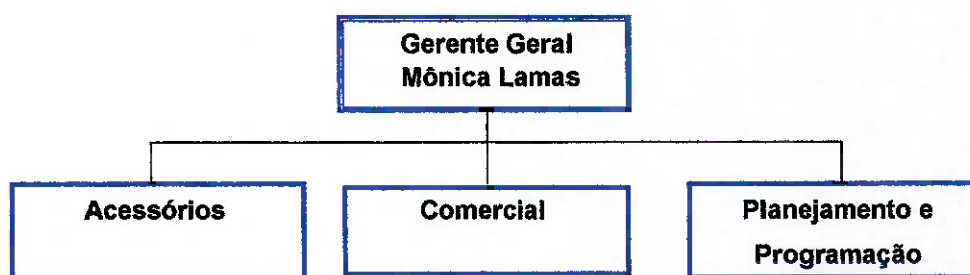


Figura 1.6 – Organograma: Peças de Reposição e Acessórios
Elaborado pelo Autor

Sendo:

Setor de Planejamento e Programação – responsável pela implantação e manutenção de políticas de gestão de estoque de peças de reposição e acessórios, e racionalização de peças, isto é, redução do número de itens devido à existência de similaridade entre eles. Isso evita a criação de inúmeros itens quando um novo produto é lançado.

Setor Comercial – responsável pela elaboração de políticas comerciais (preços, promoções, expansão de mercado etc) e atendimento aos clientes (SAMs e distribuidores credenciados).

Setor de Acessórios – responsável por recriar a linha de acessórios Brastemp para cozinha que, até então, encontrava-se inativa. São exemplos: tábua de carne, saco de roupa suja, avental etc.

1.4.2 Atividades do Antigo Setor de Planejamento e Programação de Peças

No início do estágio, ainda em São Bernardo durante o período de transição, houve algum contato com os antigos funcionários do Setor. O setor possuía cinco funcionários, sendo que três eram responsáveis pela programação e dois pela racionalização de peças. A seguir, serão descritas somente as atividades da programação, pois a tarefa de racionalização foge ao foco deste trabalho.

1.4.2.1 A Programação

Desde 1998, a Multibrás possui o sistema SAP. Por meio deste sistema, os programadores de peças recebiam informações: da posição de estoque de cada item; de previsões futuras; e sugestões de compra, obtidas por meio de cálculo de necessidades. Todos os itens eram geridos por previsão, calculadas com métodos de média móvel.

Cada programador era responsável por alguns fornecedores:

1º programador: Unidades de Rio Claro e Joinville.

2º programador: Unidade de São Paulo e itens importados.

3º programador: Unidade de Manaus e Fornecedores Externos.

Suas tarefas resumiam-se à colocação dos pedidos de compra para seus itens e à cobrança de pedidos atrasados. A colocação dos pedidos era realizada uma vez por mês e os pedidos deveriam ser entregues durante o mês seguinte. A figura abaixo ilustra o processo.

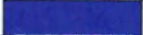
Mês Junho 2001

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Mês Julho 2001

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

LEGENDA:

	Período para Departamento de Peças colocar os pedidos para as Unidades e Fornecedores Externos
	Período que as unidades levam para processar os pedidos.
	Início teórico da fabricação das peças
	Período para atendimento dos pedidos (*)

(*) Itens Importados e itens da unidade de Manaus, podiam ser entregues em até 3 meses

Figura 1.7 – Processo de Programação da Área de Peças em junho de 2001

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se pode perceber, não existia uma data fixada de compromisso para a colocação dos pedidos, nem para o atendimento dos pedidos. Os programadores de peças já tinham um amplo prazo para a colocação dos pedidos, e muitas vezes, ele se estendia até o fim do mês. Já os fornecedores podiam entregar os pedidos tanto no 1º dia quanto no último dia do mês posterior à colocação dos pedidos, sendo isto considerado dentro do prazo. Era uma situação cômoda, tanto para os programadores da Área de Peças, que tinham menor chance de errar a previsão ao fazer o pedido na última hora, quanto para programadores das

unidades e de fornecedores externos, que tinham a menor chance de não cumprir o *lead time*.

1.4.3 Problemas Encontrados

Esta análise incitou a investigação de como o *lead time* e outros parâmetros como: lote mínimo de compra, lote múltiplo de compra e dados de demanda estariam cadastrados no SAP. Seria o primeiro passo para entender como o SAP calculava a sugestão de compra.

Após a investigação, percebeu-se que:

- *Os lead times de cada fornecedor tinham o mesmo valor para todos os itens.* Por exemplo, todos os itens da Unidade de São Paulo tinham 2 dias de *lead time*, já os de Rio Claro, 3 dias etc. Segundo os antigos programadores, o *lead time* só era usado para identificar o fornecedor do item. Se um item tinha *lead time* 2, sabia-se que ele era proveniente da unidade de São Paulo e assim por diante.
- *Os lotes múltiplos de compra das unidades não eram coerentes com a quantidade de peças que contém nas embalagens expedidas pelo operador logístico.* Isto podia gerar alguns problemas, por exemplo: se o operador logístico recebesse um pedido de 250 peças de um item que tinha 50 peças como seu lote múltiplo de compra e fosse embalado em múltiplos de 100 peças, só poderiam ser expedidas 2 embalagens com 100 peças cada uma. Sobrariam 50 peças em estoque que não poderiam ser expedidas, mesmo havendo pedidos de clientes.
- *Nenhuma unidade tinha lote mínimo cadastrado.* Era possível pedir qualquer quantidade desejada.

- *O SAP baseava-se em dados de faturamento ao invés de demanda para efetuar os cálculos de previsões de demanda. Segundo ARNOLD (1998), previsões de demanda devem utilizar dados de demanda e não de entrega (ou faturamento). FOGARTY et al. (1991) complementam que a falha em reconhecer esta diferença pode levar a muitos erros de previsão. Por exemplo, há defasagem de tempo entre demanda e entrega; quantidades expedidas de um pedido podem ser feitas parcialmente, e assim, os dados de demanda serão maiores que os dados de entrega. Além disso, como aproximadamente 600 itens encontravam-se em falta (muitos deles por longo período), as previsões geradas para eles pelo SAP eram zero, pois o consumo era zero.*

Destarte, tornava-se evidente que o SAP não estava gerando necessidades corretas. Soube-se que os antigos programadores não se sentiam confortáveis em aceitar as sugestões do SAP. Assim desprezavam-nas, e utilizavam bom senso e o conhecimento adquirido (alguns já trabalhavam há 20 anos) para estimar a demanda do próximo mês. Porém, quando estes deixaram a empresa, todo o conhecimento e a sensibilidade deste mercado também se foram. Os novos programadores, apesar de capacitados tecnicamente (3 engenheiros de produção), não tinham experiência alguma neste setor.

Percebeu-se, então, a grande necessidade da implantação de modelos matemáticos que auxiliassem os programadores na tomada de decisões. A partir desta conclusão, elaborou-se o objetivo do trabalho.

1.5 Objetivo do Trabalho

O objetivo deste trabalho será elaborar uma proposta de gestão do estoque dos aproximadamente 12.000 itens ativos da Área de Peças de Reposição da Multibrás utilizando modelos de estoque. Estes, além de permitirem um ótimo atendimento da demanda com níveis mínimos de estoque, devem ser de fácil compreensão e utilizar os recursos tecnológicos já disponíveis na empresa.

2. Revisão Bibliográfica

2 Revisão Bibliográfica

O intuito desta revisão bibliográfica é apresentar os modelos de estoque mais comumente conhecidos, que sejam adequados ao caso específico da empresa em questão.

Segundo SANTORO (2000), os modelos de estoque podem ser agrupados em duas grandes categorias: modelos Ativos e Reativos.

Como os modelos Ativos utilizam previsão de demanda, inicia-se apresentando um panorama geral dos diversos métodos de previsão de demanda. Na sequência são apresentados os modelos Ativos, e por fim, os reativos.

2.1 Métodos de Previsão de Demanda¹

Previsões de demanda em empresas são utilizadas na determinação de quando e em que quantidade esta irá ocorrer, servindo como uma importante ferramenta para a elaboração de um planejamento eficaz e eficiente.

Previsões de demanda são utilizadas em diversas situações que variam de acordo com o horizonte de previsão, tipos de padrões de demanda e muitos outros fatores.

Para tratar destas diversas situações, vários métodos foram desenvolvidos. Eles podem ser classificados, de acordo com a tabela abaixo:

¹ Os modelos apresentados neste item podem ser utilizados para previsão em geral, mas como neste trabalho a previsão será utilizada para prever demanda, toda notação e comentários estarão enfocando esta variável.

Categorias	Classe	Breve descrição	Exemplos de Métodos
Quantitativa	Projeção ou Séries temporais	Baseiam-se na premissa de que o futuro será uma reprodução do passado. Os modelos presumem que os dados históricos se ajustam a uma certa curva matemática conhecida e a utilizam como base para a realização de previsões. Não existe preocupação em se conhecer as causas da demanda, mesmo sabendo que elas existem.	➤ Métodos de Média Móvel; ➤ Métodos de Suavização Exponencial; ➤ Box-Jenkins.
	Explicação ou Causais	Baseiam-se na premissa de que a mesma lei de dependência do passado prevalecerá no futuro. Buscam explicar a demanda como função de uma série de variáveis e utilizam tal função para gerar previsões.	➤ Métodos de Regressão Simples; ➤ Métodos de Regressão Múltipla; ➤ Métodos Econométricos.
Qualitativa	Predição	Baseiam-se na premissa de o futuro não tem relação clara com o passado. As previsões são baseadas em julgamento de especialistas. Diferentemente dos modelos quantitativos, a demanda não é explicitada matematicamente.	➤ Método Delphi; ➤ Analogia histórica; ➤ Composto de força de Vendas;

Tabela 2.1 – Categorias de métodos de previsão de demanda

Adaptado de SANTORO (2000).

Alguns métodos não serão abordados neste trabalho:

- O método de série temporal Box-Jenkins: devido à sua complexidade e por não estar disponível no sistema SAP da empresa;
- Os Métodos causais: dada sua pequena relevância para previsões de curto prazo e por não estarem disponíveis no sistema SAP da empresa.

2.1.1 Notação Utilizada

A notação utilizada nos próximos itens é baseada em MAKRIDAKIS et al. (1998), qual seja:

Y_t = Valor de demanda para o período t ;

F_t = Previsão de demanda para o período t ;

e_t = Erro de previsão para o período t ;

Pe_t = Erro percentual de previsão para o período t ;

hp = Horizonte de previsão;

k = Ajuste do horizonte de previsão;

L_t = Coeficiente relativo ao padrão de estabilidade para o período t ;

b_t = Coeficiente relativo ao padrão de tendência para o período t ;

S_t = Coeficiente relativo ao padrão de sazonalidade para o período t ;

α = Parâmetro de suavização associada ao padrão de estabilidade;

β = Parâmetro de suavização associada ao padrão de tendência;

γ = Parâmetro de suavização associada ao padrão de sazonalidade;

s = Comprimento da sazonalidade.

2.1.2 Medidas de Precisão da Previsão de Demanda

Tão importante quanto saber as previsões é saber sua precisão. A precisão das previsões, como será visto adiante, é o critério final que decidirá o método a ser utilizado. A precisão de um método está relacionada com a capacidade que ele tem de reproduzir dados conhecidos. Para medir esta capacidade utiliza-se medidas de erros destas previsões em relação aos dados conhecidos de demanda de um certo período. Quanto menores os erros, maior será sua precisão.

Para ilustrar esse procedimento, observe a série de demanda histórica semanal de um produto X hipotético:

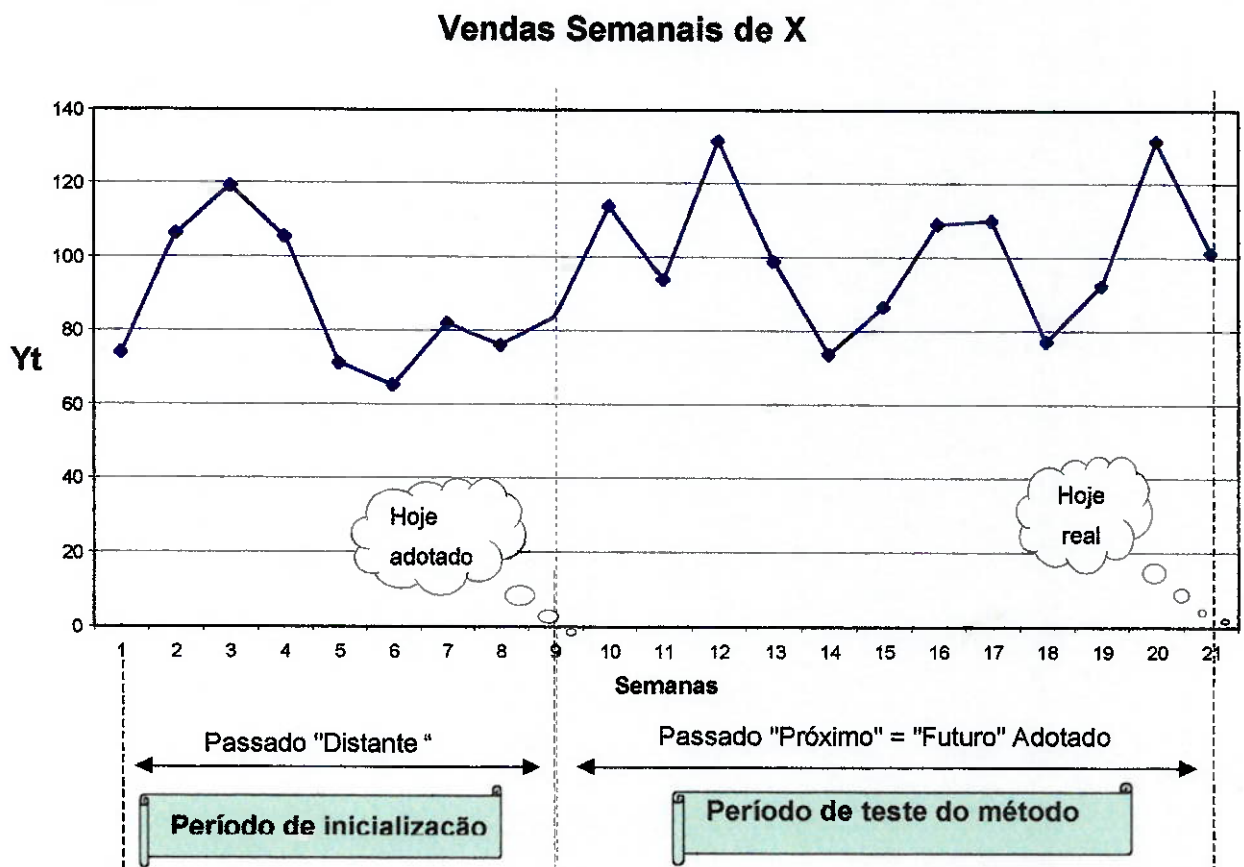


Figura 2.1 – Exemplo de Período utilizado para verificação de erros de previsão
Adaptado de SANTORO (2000).

Considerando que se está na semana 21, adota-se um período de teste para o método escolhido em um passado “próximo”, no caso, a partir da semana 9. Então, calcula-se, neste período, as previsões do método escolhido. Basta então calcular os erros de acordo as fórmulas a seguir.

Vale comentar que métodos de suavização exponencial utilizam fórmulas recursivas que necessitam de um valor inicial. Utiliza-se, então, o período, que na figura (2.1) é denominado como passado “distante”, para cálculo dos valores iniciais. Este procedimento é chamado de inicialização do método e será comentado mais adiante, quando tais métodos forem detalhados.

O Erro de Previsão é definido por MAKRIDAKIS et al. (1998), HANKE; REITSCH (1998) e outros autores, como sendo:

$$e_t = Y_t - F_t \quad (2.1)$$

Deve-se, porém, atentar ao fato de que esta fórmula só é adequada a uma situação particular, onde o horizonte de previsão é igual ao período em que os dados históricos são coletados. Na prática, esta situação não é comum. Por exemplo, tomando o exemplo da fig. (2.1), onde t equivale a uma semana. A necessidade do programador pode ser realizar, a cada semana, previsões para três semanas ($F_t + F_{t+1} + F_{t+2}$). Neste caso, é necessária uma definição de erro mais genérica que será utilizada neste trabalho é:

$$e_t = \begin{cases} Y_t - F_t, & \text{para } k = 0 \\ \sum_{h=0}^k Y_{t+h} - \sum_{h=0}^k F_{t+h}, & \text{para } k > 0 \end{cases} \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.2)$$

Onde $k = hp^{(2)} - 1$.

Da mesma forma, será definido erro percentual, que será utilizado adiante:

$$Pe_t = \begin{cases} \frac{Y_t - F_t}{Y_t}, & \text{para } k = 0 \\ \frac{\sum_{h=0}^k Y_{t+h} - \sum_{h=0}^k F_{t+h}}{\sum_{h=0}^k Y_{t+h}}, & \text{para } k > 0 \end{cases} \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad (2.3)$$

A seguir serão apresentadas as medidas de erro mais utilizadas para medir a precisão de um método de previsão.

Considerando que no período de teste foram realizadas n previsões, têm-se as seguintes medidas de erro:

➤ ME (Mean Error) – Erro Médio

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (2.4)$$

É a média aritmética dos erros. Como os erros podem ser positivos ou negativos ele geralmente terá valores pequenos. Sua única utilidade é indicar se há erros sistemáticos (viés): previsões subestimadas ou superestimadas.

² O horizonte de previsão (hp) deve ter a mesma unidade da frequência de coleta dos dados históricos. Exemplo, para dados coletados mensalmente, hp deve ser dado em meses: 1 mês, 2 meses etc.

➤ MAE (Mean Absolute Error) – Erro Médio Absoluto

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (2.5)$$

Indica a magnitude dos erros de previsão. É fácil de entender.

É também chamada de MAD, embora MAKRIDAKIS et al. (1998) considerem MAD a estatística univariável: $MAD = 1/n \sum |Y_t - \bar{Y}|$.

➤ MSE (Mean Square Error) – Erro Quadrático Médio

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (2.6)$$

O MSE, por elevar ao quadrado os erros, penaliza os erros muito grandes. Ele é indicado para ser utilizado quando se deseja métodos que produzam erros moderados, ao invés de modelos que normalmente produzem erros pequenos, mas que ocasionalmente produzem erros muito grandes.

➤ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) – Erro Percentual Absoluto Médio

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Pe_t| \quad (2.7)$$

Facilita a comparação entre diferentes séries históricas e diferentes intervalos de tempo ao colocar os erros numa escala percentual. Porém, não pode ser utilizado

sempre. Por exemplo, se a série histórica contiver muitos valores zerados o erro percentual (4.2) não poderá ser calculado.

2.1.3 Previsão Quantitativa

Antes de apresentar os métodos quantitativos, é importante saber sob que circunstâncias eles podem ser aplicados e, quando aplicados, como deve ser administrado o processo de previsão. Poucos autores abordam este tema, que é fundamental para o sucesso da implantação destes modelos.

2.1.3.1 Processo de Previsão

Segundo MAKRIDRAKIS et al. (1998), previsões quantitativas podem ser aplicadas quando existirem 3 condições:

1. Apresentar Informações disponíveis sobre o passado;
2. Ser possível quantificar tais informações sob forma numérica;
3. Poder assumir que alguns aspectos de padrões do passado da continuarão a ocorrer no futuro.

A última condição é a “hipótese de continuidade”, na qual se baseiam todos os métodos quantitativos, independente de sua sofisticação. Pessoas menos familiarizadas com estes métodos geralmente pensam que o passado não pode descrever o futuro de forma precisa, pois tudo se apresenta em constante mudança. Após um melhor entendimento destas técnicas e dos dados coletados, torna-se mais claro que apesar de nada permanecer exatamente o mesmo, alguns aspectos históricos se repetem em muitos casos.

Quanto ao processo de previsão, há alguns passos básicos a serem seguidos para que seja implantado com êxito. Os passos enumerados a seguir são propostos por MAKRIDAKIS et al.(1998), com algumas adaptações propostas por outros autores:

1. *Definição do Problema.* Consiste na definição do propósito da previsão na empresa, (isto é, envolve o entendimento de porque previsões são necessárias) e na identificação das características chaves da previsão: que particularidades do negócio podem influenciar a previsão³; como e por quem as previsões serão usadas; como é estruturada a coleta de dados e a manutenção do banco de dados da empresa; qual o nível de detalhe necessário e a frequência com que devem ser realizadas as previsões; quanto tempo um item demora para ser fornecido (*lead time*); qual o nível de serviço desejado pela empresa etc. O perfeito entendimento e uma análise crítica destes fatores são essenciais para poder prosseguir a implantação do processo de previsão com sucesso.
2. *Coleta de informações.* Segundo HANKE; REITSCH (1998), esta é, provavelmente, uma das fases mais demoradas e difíceis de todo o processo. Está relacionada com a importância de coletar dados adequados e estar certo que eles são corretos. A expressão "*garbage in, garbage out*" se aplica diretamente à previsão. Qualquer esforço em implantar métodos quantitativos será em vão, se dados não forem confiáveis. É importante lembrar que esta etapa tornar-se-á um processo que deverá ser realizado enquanto forem utilizadas previsões, e por isso, é importante que ele seja muito bem estruturado. ARNOLD (1998) aborda outros pontos importantes que devem ser considerados neste processo, como:

³ Deve-se buscar identificar as forças internas e externas que influenciam a demanda. Em geral, as forças internas são mais fáceis de identificar: como mudanças na planta da fábrica, aquisições de empresas, lançamento de novos produtos etc. Já forças externas como ações governamentais, ações de competidores, mudanças tecnológicas, apesar de serem mais difíceis de se obter, podem ser valiosas fontes de informação à previsão.

➤ *Armazenar dados compatíveis com as previsões:*

- a) Como já dito no Capítulo 1, previsões de demanda devem usar dados de demanda e não de faturamento;
- b) Períodos dos dados devem coincidir com a frequência das previsões;

➤ *Armazenar circunstâncias relacionadas aos dados.* Demanda é influenciada por eventos como promoções, greves do concorrente, especulações do mercado sobre variações de preço, alterações climáticas etc que devem ser registradas junto com o dado de demanda para que, dependendo do caso, este possa ser removido do histórico ou considerado em previsões futuras.

3. *Ajuste dos dados*⁴. Uma vez que os dados tiverem sido coletados, deve-se verificar se estes são suficientes para a implantação de métodos quantitativos, ou demasiados, podendo comprometer a precisão das previsões. Dependendo do tipo de negócio, a utilização de muitos dados pode não ser interessante, pois pode haver mudanças significativas dos padrões de demanda. HANKE; REITSCH (1998) citam o seguinte exemplo: na previsão de demanda de pequenos automóveis seria melhor utilizar dados a partir da crise do petróleo dos anos 70, ao invés de dados dos últimos 50 anos. Perceba que para realizar esta tarefa com eficácia, é necessário que haja um bom conhecimento do negócio que se irá prever, ressaltando a importância da primeira etapa acima citada (*definição do problema*).

⁴ Não é proposto por MAKRIDAKIS et al. (1998).

Deve-se também procurar e analisar erros de digitação e algumas demandas circunstanciais, como as citadas no item anterior. Por exemplo, a causa de uma demanda excepcionalmente alta em determinado mês, pode ser um *recall* ou simplesmente erro de digitação de um pedido. Esta demanda atípica deve ser desconsiderada do histórico de dados para que não haja viés nas previsões. FORGATY et al. (1991) propõem a utilização de filtros, que facilitem o ajuste periódico dos dados. Por exemplo, se em vários meses a demanda encontra-se entre 100 e 200, estes podem ser adotados como limites. Assim, qualquer pedido inferior a 100 ou superior a 200 deve ser bloqueado pelo sistema de informação que se está utilizando, e disponibilizado para análise.

4. *Análise exploratória dos dados.* Nesta etapa, deve-se buscar entender o que os dados exprimem. Existem padrões consistentes? Há tendências significantes? Há sazonalidade importante? Há evidência da presença de um ciclo de negócio? Algumas ferramentas simples como inspeções visuais dos dados ou aplicações de estatísticas básicas (média, desvio padrão, máximo e mínimo), já ajudam a responder estas questões para muitos casos. Para as restantes, pode-se utilizar ferramentas estatísticas mais complexas como regressão linear, autocorrelação, entre outras. Tais análises ajudarão a selecionar um grupo de métodos quantitativos mais adequados para cada situação.
5. *Escolha do método mais adequado.* Esta fase envolve a escolha do método mais adequado entre os vários métodos quantitativos pré-selecionados na etapa anterior. HANKE; REITSCH (1998) consideram importante analisar os seguintes fatores: horizonte de previsão, disponibilidade de dados, custo da técnica, complexidade da técnica, e precisão da técnica. Para cada empresa, cada um destes fatores terá um peso diferente, conduzindo à seleção de diferentes métodos.

- *Horizonte de previsão.* Existem métodos mais indicados para cada um dos horizontes de previsão: curto, médio e longo prazo. Em geral, métodos de séries temporais são mais indicados para curto prazo, por serem mais simples, menos trabalhosos, e isolarem melhor da aleatoriedade (mais presente no curto prazo) qualquer padrão existente nos dados de demanda. Já em horizontes de mais longo prazo, deve haver maior ênfase no entendimento da demanda e nos fatores que a influencia. Tal entendimento pode ser substancialmente auxiliado por métodos causais.

Vale ressaltar que, na escolha de um método quantitativo, este fator deve ser visto mais como uma sugestão de possíveis métodos mais adequados, do que uma restrição à utilização de certos métodos.

- *Disponibilidade de dados.* Alguns tipos de métodos necessitam de muitos dados para poderem ser implantados (Ex.: Box-Jenkins). Desta forma este fator tem caráter restritivo.
- *Custo.* Alguns custos que podem ser considerados nesta análise são:

- a) *custo de coleta e armazenamento de dados.* O mais relevante relaciona-se com obtenção de informações externas, principalmente para métodos causais.
- b) *custo de desenvolvimento e monitoramento de modelo de previsão;* Softwares de previsão que apresentam um pacote de métodos mais completos, e simplificam o trabalho relacionado com estas etapas, não são tão baratos ainda. E dependendo dos recursos disponíveis, a empresa pode procurar utilizar métodos quantitativos mais simples, cujo desenvolvimento e monitoramento possam ser realizados em planilhas de Excel, por exemplo.

- *Complexidade.* Talvez este seja um dos aspectos mais importantes a ser considerado. Se um método for barato e de extrema precisão, porém complexo para o tomador de decisão terá pouca ou nenhuma utilidade. HANKE; REITSCH (1998) enfatizam que não é essencial que o método quantitativo apresentar elaborado processo matemático ou o mais novo e sofisticado método, mas que seja oportuno, preciso e entendido pelo gestor. Os métodos quantitativos são uma ferramenta de auxílio para que ele tome melhores decisões e não para tomar decisões por ele. Previsões quantitativas devem ser encaradas como um ponto de início para se efetivar uma previsão importante para a organização, onde julgamentos, bom senso e experiência do negócio são balizadores finais.
 - *Precisão.* Se ainda existirem métodos aprovados nos fatores acima citados, o método escolhido deve ser aquele que apresentar a maior precisão.
6. *Utilização e avaliação do modelo de previsão.* Após a escolha do método mais apropriado, ele será utilizado para realizar previsões e deverá ser avaliado periodicamente. O processo não termina nesta etapa. Erros de previsão devem ser calculados, e caso haja sinais que eles estão se intensificando, os parâmetros do método devem ser revistos e alterados ou um novo método deve ser utilizado em seu lugar. É importante lembrar que a hipótese de continuidade, anteriormente mencionada, na qual estes métodos nem sempre se mantêm. Os padrões da demanda podem variar com o tempo, sendo prudente a mudança de método.

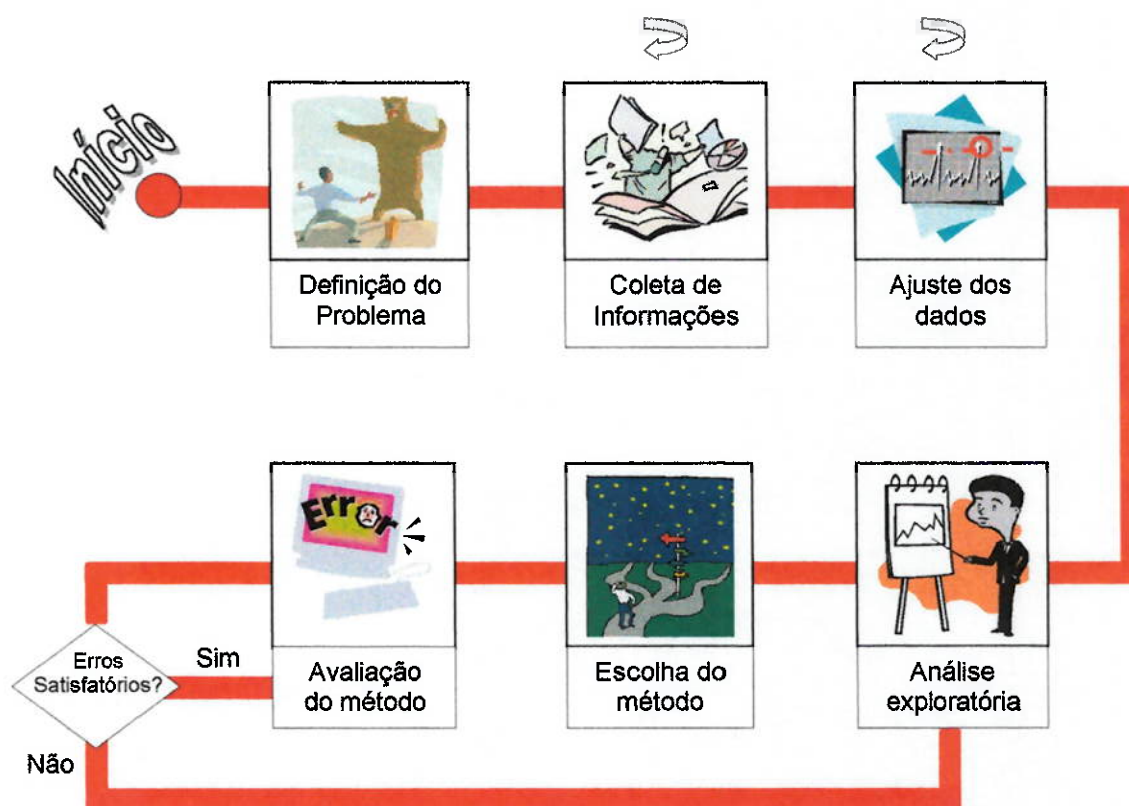


Figura 2.2 – Processo de Previsão

 - Etapas a serem realizadas periodicamente.

Elaborado pelo Autor

A seguir serão apresentados os métodos quantitativos mais comuns.

2.1.3.2 Métodos de Projeção ou Séries Temporais

O princípio das previsões destes métodos está baseado na extrapolação ou projeção de padrões como estabilidade, tendência, sazonalidade e ciclicidade da série temporal⁵ de uma dada variável, no caso a demanda.

Uma vez identificados um ou mais destes padrões na série em questão (conforme análise exploratória dos dados, item 2.1.3.1), os métodos supõem que eles irão se repetir no futuro. Assim, pode-se dizer que estes eles tratam a demanda como uma caixa preta, na medida em que perpetuam o comportamento de seus dados históricos, sem tentarem descobrir os fatores que o influencia. O comportamento não inteligível da demanda ou a grande dificuldade de entendimento das relações que a governam são os principais motivos para tratar os dados desta forma.

Neste item serão apresentados alguns métodos da Classe de Séries temporais.

⁵ Série temporal é uma sequência de observações cronologicamente arranjada de uma variável particular.

2.1.3.2.1 Introdução dos Métodos de Média e Suavização Exponencial

Os métodos de previsão de média e de suavização exponencial são procedimentos de cálculos dos coeficientes de modelos (curvas) matemáticos que representam cada um dos padrões de comportamento de demanda acima citados. A tabela abaixo relaciona os modelos matemáticos utilizados para descrever estes padrões com os métodos de média e suavização exponencial mais adequados de estimadores dos seus coeficientes:

Padrões de demanda	Exemplo de série temporal	Modelos Matemáticos de previsão	Métodos de cálculo de parâmetros	Parâmetros a serem calculados
Estabilidade		$F_{t+h} = L_t$	• Média Simples • Média Móvel • Suavização exponencial simples	L_t
Tendência		$F_{t+h} = L_t + b_t \cdot h$	• Suavização Exponencial Dupla (Brown) • Suavizamento exponencial com tendência (Holt)	L_t e b_t
Tendência com Sazonalidade		$F_{t+h} = (L_t + b_t \cdot h) \cdot S_{t-s+h}$	• Suavização exponencial sazonal (Winter)	L_t e b_t e S_{t-s+h}

Tabela 2.2 – Relação entre modelos matemáticos mais utilizados para padrões de demanda e métodos de média e suavização exponencial.

Elaborado pelo Autor

2.1.3.2.2 Métodos de Média

Se a demanda é gerada por um processo sujeito a aleatoriedade, mas tem um padrão de estabilidade, estes métodos úteis para a realização de previsões futuras, pois suavizam os dados de demanda

2.1.3.2.2.1 Média Simples

Baseia-se na hipótese de que os dados de demanda apresentam somente um padrão de estabilidade, isto é, possuem um equilíbrio em torno de um valor constante e a variância em torno de sua média não se altera com o tempo. Se outros padrões como tendência ou sazonalidade estiverem presentes nos dados de demanda, este método não será adequado.

O modelo matemático adotado para a previsão é a equação de uma reta,

$$F_{t+h} = L_t \quad h = 1, 2, 3, \dots \quad (2.8)$$

cujo valor constante é calculado a partir da média aritmética de todos valores do histórico.

$$L_t = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i. \quad (2.9)$$

2.1.3.2.2 Média Móvel

Utiliza a mesma hipótese da existência somente do padrão de estabilidade nos dados de demanda, sendo, portanto, o modelo matemático de previsão idêntico ao utilizado para média simples. Porém, o valor do coeficiente de estabilidade é calculado utilizando a média dos k dados recentes:

$$L_t = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i. \quad (2.10)$$

Note que quanto menor o valor atribuído a k , maior é a influência de dados mais recentes na previsão. Os casos extremos de $k=t$ ou $k=1$ tornam este método equivalente, respectivamente, à média simples e ao naïve método (ou método intuitivo), no qual o dado do histórico mais recente é utilizado como previsão dos dados futuros.

Algumas vantagens em relação à média simples são:

- Se o analista estiver mais preocupado com os dados mais recentes de demanda, a média móvel é mais indicada que média simples.
- Apesar de não conseguir lidar bem com tendência e sazonalidade, ele tem um melhor desempenho que a média simples.

Os métodos de média móvel simples atribuem pesos iguais a todos os k dados, entretanto, como geralmente os dados mais recentes irão prover um melhor direcionamento para previsões futuras, pode ser interessante colocar pesos maiores em dados mais recentes. Assim, métodos de média móvel ponderada são

uma extensão de métodos de média móvel simples, que diferem destes justamente por atribuir pesos para cada um dos k dados históricos⁶.

2.1.3.2.3 Métodos de Suavização Exponencial

Os modelos de suavização exponencial apresentam uma particularidade que é atribuição de pesos para os dados históricos que decrescem exponencialmente do mais recente para o mais antigo. Todos os métodos de suavização exponencial requerem que certos parâmetros sejam definidos, cujos valores podem variar entre 0 e 1. Tais parâmetros determinarão quais os pesos que serão atribuídos aos dados passados. Dentre as diversas variações destes métodos, serão abordados somente quatro deles (aqueles que também estão presentes no sistema SAP).

2.1.3.2.3.1 Suavização Exponencial Simples

Da mesma forma que os métodos citados anteriormente, este método é mais adequado para dados com presença marcante de padrões de estabilidade. Portanto, o modelo de previsão é a mesma reta constante da equação (2.8).

Porém, o cálculo do índice de estabilidade é dado pela fórmula:

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot L_{t-1} \quad (2.11)$$

⁶ A literatura pesquisada não sugere pesos que devam ser utilizados nos métodos de média móvel ponderada. FOGARTY et al.(1991) afirma que os pesos são função da subjetividade do analista.

Observe que o Índice de estabilidade é baseado na ponderação dos dados de demanda mais recentes (Y_t) com α .

Ao expandir esta fórmula ao substituir L_{t-1} por seus componentes tem-se:

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot [\alpha \cdot Y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot L_{t-2}]$$

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot Y_{t-1} + (1 - \alpha)^2 L_{t-2}$$

Repetindo este processo, substituindo L_{t-2} por seus componentes, L_{t-3} por seus componentes, e assim por diante tem-se:

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot Y_{t-1} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^2 \cdot Y_{t-2} + \alpha \cdot (1 - \alpha)^3 \cdot Y_{t-3} + \dots$$

$$+ \alpha \cdot (1 - \alpha)^{t-1} \cdot Y_1 - (1 - \alpha)^t \cdot L_0$$

Percebe-se, então, que L_t é uma média ponderada exponencialmente de todos os dados passados de demanda, daí o nome suavização exponencial. Note também que a velocidade com que eles perdem sua importância depende do valor de α :

Valores baixos para $\alpha \Rightarrow$ dados passados perdem importância vagarosamente;
Valores elevados para $\alpha \Rightarrow$ dados passados perdem importância rapidamente;

Período	$\alpha=0.1$		$\alpha=0.6$	
	Cálculo	Ponderação de Y	Cálculo	Ponderação de Y
t-1		0.100		0.600
t-2	.9 x .1	0.090	.4 x .6	0.240
t-3	.9 x .9 x .1	0.081	.4 x .4 x .6	0.096
t-4	.9 x .9 x .9 x .1	0.073	.4 x .4 x .4 x .6	0.038
t-5	.9 x .9 x .9 x .9 x .1	0.066	.4 x .4 x .4 x .4 x .6	0.015

Tabela 2.3 – Comparação entre valores do parâmetro de suavização α

Adaptado de HANKE; REITSCH (1998)

Outra forma de interpretar este método é reescrevendo a equação (2.11):

$$L_t = L_{t-1} + \alpha \cdot (Y_t - L_{t-1}) \quad (2.12)$$

Desta forma como a equação (2.12) é escrita, fica claro que este método utiliza o princípio de *feedback* negativo, o mesmo que é empregado em dispositivos automáticos, como termostatos, pilotos-automáticos etc.

Pode-se perceber que o índice atual (L_t) é igual ao índice antigo mais o ajuste deste índice em relação ao dado ocorrido no instante atual. O peso do ajuste é dado pelo parâmetro α .

Para que este método possa ser utilizado é necessário escolher não somente o valor para α , mas também um valor inicial para L_{t-1} , pois a equação (2.12) é recursiva.

A escolha do α mais adequado é geralmente feita através de procedimentos que minimizam os erros de previsão, que serão abordados adiante. Note que se o α calculado por estes procedimentos for próximo de zero, as variações entre L_{t-1} e Y_t terão pouco impacto no cálculo de L_t , o que sugere que são de caráter aleatório. Porém, se o α calculado for de valor elevado (maior que 0,3), a hipótese de haver padrões de tendência nos dados de demanda é alta. Nestes casos, SILVER et al. (1998) sugerem que a utilização de métodos mais apropriados para lidar com tendência seja mais adequada.

Já a escolha do índice L inicial pode ser feita por meio de inúmeros procedimentos chamados de inicialização. Alguns deles serão abordados mais adiante.

2.1.3.2.3.2 Suavização Exponencial Dupla (Brown)

Também conhecido como método de Brown, é utilizado para séries temporais que apresentem uma tendência linear. Desta forma o modelo matemático a ser adotado para previsão será a de uma reta inclinada:

$$F_{t+h} = L_t + b_t \cdot h \quad h = 1, 2, 3, \dots \quad (2.13)$$

O coeficiente de estabilidade é dado por:

$$L_t = 2 \cdot A_t - A'_t \quad (2.14)$$

E o coeficiente de tendência é dado por:

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot (A_t - A'_t) \quad (2.15)$$

Onde,

$$A_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot A_{t-1} \quad (2.16)$$

$$A'_t = \alpha \cdot A_t + (1 - \alpha) \cdot A'_{t-1} \quad (2.17)$$

As equações (2.16) e (2.17) explicam o porquê do nome suavização exponencial “dupla”.

Como nos métodos anteriores só há um parâmetro de suavização (α) a ser definido, mas dois índices para serem inicializados (A e A').

Note que o parâmetro α é utilizado para o cálculo do índice de estabilidade e também para o cálculo do índice tendência. Apesar de simplificar sua utilização, (sendo talvez este o motivo pelo qual SILVER et al. (1998) o defendem) isto torna o índice de tendência muito sensível à influência da aleatoriedade, fazendo com que o método, em certos casos, demore a perceber a mudança nos padrões dos dados.

2.1.3.2.3.3 Suavização Exponencial Ajustada para Tendência (Holt)

Holt, em 1957, propôs este método que também é adequado para a previsão de dados com padrões de tendências. É uma extensão do método de suavização exponencial simples. O modelo de previsão é o mesmo utilizada por Brown - equação (2.13). A diferença reside no fato de que Holt utiliza parâmetros diferentes para calcular o índice de estabilidade (α) e o de tendência (β). Isto confere ao método de Holt uma maior flexibilidade para o rastreamento do índice de tendência. Vale lembrar que MAKRIDAKIS et al. (1991) consideram o método de Brown um caso particular do método de Holt para $\alpha=\beta$.

O coeficiente de estabilidade Holt é dado por:

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.18)$$

E o coeficiente de tendência é dado por:

$$b_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot b_{t-1} \quad (2.19)$$

Vale lembrar que L_t e b_t precisam ser inicializados.

2.1.3.2.3.4 Suavização Exponencial Ajustada para Tendência e Sazonalidade (Winters)

Este método é uma extensão, realizada por Winters em 1960, do método de Holt. Diferentemente dos outros modelos até então apresentados este é apropriado para lidar com séries temporais que possuem sazonalidade.

O modelo matemático de previsão adotado é:

$$F_{t+h} = (L_t + b_t \cdot h) \cdot S_{t-s+h} \quad h = 1, 2, 3, \dots \quad (2.20)$$

S é o coeficiente responsável pelo ajuste dos dados de acordo com a sazonalidade.

As equações para os cálculos dos coeficientes são similares às de Holt, com uma equação adicional para o índice de sazonalidade:

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

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

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

A pequena diferença na equação (2.21) que a distingue da equação (2.13) é o coeficiente S_{t-s} que divide Y_t , removendo deste o possível efeito sazonal que possa existir, para o cálculo correto do índice de estabilidade.

Existem outros vários métodos de suavização exponencial que tratam diversas combinações de tendência e sazonalidade, porém não serão abordados neste trabalho, pois foge ao seu objetivo⁷.

2.1.3.2.3.5 Inicialização dos Métodos de Suavização Exponencial

Esta é uma etapa importante para os métodos de suavização exponencial, pois como suas fórmulas são recursivas há a necessidade de se escolher um valor inicial para os coeficientes L_{t-1} , b_{t-1} e S_{t-s} . Valores iniciais impróprios podem distorcer as previsões por algum período de tempo. Existem inúmeras maneiras de inicializar os métodos. As formas listadas a seguir são simples e, portanto, fáceis de implementar:

Para métodos de suavização exponencial simples, de Holt e de Brown

$$L_0 = Y_0$$

$$b_0 = Y_1 - Y_0$$

(no caso de Brown)

$$A_0 = a_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot b_0$$

$$A'_0 = a_0 - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot b_0$$

⁷ Para maior aprofundamento procure classificação de Pegel em MAKRIDAKIS et al. (1998).

Para método de Winters (necessita-se no mínimo de um ciclo sazonal s completo)

$$L_0 = L_s = \frac{1}{s} [Y_0 + Y_1 + \dots + Y_s]$$

$$b_0 = b_s = \frac{1}{s} \left[\frac{Y_s - Y_0}{s} + \frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right]$$

$$S_0 = \frac{Y_0}{L_s}, \quad S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, \quad \dots \quad S_s = \frac{Y_s}{L_s}$$

Vale também ressaltar que quanto maior for a quantidade de dados disponíveis para a inicialização (ver figura 2.1), o sistema de auto-ajuste dos métodos (*feed-back* negativo) tem efeito e elimina o impacto causado pelo valor inicial escolhido.

2.1.3.2.3.6 Otimização dos Métodos de Suavização Exponencial

A escolha dos parâmetros α , β e γ mais adequados para métodos de suavização exponencial é feita por meio da busca dos valores destes parâmetros que minimizem alguma medida de erros de previsão (MSE, MAPE, MAE etc) durante o período de teste do método (ver figura 2.1).

A busca dos valores mínimos poderá ser feita do seguinte modo:

Ex: Suavização Exponencial Simples minimizando MAE:

1. Escolhe-se uma série de valores para α (ex.: 0,1;0,2;...;0,9);
2. Calcula-se o MAE para cada α escolhido;
3. Utiliza-se o α que gerou o menor MAE.

Este modo fica mais complicado de ser utilizado para métodos de Holt, onde é necessária a avaliação de combinações de α e β , e de Winters, que necessita a avaliação de combinações de α , β e γ . Mas ainda assim são factíveis.

Outra alternativa é utilizar algoritmos de otimização não linear.

2.1.3.2.4 Métodos de Decomposição

O Princípio dos Métodos de Decomposição, como o próprio nome sugere, é o de separar os padrões de comportamento (tendência, sazonalidade, e ciclicidade) da série temporal e projetá-los separadamente.

Métodos de decomposição são compostos de:

$$\begin{aligned}\text{Dados} &= \text{padrões} + \text{aleatoriedade (ruídos)} \\ &= f(\text{tendência, sazonalidade, ciclicidade, aleatoriedade})\end{aligned}$$

A metodologia utilizada é o isolamento por etapas de cada um destes componentes para que possam ser analisados, e projetados, compondo a previsão final.

MAKRIDAKIS et al. (1998) afirmam que já foram feitas muitas tentativas para desenvolver previsões baseadas diretamente em decomposição. Os componentes individuais são projetados no futuro e re combinados para formar a previsão da série temporal. Embora pareça uma abordagem razoável, raramente funciona bem na prática. Ele prefere utilizar métodos de decomposição mais como uma ferramenta para entender as séries temporais do que como método de previsão.

Somando a isso, o fato de serem métodos mais trabalhosos que os de média e suavização exponencial e o fato do sistema SAP da empresa não ter disponível métodos de decomposição, estes não serão aprofundados neste trabalho.

2.1.3.2.5 Monitoramento dos Métodos

Um dos pontos fundamentais no processo de previsão é a avaliação contínua do método de previsão (ver figura 2.2). Como, já abordado anteriormente, os métodos de série temporal assumem que haverá continuação de padrões do histórico de demanda por longos períodos no futuro. Na prática, isto raramente acontece, e quando os padrões mudam, as previsões do método, que antes tenderiam a apresentar diferenças igualmente abaixo ou acima da demanda real, em razão da aleatoriedade, começam a se concentrar abaixo ou acima da demanda real, ou seja, apresentando viés.

É necessário, então, utilizar uma medida que monitore o método e alerte quando o padrão mudar para evitar grandes erros de previsão.

O *Tracking Signal* é a medida mais comum para tal finalidade. É uma espécie de alerta de viés. FOGARTY et al. (1991) apresentam a seguinte fórmula:

$$TS_t = \frac{ME_t}{MSE_t}, \quad (2.24)$$

Sendo $-1 < TS_t < 1$

Sé o método estiver adequado, TS_t deverá permanecer dentro de um limite ao redor de zero. Se ele se aproxima de -1 ou $+1$, ultrapassando um limite

considerado aceitável, a suspeita de viés é levantada. Possíveis razões para isto acontecer são:

1. Fatores pontuais como promoções que alteram temporariamente, mas significativamente os padrões de demanda. Neste caso não há a necessidade de mudar o método. Uma correção da demanda ou uma correção da previsão durante aquele período já é suficiente;
2. Fatores internos como alteração de preço, que alteram os valores dos padrões de demanda (ex.: aumento da média de vendas). No caso de se estar utilizando suavização exponencial simples, basta elevar temporariamente o valor de α para que o método reaja mais rapidamente à variação da média;
3. Fatores externos como aumento da estabilidade econômica. Neste caso um item que apresentava uma demanda constante pode começar a apresentar um crescimento em suas vendas. Assim se, por exemplo, utilizava-se suavização exponencial simples, deve-se alterar para o método de Holt;
4. Simples aberração estatística sendo possível que nada esteja errado ou necessite de correção.

Quanto ao estabelecimento do limite, FORGARTY et al. (1991) sugerem a utilização de valores mais baixos para itens mais importantes como 0,3 ou 0,4, e valores mais altos para itens menos importantes como 0,7, pois demandará menos esforço do analista.

2.1.4 Previsão Qualitativa

Os métodos de previsão até então apresentados nos permitem extrapolar padrões conhecidos na demanda de modo a prever sua continuação, assumindo que tais padrões não irão se alterar durante a fase de previsão. Ao mesmo tempo, mudanças podem e irão ocorrer e deverão ser detectadas o mais rápido possível para evitar grandes, e geralmente custosos, erros de previsão.

Porém, quando mudanças são detectadas, ou se é sabido que elas irão ocorrer, previsões qualitativas são claramente necessárias para balizarem os resultados estatísticos das previsões quantitativas.

SILVER et al. (1998) listam alguns importantes fatores internos e externos à organização que podem provocar mudanças de padrões na demanda:

Fatores Externos

1. Situação macroeconômica geral;
2. Ações governamentais como subsídios, taxa de impostos alfandegários, restrições à poluição etc;
3. Ações de competidores;
4. Preferências de consumo.

Fatores Internos

1. Mudança de preços;
2. Promoções;
3. Propaganda;
4. Mudanças de engenharia que, por exemplo, melhoram a confiabilidade do produto, reduzindo a demanda por peças de reposição;

5. Introdução de produtos substitutos;
6. Abertura de novos distribuidores;

Vale ressaltar que previsões qualitativas também são muito importantes em casos onde não existem dados disponíveis de demanda. A seguir são apresentados alguns métodos qualitativos:

2.1.4.1 Previsões de Vendedores

O método é simples: vendedores fazem individualmente suas previsões para a área específica em que atuam, baseados em seus próprios conhecimentos do mercado. A vantagem é que as previsões são feitas por aqueles que estão em contato próximo com o mercado. Porém, evidências empíricas mostram que tais previsões são bastante imprecisas, pois variam muito de acordo com sucesso ou fracasso das últimas previsões e tendem a ser subestimadas, na medida em que são premiados se conseguirem superar metas de vendas.

2.1.4.2 Opiniões de Executivos

Gerentes, diferentemente de vendedores, tem uma visão global da empresa. Entretanto eles são super otimistas sobre o futuro da firma ou dos produtos pelos quais são responsáveis.

Um Método interessante de se amenizar este viés é reunir um grupo de executivos de diferentes áreas da empresa como planejamento estratégico, vendas, produção e finanças, para decidirem em conjunto qual será a previsão de famílias de itens e/ou dos itens mais críticos. Um revés, porém, é o tempo gasto por eles para elaborarem tais previsões.

2.1.4.3 Método Delphi

A previsão gerada pela reunião grupo de executivos, citada anteriormente, não evita totalmente distorções nas previsões (ex.: membros mais influentes no grupo podem se impor suas opiniões aos outros). Um método muito eficaz é o Delphi, onde cada executivo fica separado dos demais, e é requisitado a fazer considerações sobre o comportamento da demanda. Um coordenador lê o que cada executivo escreveu, faz um resumo e repassa este para cada executivo novamente. Eles lêem o resumo fazem uma nova análise e re-entregam ao coordenador novamente. Este processo se repete um determinado número de vezes e ao final pode-se chegar a alguns consensos, sem que tenha havido distorções causadas pela dinâmica do grupo.

2.1.5 Considerações finais

A seguir são descritos alguns resultados de pesquisas realizadas com métodos de previsão citadas em MAKRIDAKIS et al. (1998) e SILVER et al. (1998):

- Para previsão de itens individuais de curto prazo métodos estatísticos mais simples (suavização exponencial simples, Holt e Brown) apresentaram melhores resultados que métodos mais sofisticados. Porém estes últimos tiveram melhor performance em previsões de médio e longo prazo (dados macroeconômicos etc);
- A simples média das previsões de mais de um método estatístico proporcionou melhores resultados do que a previsão de qualquer um deles separados individualmente;
- O Método Box-Jenkins não é muito utilizado para nenhum horizonte de previsão;
- Em geral, métodos sofisticados não produzem resultados mais precisos que métodos mais simples.

2.2 Modelos de Estoque

A modelagem de estoques tem como objetivo global a minimização de custos, que podem ser desmembrados em:

- Minimização de faltas;
- Minimização de atrasos;
- Minimização de estoques;
- Minimização de número de aquisições;
- Minimização de custo de agilização do atendimento;
- Minimização dos custos de materiais comprados;
- Minimização dos custos de procedimentos de aquisição;

Os quatro primeiros estão relacionados diretamente com a Área de PPCP, enquanto os últimos estão relacionados a área de Comercial.

Portanto, o modelo de estoque deve ser ajustado para auxiliar o analista decidir quanto e quando comprar, considerando duas grandes restrições: o investimento global em estoque e o nível mínimo de atendimento ao cliente⁸.

Depois de saber a finalidade de um modelo de estoque deve-se decidir qual dos modelos escolher. Em uma empresa real com vários itens, é de se esperar que haja itens com características bastante diferentes. Portanto, não é difícil de imaginar que a operação desse sistema dificilmente funcionaria bem com um só modelo, mesmo que sua parametrização fosse diferenciada para cada um deles.

⁸ FORGATY (1991) define nível de atendimento de um item ao cliente como sendo a disponibilidade deste item quando solicitado pelo cliente. Ele apresenta várias formas de calcular o nível de atendimento, porém, nos modelos de estoque apresentados só será considerada uma delas: a porcentagem de ciclos de pedidos de compra que não apresentou falta, ou $1-r$ onde r é a probabilidade se falta. Ex.: se um item é comprado mensalmente e houve falta em 1 mês durante um ano, o nível de atendimento é 91,67% ($11 \div 12$).

Itens diferentes devem ser tratados de forma diferente, ou seja, com modelos diferentes.

SANTORO (2000) classifica os modelos de estoque em dois grupos básicos: os Ativos e os Reativos. Estes modelos são mais empregados em estratégias *make-to-stock* (pronta entrega), em que se faz necessária a utilização de estoque. No caso de estratégias *make-to-order* (sob encomenda), estoques não devem estar presentes, portanto, não é necessária um modelo de decisão, pois a compra será realizada quanto houver uma ordem de cliente e na quantidade solicitada por ele.

A seguir serão detalhados os modelos de estoque.

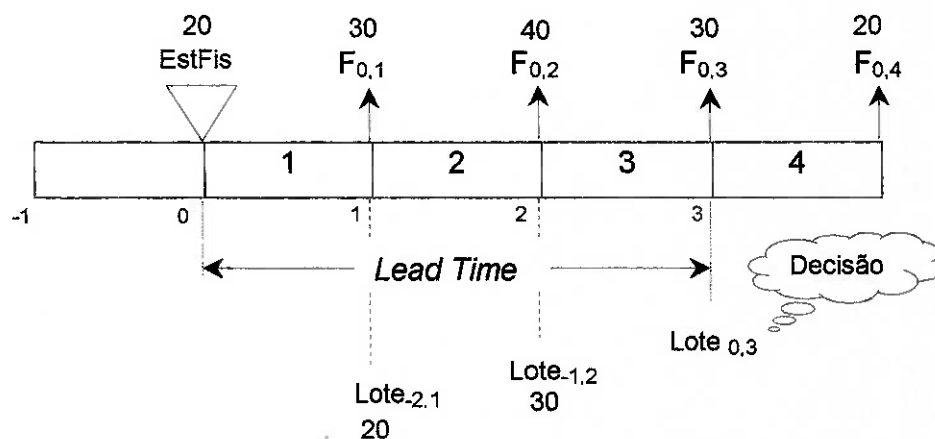
2.2.1 Modelos Ativos⁹

São modelos periódicos de estoque que utilizam diretamente a previsão para a tomada de decisão. Tais previsões são realizadas com um ou com a combinação dos métodos citados anteriormente.

Seu princípio de funcionamento é simples: dado um item de estoque, periodicamente realizam-se previsões de demanda para um período denominado “tempo de reação” (tre). A essa previsão adiciona-se um fator de segurança conhecido como “estoque de segurança” e subtraem os pedidos já realizados e o estoque físico disponível. O valor resultante é chamado de necessidade líquida, isto é, o lote que deve ser pedido naquele momento. Se o valor for negativo, não é necessário comprar nada.

⁹ Este modelo é uma caso particular do Cálculo de Necessidades do MRP. Muitos autores não o consideram um modelo de estoque. SANTORO (2000) propôs esta divisão entre modelos Ativos e Reativos, que ao autor pareceu adequada e será utilizada neste trabalho.

A realização da previsão para o “tempo de reação” é fundamental para o sucesso do modelo. Segundo SANTORO (2000), tempo de reação é definido como sendo tempo decorrido entre a tomada de decisão de abastecimento e a próxima data onde se pode influenciar no estoque. Por isso é importante que as previsões sejam sempre realizadas para o tempo de reação. No caso do modelo Ativo ele é o *lead time* (LT) mais o período de revisão (PR), ou seja, a frequência com que as previsões são realizadas. Por exemplo, se um item tem *lead time* igual a 3 semanas e um período de revisão semanal, as previsões deverão ser realizadas a cada semana para um período de 4 semanas.



Onde $F_{t,p}$ = previsão de demanda feita em t , referente ao período p .

$Lote_{t,p}$ = lote decidido em t a ser entregue no final do período p .

$$Lote_{0,3} = \sum_{i=1}^4 F_{0,i} + \sum_{i=1}^2 Lote_{i-3,i} - EstFis_0 + EstSeg$$

$$Lote_{0,3} = (30 + 40 + 30 + 20) - (20 + 30) - 20 + 10^* = 60$$

Figura 2.3 – Exemplo de operação do Modelo Ativo

*Adotado

Adaptado de SANTORO (2000)

No exemplo acima, a cada semana este procedimento se repetirá. Desta forma, o processo de decisão genérico no final dos períodos é:

$$Lote_{t,t+LT} = \sum_{i=1}^{tre} F_{t,t+i} + \sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT,t+i} - EstFis_t + EstSeg \quad (2.25)$$

Onde, LT = lead time;

Tre = tempo de reação.

Nota: O estoque físico pode ser negativo em caso de falta do item (se atraso e falta forem permitidos, é claro)

Quanto ao estoque de segurança, ele é a quantidade a ser mantida no estoque para garantir o nível de atendimento desejado, devido à existência de erros de previsão de demanda e variações no abastecimento (*lead time*).

Como a Multibrás não apresentava dados suficientes para o cálculo de variações no abastecimento, o cálculo do estoque de segurança só considerará os desvios de previsão de demanda.

Os erros de previsões de demanda podem ser positivos ou negativos - equação (2.2). Em relação ao nível de atendimento ao cliente, o erro de previsão positivo é o preocupante, pois é o caso em que a demanda real é maior que a previsão, gerando a falta do item. Assim, o estoque de segurança é dimensionado para cobrir parte destes erros positivos caso venham a ocorrer.

Assumindo que os erros de previsão e_t – equação (2.2) - calculados para o tempo de reação são normalmente distribuídos, o estoque de segurança nos modelos ativos é dado por:

$$EstSeg = ME_{tre} + z \cdot \sigma(e)_{tre} \quad (2.26)$$

Onde, ME_{tre} = Erro Médio no tempo de reação (ver fórmula ...)

$\sigma(e)_{tre}$ = desvio padrão dos erros de previsão no tempo de reação

z = variável normal reduzida que será relacionada ao nível de atendimento (NA) desejado (ex.: $z = 1,65$ para NA = 95%)

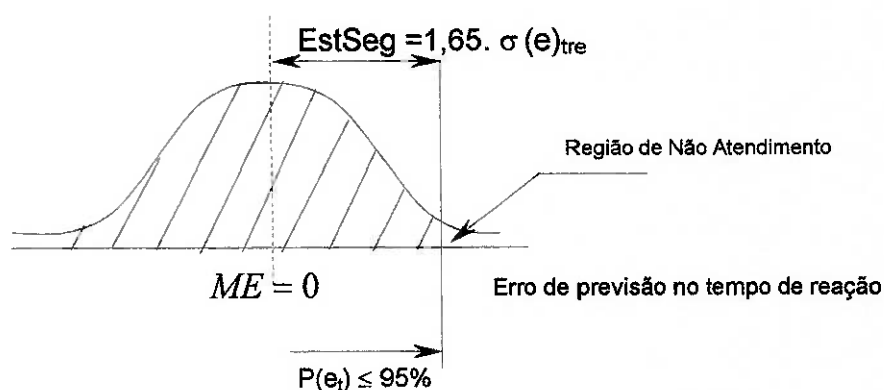


Figura 2.4 – Exemplo de cálculo estoque de segurança para 95% de nível de atendimento para modelo Ativo

Elaborado pelo autor

Note que se não houver viés nas previsões, o erro médio de previsão (ME) deverá ser próximo de zero.

SILVER et al. (1998) recomendam o uso da distribuição normal neste caso por três motivos:

1. Empiricamente, a distribuição normal geralmente provê um melhor ajuste aos dados do que outras distribuições;
2. Se o tempo de reação for grande, erros de previsão de vários períodos são somados, sendo esperada a distribuição normal de acordo com o Teorema do Limite Central;
3. A distribuição normal proporciona resultados fáceis de analisar.

2.2.2 Modelos Reativos¹⁰

São modelos contínuos ou periódicos que não utilizam diretamente a previsão de demanda para a tomada de decisões. A tomada de decisões é função do nível dos estoques no momento da decisão, comparado com parâmetros ou informações do sistema como ponto de pedido e/ou estoque máximo.

Estes modelos funcionam da seguinte forma: constantemente (contínuo) ou de tempos em tempos (periódicos) faz-se uma revisão da posição de estoque e compara-a com um nível de alerta de compra. Se o estoque físico estiver abaixo do nível de alerta, compra-se uma quantidade do item, caso contrário nada é feito.

SILVER et al. (1998) e FORGATY et al. (1991) apontam as vantagens e desvantagens em relação a revisões contínuas ou periódicas. A grande vantagem da revisão contínua é que ela requer menos estoque de segurança, e conseqüentemente, gera estoque médio menor que as revisões periódicas para um mesmo nível de atendimento. Por outro lado, estes autores sugerem a adoção de revisões periódicas porque:

1. *Requerem menos capacidade computacional.* Trabalhando com revisão contínua, a cada retirada do estoque, deve-se fazer a revisão do nível do estoque para decidir se é necessário comprar mais material ou não, e calcular a quantidade a ser comprada. Ao trabalhar com milhares de itens este procedimento torna-se muito difícil de ser realizado a cada instante.
2. *O custo de suprimento pode ser mais atraente.* Grupos de itens são comprados de fornecedores comuns e o custo total de preparação por item

¹⁰ É importante deixar claro que não há muito consenso na literatura sobre os tipos de modelos reativos existentes e até mesmo, nomenclatura de todos eles. Desta forma, será utilizada a estruturação de SANTORO (2000).

é reduzido ao combiná-los em um pedido único. Além disso, há a economia de frete.

3. *Permite prever a carga de trabalho do pessoal envolvido.* Ao utilizar revisão contínua as decisões de reabastecimento podem ser feitas a qualquer momento. Diferentemente da revisão contínua onde um padrão de reabastecimento é estabelecido.

Em suma, a revisão periódica gera menos conflito em todo o *supply chain*, porém gera um estoque médio maior que a revisão contínua.

Quanto aos modelos, SANTORO (2000) apresenta três tipos de modelos reativos que podem ser contínuos ou periódicos.

Estes modelos apresentam parâmetros como: o *lead time*, período de revisão (se periódico), ponto de pedido, estoque máximo, lote fixo e estoque de segurança. A seguir serão descritos como são calculados o ponto de pedido e o estoque de segurança por serem comum a todos os modelos. Toda explicação estará voltada para a revisão periódica, uma vez que a contínua é um caso particular onde o período de revisão é igual a zero.

O ponto de pedido (PP) está relacionado com “quando comprar”. Ele é o nível de alerta de compra já mencionado. Seu cálculo é dado pela seguinte fórmula:

$$PP = \bar{Y}_{tre} + EstSeg \quad (2.27)$$

Onde, $\bar{Y}_{tre}$ = Demanda média no tempo de reação

A lógica embutida nesta fórmula é a de manter durante o tempo de reação uma quantidade em estoque compatível com seu nível de atendimento.

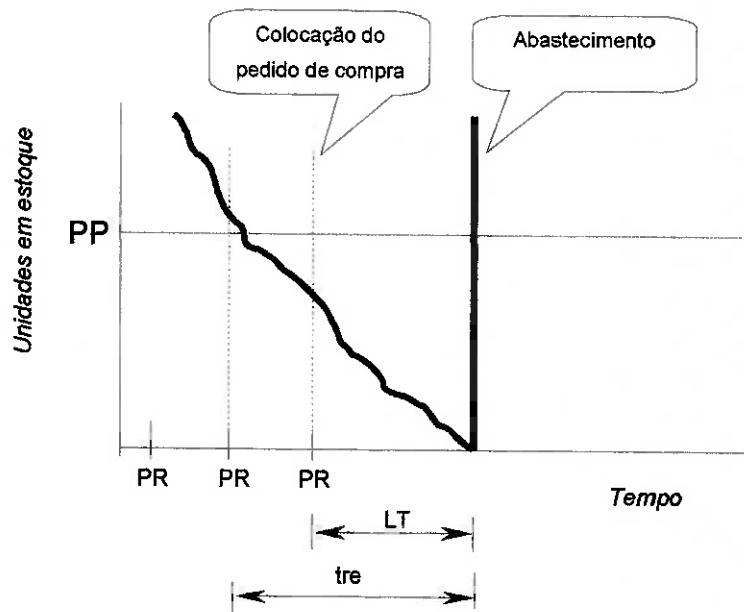


Figura 2.5 – Exemplo de funcionamento de modelo reativo.

Elaborado pelo autor

Note que no caso acima (pior situação) o modelo só percebe a necessidade de compra depois de passado um período de revisão inteiro, e ao pedir o abastecimento só acontecerá após o período de *lead time*. Assim, o modelo só será capaz de reagir passado o tempo de reação, daí o nome. É por isso que é necessário dimensionar o Ponto de Pedido para o *lead time* mais o período de revisão.

Tomando ainda este exemplo, note que o estoque é consumido numa taxa constante, o que raramente acontece na realidade. Daí a necessidade do estoque de segurança. De forma semelhante àquela definida para o modelo ativo, nos modelos reativos o estoque de segurança é a quantidade a ser mantida no

estoque para garantir o nível de atendimento desejado, devido à existência de variações na demanda e variações no abastecimento (*lead time*)¹¹.

O cálculo do estoque de segurança nos modelos reativos é muito semelhante àquele dos modelos ativos. A grande diferença reside no fato de que neste caso, é a distribuição das demandas históricas durante o tempo de reação que se aproxima pela normal (truncada).

$$EstSeg = z \cdot \sigma(Y)_{tre} \quad (2.28)$$

Onde, σ = desvio padrão da demanda no tempo de reação

z = variável normal reduzida que será relacionada ao nível de atendimento (NA) desejado (ex.: $z = 1,65$ para NA = 95%)

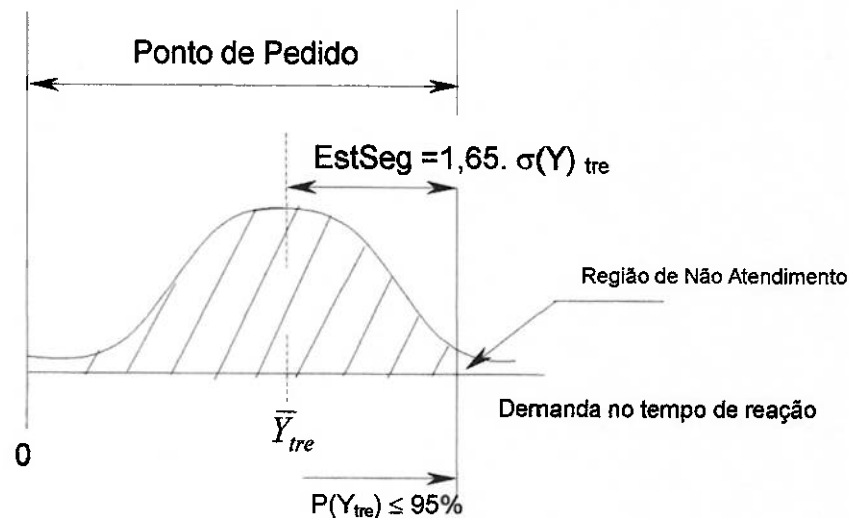


Figura 2.6 – Exemplo de cálculo estoque de segurança para 95% de nível de atendimento para modelo Reativo
Elaborado pelo autor

¹¹ Pelo mesmo motivo exposto no caso do modelo ativo, a determinação do estoque de segurança para os modelos reativos não considerará a variação do lead-time. Para esclarecimento de como tratar a variação do lead time consulte FOGARTY et al. (1991) e SLACK et al. (1997)

Duas considerações são importantes para a utilização da fórmula (2.28):

1. Geralmente, o histórico de demanda em uma empresa é registrado semanalmente ou mensalmente para todos os itens, (como já comentado anteriormente, é importante que o período de revisão do item seja múltiplo desta frequência de registro, e não no tempo de reação de cada item. Na prática, torna-se inviável ajustar o histórico de demanda da frequência de registro para o tempo de reação de cada item. Uma solução é realizar um ajuste do desvio-padrão calculado na frequência de registro do histórico de demanda para o tempo de reação do item. ARNOLD (1998) sugere a seguinte transformação estatística:

$$\sigma(Y)_{tre} = \sigma(Y)_{FR} \cdot \sqrt{\frac{tre}{FR}} \quad (2.29)$$

Onde, FR = Frequência de registro do item (semanal, mensal etc);

$\sigma(Y)_{FR}$ = Desvio-padrão do da demanda na frequência de registro.

2. Novamente a premissa considerada nesta fórmula é a de que a demanda no tempo de reação apresenta distribuição normal com demanda máxima infinita. Segundo FORGARTY (1991), a análise de dados passados pode mostrar que certas demandas raramente são ultrapassadas, e quando forem ultrapassadas elas devem ser tratadas como exceção. Tendo isso em vista, outra forma simples de calcular o ponto de pedido é buscar no histórico de demanda do item a máxima demanda durante o tempo de reação, o que forneceria cobertura para praticamente todas situações.

$$PP = \max(Y_{tre}) \quad (2.30)$$

O estoque máximo (EM) e o lote fixo (LT) estão relacionados com “quanto comprar”.

O estoque máximo, segundo SANTORO (2000) é dado por:

$$EM = (1 + \%arbitrada) \cdot PP \quad (2.31)$$

Já o lote fixo baseia-se no modelo de Lote Econômico de Compra. SLACK et al. (1997) apresentam a fórmula do Lote Econômico de Compra como sendo:

$$LEC = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{C_e}} \cdot \sqrt{\frac{C_e + C_s}{C_s}} \quad (2.32)$$

Onde, D = demanda média na unidade de tempo;

C_e = custo total de manutenção de um item em estoque na unidade de tempo;

C_p = custos totais de colocação de um pedido;

C_s = custos de falta de um item na unidade de tempo.

2.2.2.1 Modelo de Estoque Máximo

Este modelo possui cinco parâmetros: o *lead time*, período de revisão (se periódico), ponto de pedido, estoque máximo e estoque de segurança.

Neste modelo, quando for verificado que o estoque físico mais os pedidos já realizados os encontra-se abaixo do ponto de pedido pede-se a quantidade necessária para completar o estoque até o estoque máximo. Seguindo a mesma notação da utilizada para o modelo ativo, o processo de decisão genérico no final dos períodos para o modelo de estoque máximo é:

$$\text{Se em } t, \left(\sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT, t+i} + EstFis_t \right) < PP \quad (2.33)$$

$$Lote_{t, t+LT} = EM - \left(\sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT, t+i} + EstFis_t \right)$$

Senão,

$$Lote_{t, t+LT} = 0$$

Nota: Em caso de falta do item, deve-se considerar o EstFis como menos a soma dos pedidos dos clientes.

2.2.2.2 Modelo de Lote Fixo

Este modelo também possui cinco parâmetros: o *lead time*, período de revisão (se periódico), ponto de pedido, lote fixo e estoque de segurança.

A única diferença entre este modelo e o Estoque máximo é o “quanto pedir”. Ao invés de completar o estoque com o EM ele sempre pede uma quantidade fixa qualquer ou a sugerida na fórmula (2.32).

O processo de decisão genérico no final dos períodos é:

$$\text{Se em } t, \left(\sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT, t+i} + EstFis_t \right) < PP \quad (2.34)$$

$$Lote_{t, t+LT} = LEC$$

Senão,

$$Lote_{t, t+LT} = 0$$

Nota: Em caso de falta do item, deve-se considerar o EstFis como menos a soma dos pedidos dos clientes.

Apesar de ser extremamente simples esta abordagem, ela pode não ser muito eficaz porque:

- Muitos autores criticam a abordagem do LEC. Segundo NADDOR (1966) e SLACK et al. (1997), ele utiliza premissas como: conhecimento preciso da taxa de demanda no tempo, *lead time* desprezível, existência de custo de pedido fixo e identificável, custo de manutenção de estoque que possa ser expresso por função linear, custo de falta identificável etc, que o restringe a sistemas muito especiais. Ao ser aplicado em um sistema que não contemple estas premissas, ele não fornecerá o custo mínimo do sistema.
- Segundo SILVER et al. (1998), situações de revisão periódica em que há grandes variações de demanda, o lote fixo pode não elevar o nível de estoque acima do ponto de pedido, gerando maior probabilidade de faltas e maior nervosismo para o fornecedor, pois receberá em um pedido a cada período de revisão.

2.2.2.3 Modelo de Estoque Base

Este modelo também possui cinco parâmetros: o *lead time*, período de revisão (se periódico), ponto de pedido, estoque máximo e estoque de segurança.

Este é o modelo mais simples de todos. Ele deu origem ao Kanban.

É um caso particular do modelo de estoque máximo onde o ponto de pedido é igual ao estoque máximo.

O processo de decisão genérico no final dos períodos é:

$$\text{Se em } t, \left(\sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT, t+i} + EstFis_t \right) < EM \quad (2.35)$$

$$Lote_{t, t+LT} = EM - \left(\sum_{i=-\infty}^{LT-1} Lote_{t+i-LT, t+i} + EstFis_t \right)$$

Senão,

$$Lote_{t, t+LT} = 0$$

Nota: Em caso de falta do item, deve-se considerar o EstFis como menos a soma dos pedidos dos clientes.

2.2.3 Considerações finais

A tabela abaixo relaciona os modelos de estoque apresentados aos seus parâmetros.

	Modelos Reativos						Modelo Ativo
	Contínuos			Periódicos			Periódico
	Estoque Máximo	Estoque Base	Lote Fixo	Estoque Máximo	Estoque Base	Lote Fixo	Cálculo de Necessidades
PR				X	X	X	X
LT	X	X	X	X	X	X	X
PP	X	X	X	X	X	X	
EM	X	X		X	X		
LEC			X			X	
EstSeg	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	X

(*) Estoque de segurança contido nos outros parâmetros

Tabela 2.4 – Modelos de estoque e seus parâmetros

Adaptado de SANTORO (2000)

Após conhecer os modelos de estoque, o passo seguinte é escolher o método mais adequado para o item. Para tanto, é importante atentar para as considerações a seguir:

- Apesar de poderem ser utilizados com revisão periódica, aconselha-se utilizar os modelos reativos estoque base e lote fixo com revisão contínua.
- Itens que apresentam previsibilidade impossível, ou possível mas inviável na prática, não devem ser geridos por modelos ativos.
- Modelos ativos tem operação mais trabalhosa que modelos reativos, pois necessitam de revisões mais frequentes e com conhecimento matemático

mais apurado. As revisões dos modelos reativos são bem menos freqüentes (a cada 3 meses, 6 meses etc).

- Para um *PR* pequeno e desconsiderando a existência de lotes múltiplos, qualquer informação que permita que o desvio de previsão no *tre* seja menor que a variabilidade das vendas no *LT* faz com que o modelo ativo seja mais vantajoso em termos de estoque médio. SANTORO (2000).
- Os modelos reativos contínuos têm estoque de segurança e médios menores que os reativos periódicos com parâmetros equivalentes.

3. Solução Proposta

3 Solução Proposta

Neste capítulo será apresentada a proposta de gestão de estoque baseada na aplicação dos modelos de estoque elaborados em EXCEL.

Alguns dos motivos que levaram, num primeiro momento, a implantar os modelos apresentados em EXCEL e não no SAP, foram:

- Até então, a Multibrás não havia utilizado modelos reativos no SAP.
- Era utilizado somente o método de média móvel para as realizações de previsões, sendo que os métodos de suavização exponencial só ficaram disponíveis após a atualização do SAP para a versão 4.6, que ocorreu em agosto de 2001.
- O autor não tinha muito conhecimento do sistema SAP.

A intenção final é utilizar o sistema SAP, mesmo porque é um sistema muito mais robusto que o EXCEL, no que se refere ao tratamento de grande volume de dados, e além de ser um sistema integrado com fornecedores e clientes, permite um controle muito maior dos itens. Porém, face aos motivos apresentados achou-se prudente realizar testes para verificar se o sistema iria atender todas as necessidades. Como estes testes demandariam muito tempo e havia urgência na implantação dos modelos de estoque, planilhas em EXCEL pareceram a melhor solução no curto prazo.

O capítulo está estruturado da seguinte forma:

Seqüência	Dados Cadastrais	Dados de Demanda	Aplicação de Modelos de Estoque	Testes para implementação no SAP
Pontos Abordados	-Breve comentário sobre a atualização dos dados cadastrais dos itens.	-Definição de Demanda; -Análises dos dados; - Ajuste dos dados.	-Definição dos parâmetros; -Apresentação das planilhas; -Resultados obtidos.	-Início dos testes de implantação

Figura 3.1 – Estrutura da proposta de solução

Elaborado pelo autor

3.1 Dados Cadastrais

Como apresentado anteriormente os 12.000 itens estavam com dados de cadastro incorretos ou desatualizados. Lotes mínimos, lotes múltiplos de compra e, principalmente, *lead time* devem ser conhecidos para se poder implantar os modelos de estoque. Em virtude disto, foi realizado um árduo trabalho com os fornecedores de revisão e atualização destes parâmetros para os aproximadamente 12.000 itens ativos.

3.2 Dados de Demanda

Uma vez estando com dados cadastrais revisados, outro ponto fundamental para o sucesso da solução proposta era a utilização de dados adequados e confiáveis. Como já exposto anteriormente o SAP utilizava dados de faturamento nos modelos de estoque, o que não é adequado. Uma vez decidido que se utilizaria dados de demanda neste trabalho, o grande desafio foi conseguir estes dados.

Primeiramente, era necessário definir o que seria considerado demanda e posteriormente como retirar esses dados do SAP.

Definiu-se a demanda de um item de reposição como sendo os pedidos de clientes para aquele item, excetuando *recalls*.

Após isto, foi necessário buscar no sistema quais os tipos de pedidos correspondiam à definição elaborada. Consumiu-se tempo considerável para entender: o processo de colocação de pedidos, quais eram os tipos de pedidos existentes, quais eram os canais de distribuição da empresa etc, com o objetivo de assegurar que seriam extraídos os dados corretos de demanda dos itens. Esse esforço é justificado, pois como os modelos de estoque baseiam-se nesses dados para estabelecer seus parâmetros e sugerir lotes de compra, caso eles não estejam corretos, os modelos serão ineficazes, podendo até agravar a situação da empresa.

Durante a extração dos pedidos já selecionados, descobriu-se que estes só existiam a partir de março de 2000. De tempos em tempos, são realizados arquivamentos em disco (*backup*) de dados do sistema e estes são apagados da rede para não gerarem problemas de espaço computacional. A Área de Tecnologia de Informação (TI), seguindo decisões da empresa, não realizava arquivamento de pedidos de clientes. Desta forma, com a realização do último *backup*, no final de fevereiro de 2000, todos dados de demanda foram perdidos.

Hoje, a empresa já alterou a política de *backup*, e pedidos de clientes serão arquivados.

Os pedidos extraídos foram somados por semana para cada um dos 12.000 itens ativos.

A partir de então se iniciou um processo de análise da demanda dos itens, levando a conclusões interessantes, que serviram para direcionar a aplicação dos modelos.

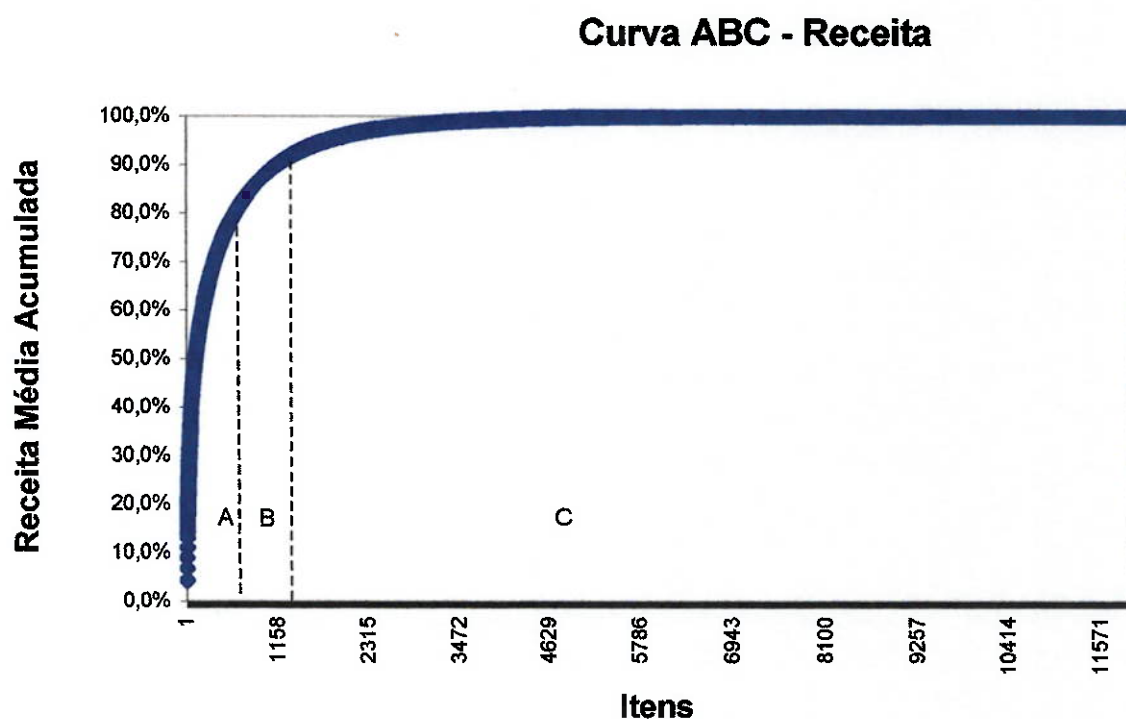


Figura 3.2 –Classificação ABC Receita

Nota: A classificação ABC acima exposta foi construída a partir da receita média mensal dos itens, isto é, a demanda média mensal de outubro 2000 a setembro de 2001 multiplicado pelo preço unitário do item.

Dados Reais. Elaborado pelo autor

	Qtde de itens ativos	% de itens	% de Receita	Faixa de Receita Mensal (R\$)	Valor em estoque (Milhares de R\$)	% de Valor em estoque
A	620	5,2%	80%	800 a 12.500	4.300	38,6%
B	538	4,5%	10%	300 a 800	1.200	10,8%
C	10797	90,3%	10%	Abaixo de 300	5.650	50,7%
SOMA	11955	100,0%	100%	2.800.000	11.150	100,0%

Tabela 3.1 – Detalhamento da Classificação ABC Receita

Nota: A classificação ABC acima exposta foi construída a partir da receita média mensal dos itens, isto é, a demanda média mensal de outubro 2000 a setembro de 2001 multiplicado pelo preço unitário do item.

Dados Reais. Elaborado pelo autor

Preferiu-se utilizar dados de preço ao invés de custo, pois os únicos dados de custos que se podiam extrair do SAP eram os de custos contábeis, que apresentavam muita oscilação (até mesmo durante um dia). Os preços dos itens eram mais confiáveis, mesmo porque o Setor Comercial já tinha feito um trabalho de verificação dos mesmos.

Ao observar os dados da tabela (3.1), percebe-se que menos de 10% dos itens (A e B) correspondem à 90% do faturamento da Área. Desta forma, fica evidente que os itens C não devem ser geridos por modelos de estoques complexos, que demandem esforço do programador.

Analisando o valor em estoque, chama a atenção o fato de que aproximadamente 51% do seu valor corresponde a itens C, que geram receitas mensais abaixo de R\$300. Isso que sugere um provável desbalanceamento do estoque.

Voltando aos dados de demanda, percebeu-se que muitos itens apresentavam demandas esporádicas e outros tantos apresentavam a demanda completamente zerada. Assim, para ter uma melhor compreensão dos dados de demanda resolveu-se agrupar os itens, de acordo com a ocorrência da demanda durante um

ano (outubro 2000 a setembro de 2001). Foram criados 4 Grupos de Demanda que reuniam itens com características de demanda semelhantes.

Grupos de Demanda		Tipo de item	Quantidade de itens ativos	%
Sigla	Característica			
D1	Sem demanda nas 52 semanas	Itens novos com demanda futura	3185	27%
		Itens antigos com demanda adormecida		
		Itens com demanda adormecida por problemas de preços elevados		
D2	Sem demanda nas últimas 30 semanas	Itens com demanda adormecendo	591	5%
D3	Com demanda diferente de zero em até 15 das 52 semanas	Itens com demanda esporádica	4253	25%
D4	Com demanda diferente de zero em mais de 15 das 52 semanas	Itens com demanda repetitiva	3926	33%
TOTAL			11955	100%

Tabela 3.2 – Grupo de itens de acordo com características de demanda semelhantes
Dados Reais. Elaborado pelo autor

O agrupamento dos itens desta forma foi muito importante para estabelecer os parâmetros dos modelos de estoque (que serão vistos adiante) e o para elaborações de análises que resultaram em conclusões importantes, como a da tabela a seguir.

Grupos de Demanda	Classificação ABC	Valor em estoque	%	Cobertura média (meses)	Itens
D1	C	R\$ 762.717	7%	Infinita	3185
D2	C	R\$ 429.497	4%	621	591
D3	A	R\$ 226.711	2%	4	21
	B	R\$ 101.990	1%	5	43
	C	R\$ 1.694.154	17%	100	4189
	Total	R\$ 2.022.855	20%	99	4253
D4	A	R\$ 4.214.067	41%	3	599
	B	R\$ 1.085.443	11%	5	495
	C	R\$ 1.667.755	16%	13	2832
	Total	R\$ 6.967.265	68%	10	3926
Total		R\$ 10.182.334	100%	94	11955

Tabela 3.3 – Valor em estoque em 24/09/01 dos Grupos de Demanda
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Os valores circulados na tabela 3.3 deixam claro o problema de desbalanceamento do estoque. Esta análise permite concluir que somente a implantação de modelos de gestão de estoque não será suficiente para reduzir o valor de estoque em um prazo razoável. Possivelmente, num primeiro momento espera-se que este valor se eleve, pois se estaria comprando um considerável número de peças para reduzir o número de itens em falta.

3.2.1 Ajuste dos Dados de Demanda

O ajuste dos dados de demanda, como foi apresentado no item 2.1.3.1, é importante não somente para os modelos ativos que utilizam previsão, mas também é importante para os modelos reativos. Ao realizar previsões ou dimensionar pontos de pedido baseando-se em uma série histórica que contenha

promoções, *recalls* etc, haverá a tendência de trabalhar com níveis de estoques mais elevados desnecessariamente. Por isso, é importante eliminar esses eventos *sui-generis* do histórico dos itens antes de calcular os parâmetros dos modelos.

Outro evento que se procurou rastrear eliminar durante esta etapa é a especulação. Particularmente, no negócio de peças de reposição, pedidos especulativos, que em geral muito elevados, são perigosos. Às vezes, grandes distribuidores percebem falhas no reajuste de preço e compram grandes lotes de peças de determinados itens, por exemplo, dez vezes a média de demanda do item. Então, os pedidos dos SAMs que geralmente devem atender o cliente final, não são atendidos. Para evitar este problema, criou-se um bloqueio de pedidos muito superiores à média. Isto não significa que o pedido não será faturado, e sim que antes disso, ele deverá passar por um processo de avaliação do programador. Caso não seja possível faturá-lo no momento, caberá ao Setor Comercial negociar prazos de entrega.

Decidiu-se realizar este ajuste somente para os itens do grupo D4 por dois motivos. Primeiro, por concentrar os itens A e B. Segundo, por que estes itens apresentam maior quantidade de demanda diferente de zero, e isso facilita perceber a ocorrência dos eventos acima citados, o que é muito importante devido a falta de experiência no negócio.

Utilizou-se o seguinte método:

1. Partindo da hipótese de que a demanda histórica destes itens segue uma distribuição normal, calculou-se um limite máximo para demanda semanal de cada item como sendo $\text{média da amostra} + 3,09 * \text{desvio-padrão}$ (=probabilidade acumulada de 99,9%).
2. Todos os itens A e B que apresentaram semanas com valor superior ao limite estipulado eram analisados um a um.

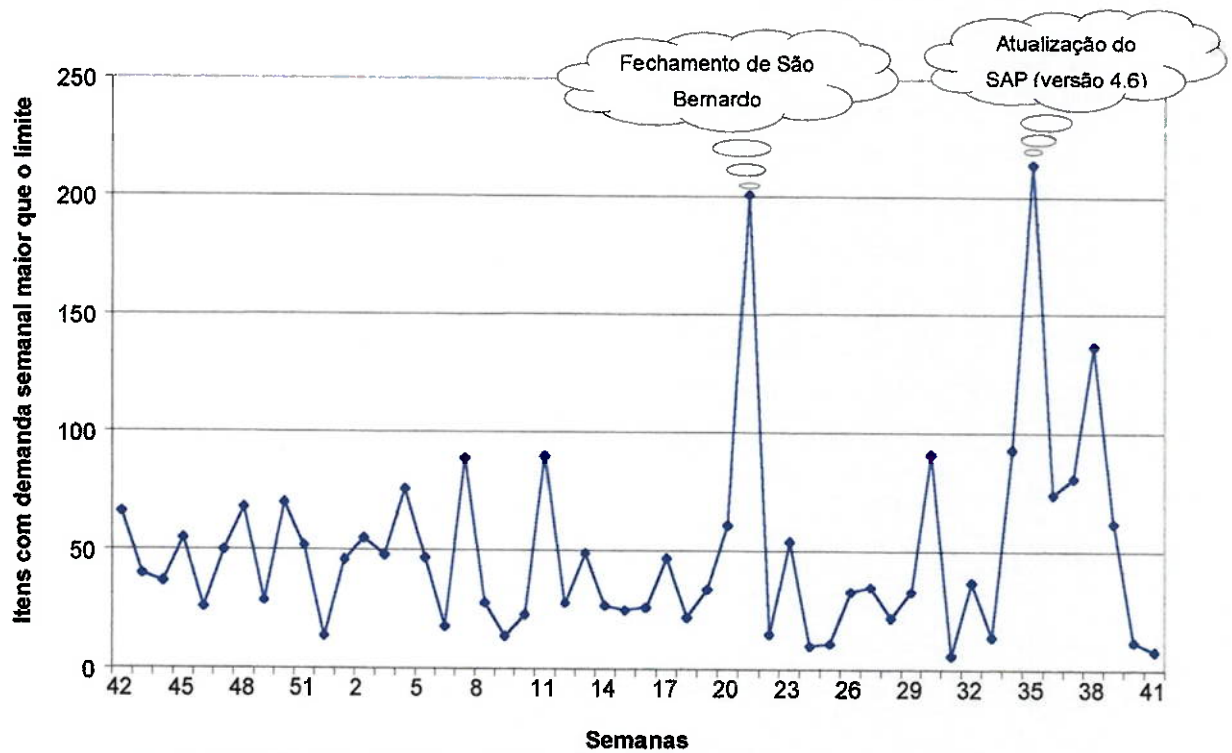


Figura 3.3 – Contagem de itens D4 com demanda semanal maior que o limite estipulado.
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Este gráfico ajudou a identificar eventos atípicos como os das semanas 21 e 35 de 2001 referentes ao fechamento de São Bernardo e a atualização do SAP, respectivamente. Com o fechamento de São Bernardo o mercado de peças resolveu comprar mais peças temendo a falta durante o período de transição. Já durante a semana 35 houve a atualização do SAP para a versão mais recente, paralisando o faturamento por quase duas semanas. Nesta ocasião, ficou acordado que os distribuidores comprariam mais peças do que o normal para abastecerem a rede caso houvesse necessidade, o que gerou o pico mostrado no gráfico.

- Quando identificadas as demandas semanais que estavam relacionadas a esses eventos, à promoções, *recalls* ou pedidos especulativos, seu valor era ajustado para o correspondente à 95% da normal acumulada calculada

sobre os dados da série histórica do item sem estes dados semanais anormais. Quanto aos itens C, que apresentaram semanas com valor superior ao limite estipulado eram substituídos, automaticamente (sem análise) por 95% da normal acumulada, como para os itens A e B.

3.3 Aplicação dos Modelos de Estoque

Após o ajuste dos dados, iniciou-se a seleção dos modelos mais adequados para os itens. Decidiu-se estruturar a análise da seguinte forma: gestão de itens pouco importantes (itens C) e gestão de itens importantes (itens A e B).

3.3.1 Itens C

Baseando-se nas análises apresentadas, concluiu-se que os itens C não devem consumir tempo de análises dos programadores e, portanto, devem ser tratados com modelos simples e confiáveis. Como, por exemplo, com modelos reativos.

Particularmente no caso da Multibrás, o modelo de estoque máximo parece ser o mais adequado para os itens C, porque pode-se determinar estoques máximos elevados para que não haja preocupação. Além disso, a utilização de lote fixo, de acordo com as explicações anteriores, é muito trabalhosa e pode não ser tão eficaz, pois exige um enorme esforço para o levantamento de custos que muitas vezes são muito difíceis de determinar e suas premissas simplificam demais a realidade.

Ao verificar a tabela 2.4, percebe-se que neste modelo, 3 parâmetros precisam ser estipulados: PR, EM e PP (o LT foi estipulado pelos fornecedores).

Quanto ao PR, decidiu-se que todos os modelo de estoque seriam periódicos¹² porque os modelos contínuos, apesar de proporcionarem estoques médios menores, podem gerar ordens de compra a qualquer instante. Isto não é interessante principalmente para itens importados ou itens de Manaus, pois elevaria muito o custo de frete. Além disso, para as unidades e fornecedores que estavam acostumados a receber pedidos uma vez ao mês, isso geraria grande resistência¹³.

Fornecedores	Período de Revisão
Fornecedores Externos, Internacionais e Unidade de Manaus	Mensal
Outras Unidades	Semanal

Tabela 3.4 – Período de Revisão Estipulado
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Para fornecedores externos decidiu-se fazer revisão mensal num primeiro momento, devido à resistência apresentada por eles de receberem mais pedidos que uma vez por mês. Como não há hoje uma punição para pedidos atrasos, a percepção da Área de Suprimentos é que esses fornecedores atrasariam os pedidos e continuariam a entregar os pedidos somente uma vez ao mês.

É uma situação delicada, pois esses fornecedores, que são muitos, vendem à empresa itens fora de linha, que utilizam moldes antigos e tem muito pouca

¹² Esta decisão vale para todos os itens, inclusive os A e B.

¹³ Já houve resistência quando se anunciou que a revisão seria semanal para as unidades!

demanda. Mas Área de Suprimentos se comprometeu a trabalhar para que a revisão semanal seja aceita, pois o impacto no estoque médio é considerável.

Quanto ao PP e EM, decidiu-se estipular diferentes valores para os itens, de acordo com os grupos de demanda criados.

Grupos de Demanda	Itens C ativos	Ponto de Pedido (PP)	Estoque Máximo (EM)
D1 ^(*)	3185	-	-
D2	591	5 x (unidade de remessa)	PP
D3	4189	Equação (2.30)	2 x (PP)
D4	2832	Equação (2.27) com 95% de nível de atendimento	PP + 2 meses de cobertura

Tabela 3.5 – Pontos de Pedidos e Estoque Máximos para itens C de acordo com grupos de demanda

(*) somente para itens com data de criação a partir de 2000

Dados Reais. Elaborado pelo autor

Para os grupos D1 resolveu-se não adotar modelos de estoque no momento. Como a maioria dos itens tem data de criação de 1998, devido à implantação do SAP, não se sabe se os itens são itens muito velhos a ponto de serem cancelados para venda. Assim haveria o risco de estar estocando peças inutilmente.

Além disso, os itens novos deste grupo, por serem de linha, apresentam *lead time* muito pequeno permitindo um tempo de reação bem curto caso haja pedidos de cliente.

Mas os motivos mais fortes são dois: ainda há bastante estoque dos itens D1, considerando que apresentam giro zero hoje – ver tabela 3.3; e eles não são a principal causa do problema de falta. Observe o gráfico abaixo:

Grupos de Demanda	Itens em falta	
	19/jul	16/ago
D1	12	5
D2	1	0
D3	222	181
D4	600	478
<i>Total</i>	<i>835</i>	<i>664</i>

Tabela 3.6 – Evolução de Itens em falta por grupos de demanda
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Decidiu-se que eles só seriam comprados se houvessem pedidos de clientes.

Os itens D2 serão geridos por Estoque Base (caso particular do modelo de Estoque Máximo). Adotou-se como Ponto de Pedido 5 vezes a quantidade de peças contidas na embalagem de venda do item (unidade de remessa). Desta forma, é possível atender até 5 clientes. Apesar de não serem foco do problema de falta, tem grande chance de apresentarem demanda a qualquer momento. Eles são poucos itens e baratos, portanto, o impacto é mínimo no valor de estoque.

Para os itens D3, a aproximação do histograma dos dados históricos por uma distribuição normal não é razoável. Desta forma, não se pode utilizar as fórmulas de Ponto de Pedido apresentadas. E certamente não é inteligente despender esforços para descobrir distribuições de probabilidade adequadas para cada um dos quase 4200 itens. Uma alternativa para estipular os Ponto de Pedidos destes itens é calculá-los empiricamente – equação (2.30). Adota-se como Ponto de Pedido o maior valor de demanda durante o tempo de reação dentro do histórico de demanda do item. Veja o exemplo:

Lead Time do item Z = 2 semanas

Período de Revisão do item Z = 1 semana

Tempo de reação = 2 + 1 = 3 semanas

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Demanda do item Z	0	10	5	0	6	2	8	0

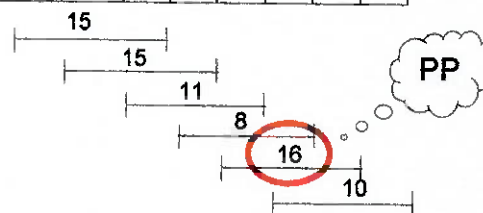


Figura 3.4 – Cálculo empírico do Ponto de Pedido para itens D3

Elaborado pelo autor

Dados Fictícios

Após este cálculo todos os programadores revisaram o ponto de pedido de itens volumosos como portas e gabinetes de refrigeradores e *freezers*, tanque de lavadoras etc, para ajustá-los caso fossem muito elevados; e também, o de itens críticos, caso estivessem muito baixo. Itens considerados críticos eram: itens funcionais, itens que geraram mais troca de produtos e que faltaram com maior frequência no último semestre.

Decidiu-se ainda para os itens D3 adotar o estoque máximo como sendo duas vezes o ponto de pedido.

Finalmente, o Ponto de Pedido para os itens D4, que apresentaram maior quantidade de pontos diferentes de zero, foi calculado utilizando a equação (2.27) com 95% de nível de atendimento (estipulado pela gerência). Quanto ao Estoque Máximo, acreditou-se que utilizando 2 meses de cobertura além do Ponto de Pedido seriam evitadas maiores preocupações com estes itens e concentrar

esforços nos itens mais importantes. Na época da implantação deste modelo, o valor total da sugestão de compra dos itens C girava em torno de R\$500.000,00, porém como grande parte deles eram itens importados com *lead time* médio de 90 dias, o valor de estoque não se elevaria desta quantidade.

Cabe um comentário pertinente: quando se fala em 95% de nível de atendimento para o cálculo do Ponto de Pedido, significa que quando o nível de estoque atinge o PP há 5% de probabilidade de falta do item. Porém, com um estoque máximo de $PP + X$ meses de cobertura, espera-se que em média o item atinja o PP somente $(12/X)$ vezes ao ano o que torna a probabilidade de falta do item em um ano bem menor que 5%. Essa probabilidade pode diminuir mais ainda quando o programador trabalha a falta, isto é, ao estar ciente que o item pode faltar, o programador pode negociar com o fornecedor para antecipar a entrega. Esse esforço do programador deve ser focado nos itens A e B, por são itens mais importantes, e assim pode-se, em muitos, casos pode-se atingir até 100% de nível de atendimento.

Uma vez estipulados os parâmetros do modelo reativo, os itens C começaram a ser geridos em planilhas EXCEL (veja exemplo no anexo).

As atualizações dos parâmetros deveriam ser realizadas somente a cada seis meses, sendo antecipado exceto se o número de itens C em falta se elevasse muito.

Resumindo, o processo de gestão elaborado para os itens C consiste em:

1. Extração dos dados de demanda do SAP (a cada semana).
2. Consolidação semanal dos dados de demanda;
3. Ajustes dos dados de demanda, de acordo com item (3.2.1)
4. Classificação dos itens de acordo com grupos de demanda. (frequência semanal);

5. Cálculo dos parâmetros do modelo de acordo com a tabela 3.5, fazendo devidos ajustes para itens com PR mensal de acordo com a equação (2.29). (frequência semestral);
6. Atualização de valores de estoque e pedidos dos itens na planilha de modelo reativo. (a cada Período de Revisão);
7. Análise de pedidos de custo elevado;
8. Digitação dos pedidos no SAP.

3.3.2 Itens A e B

Estes itens merecem uma atenção mais especial do programador por serem caros, impactando consideravelmente nos valores de estoque, e por apresentarem altos custos de falta, principalmente porque são os grandes responsáveis para o faturamento da empresa.

Para estes itens, a aplicação de modelos de estoque mais complexos, que exigem um maior esforço do programador, é justificada, caso forneçam bons níveis de atendimento com estoques médios baixos.

Portanto, caso o item seja previsível deve-se optar pela utilização do modelo ativo. Se o item não for previsível pode-se utilizar o modelo reativo de Estoque Máximo, porém adotando-se valores de Estoque Máximo bem menores que aqueles adotados para os itens C.

3.3.2.1 Gestão com Modelo Ativo

Os métodos de previsão utilizados neste trabalho foram os de suavização exponencial, principalmente por serem adequados ao horizonte de previsão

desejado (curto prazo); por serem simples de entender; por apresentarem muito boa performance, segundo a bibliografia; e por estarem disponíveis no SAP.

Dentre os métodos de Suavização Exponencial apresentados, o método de Winters, que consegue tratar sazonalidade, não pôde ser utilizado devido aos poucos dados históricos disponíveis (pouco mais de um ano). Foram testados, então, o método de Suavização Exponencial Simples (SES) e o método de Holt, que trata a tendência melhor do que o método de Brown.

A metodologia utilizada para a escolha do método mais adequado foi:

1. Após otimizar os parâmetros α (SES) e α e β (Holt) por meio da minimização do MAE, calculou-se o MAPE para cada item A e B, tanto pelo método de SES quanto pelo método de Holt¹⁴.
2. Selecionaram-se os itens previsíveis. Considerou-se previsível o item que apresentou valor de MAPE inferior a 30%¹⁵.
3. Finalmente escolheu-se para o item o método apresentou menor MAPE.

Os cálculos foram realizados em planilhas EXCEL. As tabelas abaixo resumem os resultados da aplicação dessa metodologia.

Métodos	Classificação ABC		Total itens
	A	B	
Holt	89	66	155
SES	166	98	264
Total Itens	255	164	419

Tabela 3.8 – Contagem de Itens A e B previsíveis (MAPE < 30%)

Dados Reais. Elaborado pelo autor

¹⁴ Optou-se por minimizar o MAE na otimização dos métodos, pois este diferentemente do MAPE sempre pode ser calculado.

¹⁵ Não encontrou-se na bibliografia estudada um valor limite de erro de previsão, a partir do qual pode-se afirmar que o item é imprevisível. Desta forma, acredita-se que 30% é um valor razoável.

Dos 1158 itens A e B, somente 36% são previsíveis.

Métodos	Classificação ABC		Total itens
	A	B	
Holt	75	62	137
SES	100	85	185
Total Itens	175	147	322

Tabela 3.9 – Contagem de Itens A e B previsíveis com PR mensal
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Métodos	Classificação ABC		Total itens
	A	B	
Holt	14	4	18
SES	66	13	79
Total Itens	80	17	97

Tabela 3.10 – Contagem de Itens A e B previsíveis com PR semanal
Dados Reais. Elaborado pelo autor

A separação em itens com PR mensal e semanal é importante, pois para os primeiros os dados históricos devem ser sumarizados mensalmente, enquanto que para os segundos os dados devem estar sumarizados por semana.

Uma vez selecionado o método mais adequado para cada item, começou-se a realizar previsões para estes itens nas mesmas planilhas EXCEL em que foram realizados os cálculos de previsibilidade.

Observe abaixo um exemplo do cálculo da previsão do item 000022230 – INJETOR 0,70mm. Seu *lead time* é de 30 dias, e por ser um item de fornecedor externo, tem período de revisão mensal. Desta forma a previsão deve ser realizada para o tempo de reação, que é 60 dias.

Método**Suavização Exponencial Simples**

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

$$F_{t+h} = L_t$$

Legenda Alfa

Valor inicial
de L_t

Mês t	Y_t	0,6 L_t	$F_{t=1}$	$F_{t=2}$	Desvio ME	Desvio Absoluto MAE	Desvio Percentual MAPE
mar-00	1380	1380					
abr-00	1460	1428,00	1380				
mai-00	1940	1735,20	1428	1380	640,00	640,0	19%
jun-00	2140	1978,08	1735	1428	1224,00	1224,0	30%
jul-00	2600	2351,23	1978	1735	1269,60	1269,6	27%
ago-00	2140	2224,49	2351	1978	783,84	783,8	16,54%
set-00	1920	2041,80	2224	2351	-642,46	642,5	15,82%
out-00	1820	1908,72	2042	2224	-708,99	709,0	18,96%
nov-00	1420	1615,49	1909	2042	-843,59	843,6	26,04%
dez-00	2260	2002,20	1615	1909	-137,44	137,4	3,73%
jan-01	1600	1760,88	2002	1615	629,02	629,0	16,30%
fev-01	1680	1712,35	1761	2002	-724,39	724,4	22,09%
mar-01	1820	1776,94	1712	1761	-21,76	21,8	0,62%
abr-01	1520	1622,78	1777	1712	-84,70	84,7	2,54%
mai-01	1780	1717,11	1623	1777	-253,88	253,9	7,69%
jun-01	1920	1838,84	1717	1623	454,45	454,4	12,28%
jul-01	1755	1788,54	1839	1717	240,78	240,8	6,55%
ago-01	1800	1795,42	1789	1839	-122,69	122,7	3,45%
set-01	1840	1822,17	1795	1789	62,92	62,9	1,73%
out-01		728,87	1822	1795			
0,2397 tracking				1822	-97,78 ME	407,92 MAE	11,02% MAPE

Inicialização

Período de teste

Tabela 3.11 – Planilha elaborada em EXCEL. Previsão com SES para itens com PR mensal e lead time até 30 dias.

Dados Reais. Elaborado pelo autor

Algumas observações:

- O valor inicial de L_t adotado foi igual ao de Y_0 (março/00, no caso).
- O Tracking Signal igual a 0,24, não acusa viés.

- Os meses até julho/00 pertencem à fase de inicialização, e não são considerados no cálculo dos erros. Para itens com PR mensal resolveu-se desconsiderar os 3 primeiros dados de erro, enquanto que para os itens com PR semanal, por apresentarem mais dados, desconsideram-se os 5 primeiros dados de erro.
- Somente os valores de erros do período de teste são utilizados no cálculo do ME, MAE e MAPE. Como um exemplo, calculemos o erro de previsão para novembro e dezembro de 2000 a partir de outubro de 2000: a previsão para nov/00 e dez/00 é a mesma (modelo constante) e igual a 1908,72. Portanto, a previsão para os 60 dias é 3817,44. Como a demanda ocorrida neste período foi de 3680, o erro de previsão é -137,44 (vide fórmula...)

Estes cálculos da tabela 3.11 foram realizados com $\alpha = 0,6$ que não é o ótimo, isto é, não é aquele que proporciona o menor MAE.

Foi adotado, então, o método de otimização proposto por MAKRIDAKIS et al.(1998), como mostra a tabela abaixo.

ALFA	MAE
	321,82
0,05	510,41
0,10	365,29
0,15	327,46
0,20	321,82
0,25	336,26
0,30	342,35
0,35	354,43
0,40	370,81
0,45	383,40
0,50	393,32
0,55	401,32
0,60	407,92
0,65	413,98
0,70	422,76
0,75	431,54
0,80	440,69
0,85	450,52
0,90	463,41
0,95	477,33
1,00	492,14

Tabela 3.12– Planilha elaborada em EXCEL. Cálculo do MAE para grade de valores de α .

Nota: Utilizou-se a função Tabela de Dados do EXCEL

Dados Reais. Elaborado pelo autor

A tabela acima realiza o cálculo do MAE para alguns α que variam em intervalos de 0,05. Dentre os α apresentados o mínimo valor de MAE acontece com $\alpha = 0,2$.

Com a implantação da tabela 3.12 na planilha 3.11 criada em EXCEL o valor ótimo é selecionado automaticamente. A seguir o SES é calculado novamente com o α ótimo.

Método

Suavização Exponencial Simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

Legenda Alfa

Mês t	Yt	0,2 Lt	Ft=1	Ft=2	Desvio ME	Desvio Absoluto MAE	Desvio Percentual MAPE
mar-00	1380	1380					
abr-00	1460	1396,00	1380				
mai-00	1940	1504,80	1396	1380	640,00	640,0	19%
jun-00	2140	1631,84	1505	1396	1288,00	1288,0	32%
jul-00	2600	1825,47	1632	1505	1730,40	1730,4	37%
ago-00	2140	1888,38	1825	1632	1476,32	1476,3	31,15%
set-00	1920	1894,70	1888	1825	409,06	409,1	10,08%
out-00	1820	1879,76	1895	1888	-36,76	36,8	0,98%
nov-00	1420	1787,81	1880	1895	-549,40	549,4	16,96%
dez-00	2260	1882,25	1788	1880	-79,52	79,5	2,16%
jan-01	1600	1825,80	1882	1788	284,38	284,4	7,37%
fev-01	1680	1796,64	1826	1882	-484,49	484,5	14,77%
mar-01	1820	1801,31	1797	1826	-151,60	151,6	4,33%
abr-01	1520	1745,05	1801	1797	-253,28	253,3	7,58%
mai-01	1780	1752,04	1745	1801	-302,62	302,6	9,17%
jun-01	1920	1785,63	1752	1745	209,90	209,9	5,67%
jul-01	1755	1779,50	1786	1752	170,92	170,9	4,65%
ago-01	1800	1783,60	1780	1786	-16,26	16,3	0,46%
set-01	1840	1794,88	1784	1780	80,99	81,0	2,23%
out-01		1435,91	1795	1784			
0,16816 Tracking				1795	54,12 ME	321,82 MAE	8,40% MAPE

Tabela 3.13– Planilha elaborada em EXCEL. Previsão com SES α ótimo para itens com PR mensal e lead time até 30 dias

Dados Reais. Elaborado pelo autor

Nota-se que o MAPE também reduziu e que o item é previsível (MAPE<30%)

Enfim, o lote a ser comprado no final de setembro de 2001 é calculado na planilha de modelo ativo de revisão mensal, apresentada no anexo. Sendo a previsão para

out/01 e nov/01 igual a 3590; o estoque físico mais pedidos realizados igual a 2367; e o estoque de segurança para 95% de atendimento igual a 871 ($54,12 + 1,65 \cdot 495,35$ - ver equação (2.25), o lote a ser comprado é 2094 ($3590 - 2367 + 871$).

É importante comentar que se o item tivesse *lead time* igual à 60 dias seria utilizada outra uma planilha com mais uma coluna de previsão ($F_t=3$). E se tivesse 45 dias de *lead time*, por exemplo, seria utilizada a mesma planilha daquele com lead-time igual à 60 dias, por segurança.

Outro ponto importante a ser comentado é que para tornar viável a realização deste processo para todos os 419 itens foi necessária a utilização de ferramentas que o automatizassem. Portanto, foram desenvolvidas duas macros em *visual basic*: uma para os 97 itens com revisão semanal e outra para os 322 restantes com revisão mensal. Elas executavam os itens escolhidos para SES e Holt nas planilhas correspondentes, e devolviam as previsões e os erros de previsões para planilhas de modelo ativo mensal ou semanal. Em um Pentium 2, o método de SES demorava cerca de 5 minutos, enquanto o método de Holt demorava 20 minutos, pois a sua otimização é feita com duas variáveis (α e β).

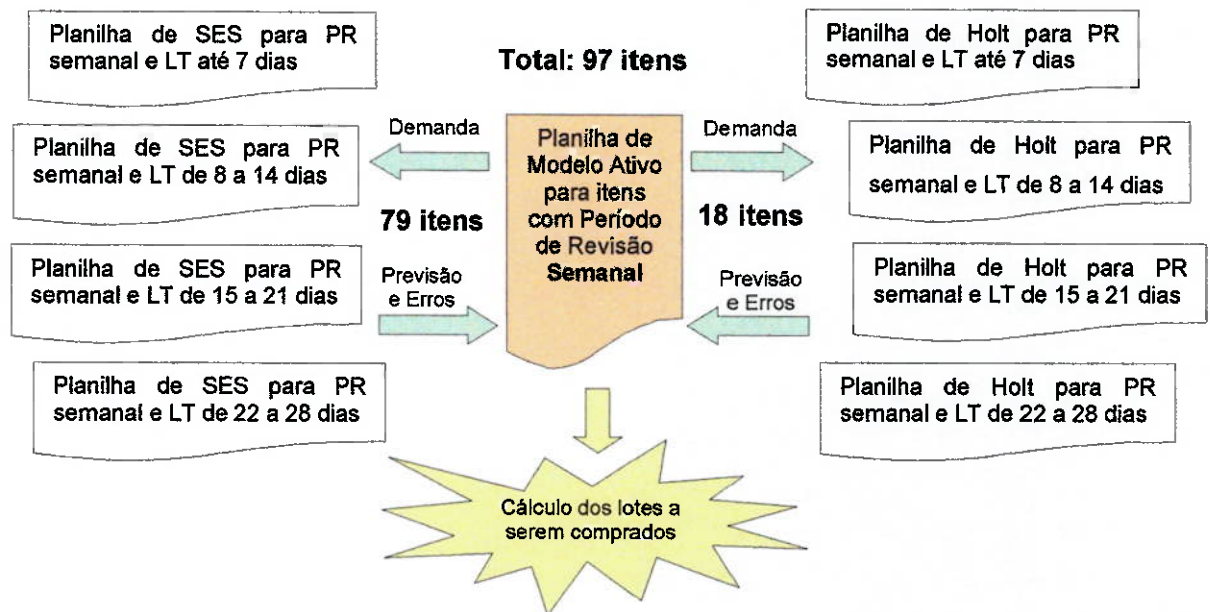


Figura 3.5 – Processo de cálculo dos lotes a serem comprados dos 97 itens com PR semanal pelo modelo ativo



Funções realizadas pela macro 1.

Elaborado pelo autor

A faixa de *lead time* dos 97 itens com PR semanal varia de 2 a 28 dias. Este processo é realizado toda sexta-feira.

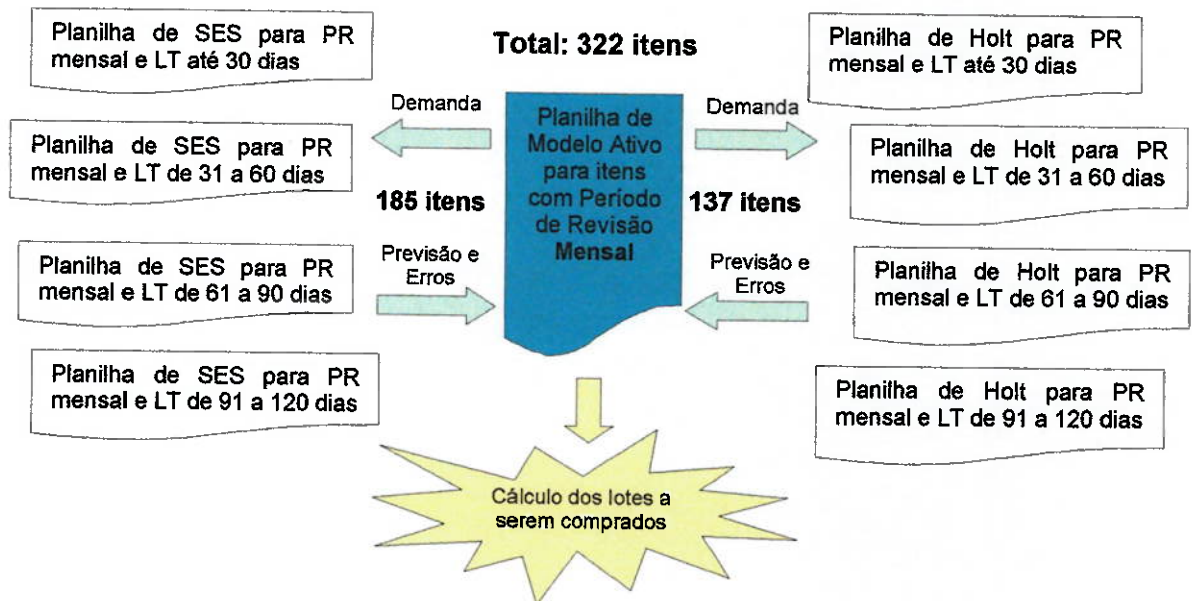


Figura 3.6 – Processo de cálculo dos lotes a serem comprados dos 322 itens com PR mensal pelo modelo ativo

→ Funções realizadas pela macro 2.

Elaborado pelo autor

A faixa de *lead time* dos 322 itens com PR mensal varia de 15 a 120 dias.

Após cada um dos dois processos apresentados acima o programador analisava todos os pedidos sugeridos pela planilha e inseria o pedido no SAP.

Resumindo, o processo de gestão elaborado para os itens C consiste em:

1. Extração dos dados de demanda do SAP. (frequência semanal);
2. Consolidação semanal dos dados de demanda para os itens com PR semanal, e mensal para os itens com PR mensal;
3. Ajustes dos dados de demanda, de acordo com item (3.2.1);
4. Rodar a macro 1 a cada semana para os itens de PR semanal e rodar a macro 2 a cada mês para os itens de PR mensal;

5. Verificação do Tracking signal. Caso tenha ultrapassado o limite, buscar as possíveis causas, e se necessário ou trocar de método de previsão ou trocar o modelo para reativo, caso o item torne-se imprevisível;
6. Atualização de valores de estoque e pedidos já realizados dos itens na planilha de modelo ativo. (a cada Período de Revisão);
7. Análise de pedidos de custo elevado;
8. Digitação dos pedidos no SAP.

3.3.2.2 Gestão com Modelos Reativos

Para os 739 itens A e B restantes, que não foram considerados previsíveis, utilizou-se o modelo de Estoque Máximo periódico. Os critérios para o cálculo dos parâmetros foram exatamente os mesmos dos itens C, exceto para o valor do Estoque Máximo, que foi estipulado igual ao PP mais cobertura de 15 dias para itens A, e PP mais cobertura de 1 mês para itens B.

A planilha utilizada para calcular o lote a ser comprado para cada um dos itens é exatamente igual à planilha elaborada para os itens C, assim como o processo de gestão, excetuando o cálculo de PP e EM.

3.3.3 Resultados Obtidos

Até início de novembro não havia sido possível concluir os testes do funcionamento dos modelos ativos e reativos no SAP. Porém, mesmo realizando toda a programação em planilhas EXCEL, já foi possível perceber melhorias significativas relacionadas principalmente com a redução de itens em falta.

Os modelos ativos e reativos foram implantados, da forma como foi explicada, no final de setembro de 2001.

Os resultados obtidos foram considerados muito bons. De um patamar de 1000 itens ativos em falta atingiu-se uma média 350 no final de novembro de 2001. E ainda a maior queda percentual apresentada foi de itens A e B, que apresentam impacto significativo do faturamento.

Observe a tabela de evolução dos itens em falta na tabela abaixo:

Classif. ABC	Itens em falta		
	19/jul	16/ago	23/nov
A	161	100	37
B	104	67	18
C	570	497	287
Total	835	664	342

Figura 3.14 – Evolução de Itens em falta por Classificação ABC Receita
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Acredita-se que estes valores decrescerão ainda mais com chegada de itens de *lead time* mais elevados, que em grande parte são itens C.

A seguir é apresentado o gráfico da evolução diária de itens em falta.

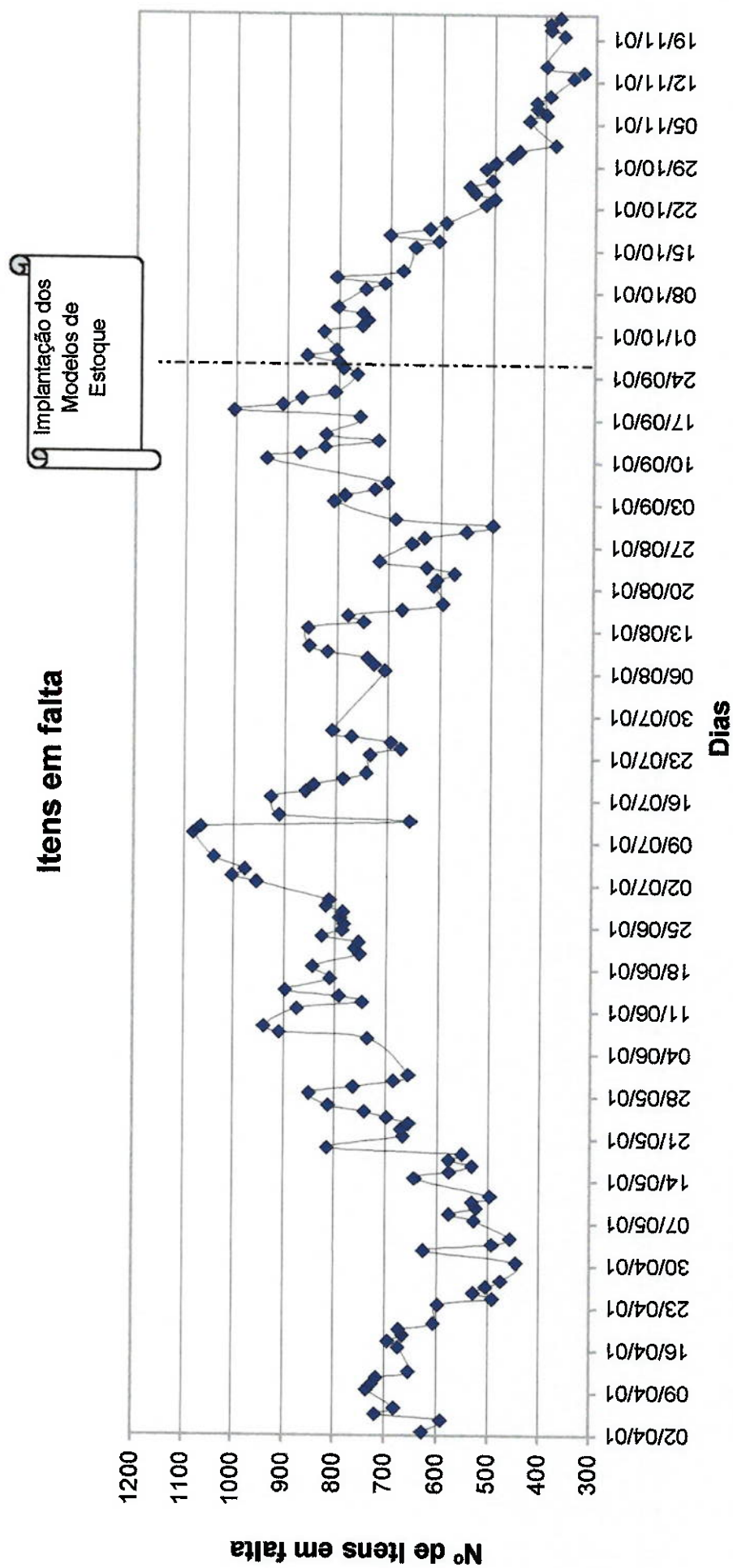


Figura 3.7 – Evolução dos ítems em falta no tempo
Dados Reais. Elaborado pelo autor

Quanto aos níveis de estoque, observe abaixo como estava valor de estoque por grupo de demanda em 23 de novembro de 2001 era:

Grupos de Demanda	Classificação ABC	Valor em estoque	%	Cobertura média (meses)	Itens
D1	C	R\$ 805.660	8%	Infinita	3185
D2	C	R\$ 430.713	4%	623	591
D3	A	R\$ 244.634,28	2%	5	21
	B	R\$ 114.279	1%	6	43
	C	R\$ 1.775.216	17%	101	4189
	Total	R\$ 2.134.129	21%	99	4253
D4	A	R\$ 4.062.733	40%	3	599
	B	R\$ 1.060.033	10%	5	495
	C	R\$ 1.720.120	17%	13	2832
	Total	R\$ 6.842.886	67%	10	3926
Total		R\$ 10.213.389	100%	95	11955

Tabela 3.15 – Valor de Estoque de 23/11/01 dos mesmos itens de 24/09/01.

Dados Reais. Elaborado pelo autor

Nota-se que não houve muito aumento do estoque, podendo-se concluir que foram comprados os itens certos. Porém, fica claro que ações devem ser tomadas para reduzir seu valor, principalmente dos itens com giro muito próximo de zero.

3.4 Implementação no SAP

Apesar da utilização de planilhas ter apresentado bons resultados, sua manutenção é um pouco trabalhosa, pois como o negócio de peças é muito dinâmico (ex.: muitos itens são criados por dia, muitos itens são cancelados por dia, durante um mês razoável quantidades de itens fornecidos pelas unidades, passam a ser adquiridos de fornecedores externos). Além disso, ao trabalhar com planilhas EXCEL com este elevado número de dados, há grande probabilidade de ocorrerem falhas, pois o controle fica mais difícil (ex.: fórmulas podem ser

alteradas, dados podem ser atualizados de forma errada, arquivos podem corromper-se etc). Por esse motivo se está buscando implementar estes modelos no sistema SAP.

A grande barreira para a utilização do SAP residia no fato dele estar baseado em dados de faturamento. Foi solicitada à área de Tecnologia de Informação a realização da modificação no sistema para que ele considerasse dados de demanda nos cálculos dos parâmetros dos modelos de estoque. Dois pontos importantes: o programa solicitado permitirá ao programador corrigir os dados de demanda caso esteja ciente de um evento atípico; e emitirá uma mensagem de alerta quando um item receber um pedido que ultrapasse um certo limite considerado aceitável. O programa ficará pronto somente no início de dezembro de 2000.

Neste ínterim, foram realizados alguns testes com os modelos ativos disponíveis no SAP.

Ao pesquisar as fórmulas utilizadas pelo SAP, todas pareceram estar coerentes com aquelas apresentadas neste trabalho. Porém, a percepção que se teve é que os cálculos dos erros são realizados somente para um período à frente.

Os testes revelaram uma divergência entre o cálculo do MAE realizado pelo SAP e em planilhas EXCEL. Como o MAE é utilizado pelo SAP para calcular o estoque de segurança¹⁶ e também é utilizado no cálculo do *Tracking Signal*, houve-se também certa preocupação.

A seguir será apresentado um dos testes realizados.

¹⁶ SILVER et al. (1998) mostram que o desvio-padrão dos erros de previsão, pode ser aproximado por 1,25 vezes o MSE (pag. 112).

Método

Constante com suavização exponencial

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = Y_t$$

Legenda

Alfa (a)

Semanas				Erro	Erro Absoluto
t	Yt	0,15 Lt	Ft+1		
16	500	500,00			
17	510	501,50	500,000	10,000	10,000
18	530	505,78	501,500	28,500	28,500
19	420	492,91	505,775	-85,775	85,775
20	460	487,97	492,909	-32,909	32,909
21	502	490,08	487,972	14,028	14,028
22	490	490,07	490,077	-0,077	0,077
23	470	487,06	490,065	-20,065	20,065
24	530	493,50	487,055	42,945	42,945
25	555	502,72	493,497	61,503	61,503
26	530	506,81	502,722	27,278	27,278
27	560	514,79	506,814	53,186	53,186
28	478	509,27	514,792	-36,792	36,792
29	520	510,88	509,273	10,727	10,727
30	450	501,75	510,882	-60,882	60,882
31	430	490,99	501,750	-71,750	71,750
32	480	489,34	490,987	-10,987	10,987
33	470	486,44	489,339	-19,339	19,339
34	200	443,47	486,438	-286,438	286,438
35	460	445,95	443,473	16,527	16,527
36	500	454,06	445,952	54,048	54,048
37	430	450,45	454,059	-24,059	24,059
38	530	462,38	450,450	79,550	79,550
39	520	471,03	462,383	57,617	57,617
40		400,37	471,025		
				-193,165 TE	48,04 MAD

Tabela 3.16 – Cálculo da soma dos erros de previsão e do MAE para um período adiante (teste comparativo).

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

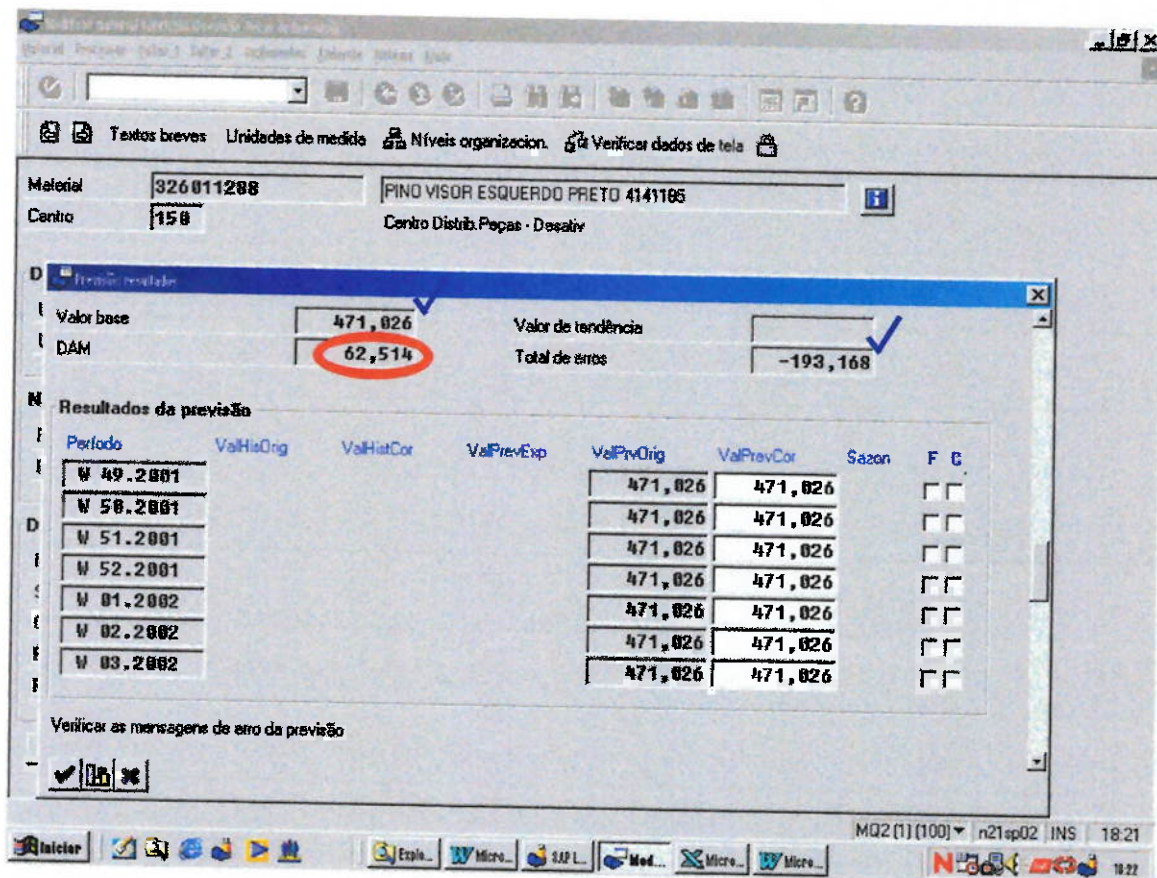


Figura 3.7– Resultados obtidos pelo SAP, utilizando os mesmos dados de demanda tabela 3.16

Nota: DAM = Desvio Absoluto Médio = MAE

Dados Simulados. Extraído do SAP

Como passos seguintes, buscar-se-á entender a causa da divergência apresentada pelo MAE, e testar os modelos reativos. Se for constatado que o sistema atende as necessidades da Área de Peças, os modelos serão implantados. Em caso contrário, a gerência solicitará à T.I. que o sistema seja alterado.

4. Conclusões

4 Conclusões

Apesar de não ter sido realizada ainda a implantação final dos modelos de estoque no Sistema SAP, pode-se considerar que os objetivos do trabalho foram atingidos com sucesso, na medida em que, foram desenvolvidos e implantados em planilhas EXCEL (recurso disponível na empresa) modelos de estoque adequados a cada item, gerando redução de falta significativa. Pensando que por trás de uma peça em falta pode-se ter um cliente insatisfeito, consegue-se presumir quão importante está sendo este trabalho para uma empresa, principalmente para a Multibrás, detentora de marcas poderosas como Brastemp e Cônsul.

Os testes dos modelos ativos e reativos no SAP devem ser concluídos em meados de dezembro de 2001. Caso haja necessidade, as mudanças no sistema serão realizadas em janeiro de 2002 e em fevereiro espera-se estar gerindo os itens ativos diretamente no SAP, com itens em falta girando em torno de 100.

Deve-se atentar ao fato de que apesar dos modelos gerarem um estoque médio satisfatório, ele só será atingido no longo prazo, caso medidas de redução do excesso de estoque não forem tomadas. Portanto, o autor insiste na necessidade de se fazer análises dessas medidas, como por exemplo: promoções, leilões, venda para "ferro-velho" etc, que podem ser mais interessantes do que arcar com elevados custos de armazenagem.

Finalmente, o autor gostaria de deixar registrado como é imensamente gratificante poder constatar que os ensinamentos teóricos e a forma de modelar problemas, aprendidos no curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP, realmente têm aplicação prática e geram excelentes resultados.

5. Bibliografia

5 Bibliografia

ARNOLD, J.R.T. **Introduction to Material Management**. Prentice-Hall Inc., 1998.

BALLOU, R.H. **Logística Empresarial**. Editora Atlas S.A., 1993.

BOWERSON, D.J.; CLOSS, D.J. **Logística Empresarial - O processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. Editora Atlas S.A., 2001.

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. Editora Edgard Blücher Ltda. 1977.

ELSAIED, E. A.; BOUCHER, T.O. **Analysis and Control of Production Systems**. Prentice-Hall, 1985.

FORGATY, D.W.; BLACKSTONE, J.H.; HOFFMANT T.R. **Production & Inventory Management**. South-Western Publishing Co & APICS, 1991.

HANKE, J.E. & REITSCH, A.G. **Business Forecasting**. Prentice-Hall, Inc., 1998.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting – Methods and Applications**. John Wiley & Sons, 1998.

MONKS, J.G. **Administração da Produção**. McGraw-Hill, 1987.

NADDOR, E. **Inventory Systems**. John Wiley & Sons, 1966.

SANTORO, M. C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – Introdução e Informações Básicas**. Apostila do curso de PPCP da Escola Politécnica da USP, 2000.

SILVER, E.A.; PYKE, D.F.; PETERSON, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. John Wiley & Sons, 1998.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. Editora Atlas S.A., 1997.

STOCKTON, R.S. **Sistemas Básicos de Controle de Estoque**. Editora Atlas S.A., 1972.

ANEXOS

Programação ITENS A e B - Modelo REATIVO

Nota: 95% de Nível de Atendimento para itens D4

EM Ajustado

Parte da Programação. Dados Reais.
Elaborado pelo Autor

Cód. Item	Descrição Item	Planej	Classif. ABC	UM	LT	PR	Grupos de demanda	Unid. de Remessa	Demanda Média Semanal (unid.)	Estoque de Segurança (unid.)	Ponto de Pedido (unid.)	Estoque máximo (unid.)	Estoque atual fis+pend (unid.) 23/11/01	Pedido a comprar
326003885	COMPRESSOR EMBAL AC FGS100 127V 60Hz	SA	B	PC	30	30	D3	2	2		30	60	67	0
326001390	DISPOSITIVO P/ MONT/DESMONT C.J.MECANISMO	SC	B	PC	30	30	D3	1	1		30	60	107	0
326015030	COMPRESSOR EMB EM28HNR 220V (513303804)	SA	B	CJ	30	30	D3	2	2		17	34	28	0
326000574	BOMBA DRENAGEM 220/50	SA	B	PC	30	30	D3	15	15		300	500	515	0
201814006	CONDENSADOR	UT	B	PC	50	30	D3	2	2		60	120	68	0
326006234	COBERTURA	XI	B	PC	75	30	D3	0	0		2	4	6	0
326008984	PORTA DO FREEZER INOX	XI	B	PC	90	30	D3	0	0		6	12	11	0
326003291	PLACA CIRCUITO IMPRESSO (4452240)	XI	B	PC	90	30	D3	0	0		9	18	20	0
000443654	GABINETE BRANCO 3406812	XI	B	PC	90	30	D3	1	1		25	50	34	0
004199120	COMPRESSOR MATSUSHITA 2P19C8R235A-SA	UT	A	PC	120	30	D3	2	2		50	100	151	0
001020463	COMPRESSOR MATSUSHITA 2KS210D3AA02	UT	A	PC	120	30	D3	3	3		50	100	106	0
001020447	COMPRESSOR MATSUSHITA 2RS127D3AA02	UT	B	PC	120	30	D3	1	1		22	44	63	0
000021407	CJ BOMBA DUPLA	SC	A	CJ	30	30	D4	32	32	148	424	488	1324	0
001020714	COMPRESSOR PW 5,5 K11 220V EMB.	SA	A	PC	30	30	D4	18	18	61	218	255	238	0
326015969	KIT TIMER ELETR. 127/60 22" TIRA MANCHAS	UC	A	CJ	14	7	D4	2	2	5	11	16	17	0
326015971	KIT TIMER ELETR. 127/60 24" TIRA MANCHAS	UC	A	CJ	14	7	D4	9	9	18	45	64	56	0
002015072	CONTROLE AUTOM TEMP	UJ	A	PC	6	7	D4	2	2	11	14	18	181	0
004228570	COMPRESSOR ROTATIVO C.A10 AE 220/602P14S	UT	A	PC	120	30	D4	1	1	13	33	35	159	0
326015594	CJ. RELÉ ELETR. MW0 120V - 1 CONECTOR	UT	A	PC	45	30	D4	2	2	20	41	45	198	0
326008620	CJ.GAB.ISOL.BM.127V L INJ.CRD45	UJ	A	CJ	6	7	D4	1	1	3	5	8	17	0
326014696	CONJUNTO NIPLE ADAPTADOR	UP	A	PC	21	7	D4	74	74	135	430	577	383	194
004204697	SISTEMA QU09H EMBALADO A.C	UJ	A	CJ	6	7	D4	1	1	3	5	7	106	0
326008627	CJ.GAB.EW.220V CRD45(CAMPO)	UJ	A	CJ	6	7	D4	1	1	3	5	7	25	0
000415490	CJ.GAB.BRG39ACA BRANCO	UB	A	CJ	6	7	D4	1	1	2	3	5	8	0

Parte da Programação. Dados Reais.
Elaborado pelo Autor

Programação ITENS C - Modelo REATIVO

Nota: 95% de Nível de Atendimento para Itens D4

Item em falta

Cód. Item	Descrição Item	Planej.	Classif. ABC	UM	LT	PR	Grupos de demanda	Unid. de Remessa	Demanda Média Semanal (unid.)	Estoque de Segurança (unid.)	Ponto de Pedido (unid.)	Estoque máximo (unid.)	Estoque atual fis+ pend (unid.) 23/11/01	Pedido a comprar
00002180	ARRUELA ENCOSTO 0,8X13,5X44,5	SC	C	PC	30	30	D4	100	285	682	3121	5397	541	4856
000710395	PAR 4,82-32X07,9 PANE NC-NF PHILL	SC	C	PC	30	30	D4	20	80	723	1406	2043	-1580	3623
000020942	ANEL APOIO	SC	C	PC	30	30	D4	50	390	1660	5001	8120	4650	3470
000020963	REBITE 9/16X114 ALUMINIO	SC	C	PC	30	30	D4	100	1546	14339	27592	39962	74130	0
000020989	ANEL ELETRODO	SB	C	PC	30	30	D4	50	893	4816	10757	16302	24550	0
000004959	VEDADOR EIXO AGITADOR	SC	C	PC	30	30	D4	50	664	2577	8267	13577	10900	0
000021191	MOLA ELETRODO SUPERIOR	SC	C	PC	30	30	D4	100	677	2034	7835	13250	10300	0
000021862	CLIP DO ANEL TANQUE	SC	C	PC	30	30	D4	40	603	2580	7750	12576	11520	0
151157009	BUCHA DOBRADICA	UJ	C	PC	6	7	D4	200	1830	3824	7222	21863	19200	0
000001233	TIRANTE 20"	SB	C	PC	30	30	D4	100	547	2107	6799	11178	7500	0
326007512	INJETOR.	SC	C	PC	30	30	D4	5	441	2190	5974	9505	6390	0
151828000	BATENTE CESTO	UJ	C	PC	6	7	D2	100	2		500	500	195	305
008016992	BUCHA DOBRADICA	SC	C	PC	30	30	D2	100	6		500	500	200	300
152105002	PROTECAO MODULO	UJ	C	PC	6	7	D2	50	1		250	250	150	100
150401003	ARRUELA 4,0	UJ	C	PC	6	7	D2	100	2		500	500	400	100
000396090	GRAMPO TERMINAL	UJ	C	PC	6	7	D2	20	1		100	100	40	60
000016695	CLIP RESISTENCIA	SC	C	PC	30	30	D2	10	1		50	50	0	50
110494106	LINGUETA TRAV INF	UJ	C	PC	6	7	D2	10	1		50	50	15	35
004132544	TAMPAO BATENTE PUXADOR	UJ	C	PC	6	7	D2	50	2		250	250	227	23
000816384	DOBRADICA TAMPAO (ESQ)	UP	C	PC	30	7	D2	5	0		25	25	5	20
000821149	CHICOTE FIOS	SA	C	PC	30	30	D3	1	0		15	30	13	17
00417690	CAPA DOBRADICA SUP.BEGE MEDIO	UJ	C	PC	6	7	D3	5	1		15	30	72	0
200645006	GABINETE EMBALADO	UJ	C	PC	6	7	D3	1	1		15	30	77	0
326007439	PORTA FREEZER BRANCA CRD36 EXP	UJ	C	CJ	6	7	D3	1	1		15	30	35	0
000381578	RESISTENCIA 127V (WH 4812 259 28668	XI	C	PC	90	30	D3	1	1		15	30	20	0
952130594	MOTOR PRATO GIRATORIO 220V	XI	C	PC	89	30	D3	1	1		15	30	128	0
000201979	CAPACITOR CODIG	XI	C	PC	90	30	D3	1	1		15	30	255	0
000381535	INTERRUPTOR HORARIO 127V 4812 218 3802	XI	C	PC	90	30	D3	1	0		15	30	55	0
000230413	BOTAO BRANCO (SPA 4022860)	XI	C	PC	75	30	D3	1	1		15	30	80	0
000339229	KIT FIX DO CESTO (WH 4819 310 39099)	XI	C	CJ	90	30	D3	1	1		15	30	19	0
000339067	ANEL FIXACAO (WH 4819 492 38119)	XI	C	PC	89	30	D3	1	0		15	30	306	0
004184688	CONECTOR (2172890)	XI	C	PC	90	30	D3	1	1		15	30	35	0
000179442	DOBRADICA SUPERIOR (0141717157)	XI	C	PC	60	30	D3	5	1		15	30	35	0
000231126	REFLETOR (SPA 4149600)	XI	C	PC	75	30	D3	5	1		15	30	85	0

Programação A e B - Modelo Ativo (Holt)

Nível de atendimento 95%

Erro de Previsão															
Cód. Item	Descrição Item	ABC	PR (dias)	LT (dias)	Previsão para					Tracking signal			Previsão + EstSeg	Estfis + Ped. Pend	Pedido de Compra
					ALFA	BETA	MAE	MAPE	PR+LT	Média	Desvio Padrão				
326008340	ANEL LOKRING DIAMETRO INT.8,0 (CAMPO)	A	30	30	0,5	0,1	93	7%	2018	-24	133	OK	2213	1078	1135
000199745	CHICOTE SUP P/ NIVEL + VELOC 127/60	A	30	30	0,05	0,15	28	9%	218	17	34	VERIFICAR	290	193	97
000022344	VIDRO TAMPÃO 30" PRETO	A	30	30	0,2	0,45	30	12%	154	13	47	VERIFICAR	244	268	0
000385034	CHICOTE INFERIOR	A	30	30	0,05	0,85	100	12%	602	22	138	OK	852	462	390
000406499	TERMOSTATO	B	30	30	0,1	0,7	48	17%	243	27	59	OK	367	311	56
000150266	VIDRO FORNO	B	30	30	0,25	0,05	18	17%	62	9	23	OK	109	285	0
000320442	BOTA DO TIMER MARROM	B	30	30	0,05	1	177	17%	1022	6	229	OK	1406	3802	0
004219597	TIMER DEGELO 115V/60HZ-(F2001CN20210)	B	30	60	0,15	0,05	10	14%	97	1	13	OK	120	271	0
000340502	FILTRO CARVAO ATIVADO (SPA 6093016)	A	30	75	1	0,2	25	12%	180	-12	31	VERIFICAR	219	391	0
000340510	FILTRO CARVAO ATIVADO (SPA 6099298)	A	30	75	0,05	1	39	12%	392	26	36	VERIFICAR	477	340	137
000215864	PRESSOSTATO (WH 4819 271 28544)	A	30	90	0,3	0,05	52	11%	416	39	83	VERIFICAR	592	583	9
000215910	TIMER 127V (WH 4819 282 18683)	A	30	90	0,55	0,15	17	12%	61	5	22	OK	103	197	0
000215759	INTERRUPTOR DA PORTA (WH 4819 690 18108)	A	30	90	0,35	0,05	115	13%	924	-18	143	OK	1143	1221	0
000215740	FRONTAL (WH 4819 453 19373)	A	30	90	0,7	0,15	43	14%	300	-32	61	VERIFICAR	369	375	0
000155462	CJ. PORTA "E" COD. 79341-0023-01	A	30	90	0,45	0,05	27	15%	65	5	33	OK	125	327	0
000396374	RESISTENCIA DE DEGELO 127V (SPRINGFIELD)	A	30	90	0,05	0,8	153	16%	1213	-61	178	OK	1446	1670	0
000215724	MAGNETO VALVULA 127V (WH 4819 281 28252)	A	30	90	0,3	0,05	48	16%	259	15	60	OK	374	433	0
000440523	ACOPADOR 2857/53	B	30	90	0,3	0,3	87	16%	547	44	133	OK	810	535	275
326000988	PRATO GIRATÓRIO	B	30	90	0,05	0,05	29	17%	174	-4	35	OK	228	237	0
000215929	TIMER 220V (WH 4819 282 18684)	B	30	90	0,05	0,05	10	17%	68	0	14	OK	91	157	0
326011194	CJ.PTA. CON.BRG/E43EW.C/EMBLEMA ZYRIUM	A	7	1	0,15	1	7	29%	9	-1	9	OK	23	111	0
326008277	TERMOSTATO	A	7	3	0,1	0,75	74	24%	399	0	93	OK	553	880	0
326002737	REGULADOR PRESSAO GLP	A	7	5	0,05	0,8	40	24%	194	5	53	OK	287	25	262
4209982	GABINETE BRANCO EW CRA35	A	7	6	0,15	0,05	5	30%	9	1	6	OK	20	38	0
4313968	CONJUNTO TAMPÃO VIDRO 30" BRANCO	A	7	7	0,2	0,1	5	18%	20	2	6	VERIFICAR	34	20	14
004318501	QUEIMADOR GIGANTE	A	7	7	0,1	0,9	111	19%	466	-23	168	OK	719	646	73
326010980	MESA TRABALHO	B	7	7	0,3	0,05	6	21%	22	-1	8	OK	35	23	12
326009851	CONJUNTO TAMPÃO VIDRO 20" eurowhite	A	7	7	0,15	0,05	14	26%	80	0	18	OK	110	28	82
4321928	MESA TRABALHO	A	7	7	0,1	0,3	6	26%	23	1	8	OK	38	33	5
326009854	CONJUNTO TAMPÃO VIDRO 30" CINZA	B	7	7	0,05	0,05	3	27%	15	2	4	OK	23	5	18
4260414	CJ GABINETE CURVO 24" + ALCA + REFORÇO	A	7	14	0,15	0,15	19	19%	63	7	22	OK	107	88	19
326013300	CJ VARETA SUSPENSÃO AMORTECEDOR C/ GRAXA	A	7	14	0,2	0,15	229	21%	800	-19	306	OK	1287	804	483
399353	TAMPA FIXA 22" (DA VINCI FILI)	B	7	14	0,25	0,05	8	23%	30	0	11	OK	48	55	0
004260244	CONJUNTO SUPORTE ROLAMENTO	A	7	14	0,05	0,05	20	23%	139	3	25	OK	183	198	0
4259351	TAMPA FIXA 24"	B	7	14	0,05	0,35	8	29%	29	0	10	OK	46	51	0
476927	KIT ATUALIZACAO (GLP)	A	7	14	0,2	0,05	11	29%	34	3	13	OK	58	162	0
326012775	CJ MECANISMO	A	7	28	0,05	0,6	1093	21%	4173	-322	1319	OK	6027	6679	0
150584	CJ. PAINEL CONTROLE 30" CINZA	A	7	30	0,05	0,1	24	20%	87	14	36	VERIFICAR	160	384	0

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Nota: As planilhas usadas na empresa só tem itens com o mesmo PR (mensal ou semanal), para facilitar a programação.

Por motivos didáticos, resolveu-se montar a planilha acima com itens que utilizam somente Holt (suavização exponencial com tendência), independente dos valores de PR.

Legenda: Cálculo apresentado nas próximas planilhas

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$L_t = aY_t + (1-a)(L_{t-1} + bt-1)$$

$$bt = b(L_t - L_{t-1}) + (1-b)bt-1$$

$$F_{t+k} = L_t + kbt$$

326008340 ANEL LOKRING DIAMETRO INT.8,0 (CAMPO)

Meses t	Yt	a		b		Ft+1	Ft+2	Período de Teste			
		0,50	Lt	0,10	bt			Desvio Dv	Desvio Dv	Desvio Absoluto DvAbs	Desvio Percentual DvPerc
1		0,00		135,00							
2	30	30,00		0,00							
3	460	245,00		21,50	30,00						
4	405	335,75		28,43	266,50	30,00		805			
5	490	427,09		34,72	364,18	288,00		341			
6	600	530,90		41,63	461,80	392,60		333			
7	475	523,76		36,75	572,53	496,52		117	117	117	11%
8	550	555,26		36,22	560,51	614,15		-162	-162	162	16%
9	620	605,74		37,65	591,48	597,26		12	12	12	1%
10	675	659,20		39,23	643,39	627,70		76	76	76	6%
11	665	681,71		37,56	698,43	681,04		16	16	16	1%
12	795	757,14		41,35	719,27	737,66		24	24	24	2%
13	785	791,74		40,67	798,48	756,83		104	104	104	7%
14	825	828,71		40,30	832,41	839,83		-28	-28	28	2%
15	740	804,50		33,85	869,01	873,08		-140	-140	140	9%
16	960	899,18		39,93	838,35	909,31		-78	-78	78	5%
17	720	829,55		28,98	939,11	872,20		-31	-31	31	2%
18	830	844,27		27,55	858,53	979,04		-368	-368	368	24%
19	905	888,41		29,21	871,82	887,51		-11	-11	11	1%
20	1000	958,81		33,33	917,62	899,37		134	134	134	7%
					992,14	946,83					
						1025,47		Tracking OK	-24,05 ME	92,89 MAE	7% MAPE

Planilha LT até 30 dias. Parâmetros Ótimos

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para LT até 30 dias

BETA

ALFA	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,05	877,02	771,56	673,34	581,99	498,86	451,76	427,92	411,10	398,85	394,78	389,95	402,26	401,94	404,36	406,81	406,73	405,58	407,11	408,57	411,13
0,10	556,26	423,17	347,69	313,20	314,36	312,89	312,84	309,11	309,32	312,33	315,74	313,48	307,39	302,58	294,81	292,66	292,30	293,17	292,45	289,69
0,15	370,07	272,48	248,91	242,87	238,58	234,51	239,88	238,82	233,34	234,48	242,15	245,04	243,99	240,00	239,28	235,65	229,57	227,12	223,83	222,59
0,20	268,01	199,51	190,05	180,05	181,43	180,19	191,44	203,09	207,78	207,06	203,05	200,07	193,84	189,62	186,57	187,06	187,30	194,37	203,53	210,46
0,25	203,70	158,91	143,55	137,12	151,30	169,38	177,81	179,09	175,27	171,49	165,05	165,13	168,16	173,79	180,20	184,57	188,46	194,26	201,76	207,74
0,30	160,79	127,87	112,64	125,91	146,17	155,25	156,46	152,91	151,73	153,57	157,41	163,03	168,03	171,75	178,93	186,11	194,52	203,13	215,85	227,53
0,35	134,75	106,76	106,02	122,53	135,28	138,74	138,64	148,10	148,35	153,48	159,18	164,50	172,28	178,97	186,91	198,10	207,97	217,40	228,95	238,53
0,40	115,97	99,84	104,36	118,28	125,47	131,62	139,76	144,94	149,84	153,58	161,23	167,87	175,57	184,34	194,16	205,00	216,67	227,23	236,26	243,56
0,45	110,00	95,44	102,12	112,96	122,42	132,97	139,83	145,89	150,07	155,23	162,32	171,64	184,12	195,80	206,34	215,46	222,90	228,49	232,15	233,83
0,50	109,10	92,89	99,82	110,10	124,18	133,60	141,28	146,29	152,11	160,31	172,19	183,29	193,25	201,78	208,65	213,68	216,79	221,32	225,62	228,21
0,55	109,66	93,28	100,23	112,57	125,71	135,68	142,25	148,45	155,25	169,20	179,15	187,79	194,86	200,19	204,28	210,66	215,35	218,40	221,89	225,09
0,60	111,20	96,19	102,38	117,71	129,69	139,05	146,64	154,15	164,43	173,61	181,41	187,62	193,25	200,49	206,13	211,09	216,04	219,92	222,82	224,88
0,65	113,38	101,53	108,84	123,79	135,25	144,24	151,56	158,97	167,68	175,10	181,73	189,12	197,25	204,22	210,12	214,97	218,84	221,86	224,14	225,84
0,70	116,26	107,10	114,95	129,28	140,28	148,94	155,99	163,06	170,18	179,70	188,53	196,51	203,51	209,53	214,58	218,75	222,16	225,10	229,64	233,97
0,75	120,67	112,80	122,11	134,32	144,93	153,31	160,36	169,12	176,64	187,55	195,70	202,97	209,33	214,81	219,50	224,80	230,21	235,39	240,42	245,38
0,80	125,29	118,58	130,18	141,44	151,42	160,66	169,49	178,06	186,37	194,83	202,52	209,41	216,37	222,98	229,30	235,38	241,29	247,11	252,92	258,78
0,85	130,06	125,23	138,08	149,57	159,82	169,35	178,44	187,21	195,70	203,89	211,75	219,30	226,55	233,55	240,35	247,03	253,66	260,31	267,05	273,95
0,90	134,95	132,28	145,85	157,59	168,13	177,94	187,31	196,34	205,08	213,53	221,70	229,61	237,30	244,83	252,26	259,65	267,08	274,61	282,28	290,14
0,95	139,90	139,77	153,55	165,55	176,39	186,52	196,19	205,53	214,59	223,40	231,97	240,34	248,56	256,69	264,79	272,90	281,09	289,38	297,79	306,33
1,00	144,87	147,18	161,19	173,47	184,63	195,10	205,12	214,82	224,26	233,48	242,50	251,38	260,15	268,87	277,58	286,32	295,10	303,95	312,94	321,79
ALFA	BETA	MAE	MAPE	Previsão	Média	Desvio Padrão	Tracking error													
0,5	0,1	93	7%	2,018	-24,05	133,11	OK													

326008340 ANEL LOKRING DIAMETRO INT 8,0 (CAMPO)

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$L_t = aY_t + (1-a)(L_{t-1} + bt-1)$$

$$bt = b(L_t - L_{t-1}) + (1-b)bt-1$$

$$Ft+k = L_t + kbt$$

4219597 TIMER DEGELO 115V/60HZ-(F2001CNZ0210)

Meses t	Yt	a		b		Ft+1	Ft+2	Ft+3	Período de Teste			
		0,15	Lt	0,05	bt				Desvio Dv	Desvio Absoluto DvAbs	Desvio Percentual DvPerc	Tracking OK
1	7	7,00	1,00									
2	10	8,30	1,02			8,00						
3	12	9,72	1,04			9,32	9,00					
4	10	10,64	1,03			10,75	10,33	10,00	5			
5	20	12,92	1,09			11,67	11,79	11,35	11			
6	9	13,26	1,05			14,01	12,70	12,82	4			
7	7	13,22	1,00			14,31	15,10	13,73	-2		6%	
8	31	16,73	1,13			14,22	15,37	16,19	2	2	4%	
9	24	18,78	1,17			17,86	15,22	16,42	16	16	26%	
10	18	19,66	1,16			19,95	18,98	16,22	27	27	37%	
11	22	20,99	1,17			20,82	21,12	20,11	7	7	11%	
12	22	22,14	1,16			22,16	21,97	22,29	-1	-1	2%	
13	32	24,60	1,23			23,30	23,32	23,13	10	10	13%	
14	21	25,11	1,19			25,83	24,46	24,49	5	5	7%	
15	31	27,01	1,23			26,30	27,06	25,63	11	11	13%	
16	25	27,75	1,20			28,24	27,50	28,29	-4	-4	5%	
17	26	28,51	1,18			28,96	29,46	28,69	0	0	1%	
18	21	28,39	1,12			29,69	30,16	30,69	-16	-16	23%	
19	21	28,23	1,05			29,51	30,88	31,36	-22	-22	33%	
20	34	29,99	1,09			29,28	30,62	32,06	-17	-17	22%	
						31,08	30,34	31,74				
						32,17	31,39	33,26				
									1,00	10,10	14%	MAPE

Planilha LT 30 até 60 dias. Parâmetros Ótimos
Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para L1 de 30 até 60 dias

ALFA		BETA																			
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.05	11.48	11.35	11.20	11.04	10.99	11.13	11.30	11.30	11.44	11.55	11.66	11.81	11.92	12.01	12.08	12.18	12.29	12.38	12.45	12.50	12.53
0.10	10.35	10.39	10.72	11.04	11.27	11.42	11.59	11.75	11.89	11.99	12.05	12.07	12.06	12.07	12.07	12.12	12.14	12.13	12.09	12.07	12.03
0.15	10.10	10.56	10.85	11.09	11.41	11.61	11.61	11.72	11.76	11.73	11.78	11.80	11.82	11.82	11.79	11.70	11.64	11.58	11.53	11.48	
0.20	10.20	10.67	11.02	11.33	11.50	11.56	11.56	11.67	11.80	11.87	11.90	11.90	11.88	11.86	11.83	11.81	11.79	11.79	11.79	11.80	11.82
0.25	10.42	10.80	11.19	11.47	11.67	11.83	11.83	11.98	12.06	12.11	12.14	12.16	12.18	12.20	12.24	12.29	12.35	12.43	12.52	12.69	12.90
0.30	10.99	11.06	11.53	11.81	12.00	12.20	12.20	12.33	12.42	12.50	12.57	12.65	12.74	12.84	12.97	13.19	13.45	13.74	14.04	14.37	14.72
0.35	11.92	11.50	11.93	12.17	12.41	12.61	12.61	12.77	12.90	13.03	13.18	13.33	13.59	13.90	14.24	14.60	14.98	15.38	15.81	16.26	16.74
0.40	11.39	11.95	12.35	12.60	12.86	13.09	13.09	13.29	13.49	13.70	14.04	14.40	14.79	15.20	15.64	16.11	16.59	17.10	17.71	18.38	19.07
0.45	11.88	12.42	12.83	13.10	13.35	13.55	13.63	13.89	14.27	14.68	15.10	15.56	16.04	16.56	17.19	17.86	18.56	19.29	20.04	20.82	21.64
0.50	12.41	12.92	13.35	13.66	13.91	14.29	14.74	15.20	15.68	16.24	16.88	17.56	18.27	19.02	19.79	20.59	21.44	22.35	23.37	24.44	25.56
0.55	13.03	13.48	13.91	14.35	14.78	15.23	15.74	16.34	16.99	17.70	18.46	19.28	20.14	21.04	22.05	23.12	24.24	25.38	26.56	27.76	29.00
0.60	13.74	14.25	14.74	15.25	15.80	16.41	17.08	17.81	18.60	19.45	20.35	21.30	22.31	23.45	24.63	25.84	27.08	28.35	29.68	31.07	32.50
0.65	14.49	15.08	15.67	16.28	16.98	17.68	18.47	19.33	20.25	21.23	22.26	23.37	24.60	25.86	27.15	28.51	29.84	31.20	32.57	33.94	35.34
0.70	15.25	15.94	16.62	17.34	18.12	18.97	19.89	20.87	21.91	23.01	24.18	25.48	26.81	28.27	29.75	31.26	32.79	34.32	35.85	37.38	38.90
0.75	16.04	16.81	17.59	18.42	19.31	20.28	21.31	22.41	23.56	24.77	26.13	27.62	29.14	30.69	32.26	33.84	35.43	37.01	38.59	40.15	41.70
0.80	16.83	17.69	18.57	19.50	20.51	21.58	22.72	23.92	25.20	26.61	28.16	29.74	31.34	33.00	34.69	36.40	38.14	39.84	41.51	43.16	44.80
0.85	17.62	18.58	19.55	20.58	21.68	22.86	24.11	25.49	26.93	28.45	30.07	31.72	33.38	35.22	36.90	38.75	40.57	42.37	44.12	45.83	47.60
0.90	18.41	19.46	20.52	21.65	22.84	24.18	25.59	27.06	28.59	30.16	31.84	33.53	35.19	37.11	39.01	40.88	42.72	44.60	46.77	49.51	52.77
0.95	19.19	20.32	21.47	22.73	24.08	25.51	27.01	28.56	30.16	31.80	33.46	35.19	37.11	39.25	41.24	43.44	45.87	48.08	50.43	53.93	57.77
1.00	19.97	21.20	22.49	23.84	25.28	26.79	28.37	29.99	31.64	33.37	35.32	37.28	39.25	41.24	43.44	45.87	48.08	50.43	52.43	55.93	59.57
ALFA	BETA	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.15	0.05	1.00																OK			
4219597	TIMER DEGELO 115V/60HZ-(F2001CNZ0210)	97																OK			

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$L_t = aY_t + (1-a)(L_{t-1} + bt-1)$$

$$bt = b(L_t - L_{t-1}) + (1-b)bt-1$$

$$F_{t+k} = L_t + kbt$$

215759 INTERRUPTOR DA PORTA (WH 4819 690 18108)

215759 INTERRUPTOR DA PORTA (WH 4819 690 18108)										Período de Teste									
Meses		a		b		Ft+1		Ft+2		Ft+3		Ft+4		Desvio		Desvio Absoluto		Desvio Percentual	
t	Yt	Lt	0,35	bt	0,05									Dv	Dv	DvAbs	DvPerc		
1	270	270,00		4,67															
2	120	220,53		1,96		274,67													
3	260	235,62		2,62		222,49	279,33												
4	284	254,25		3,42		238,24	224,45	284,00											
5	245	253,24		3,20		257,67	240,85	226,41	288,67	-218									
6	290	268,18		3,78		256,43	261,09	243,47	228,37	96									
7	230	257,28		3,05		271,96	259,63	264,51	246,09	-18									
8	250	256,71		2,87		260,32	275,75	262,82	267,92	-9	-9							9	1%
9	165	226,48		1,21		259,58	263,37	279,53	266,02	-182	-182							182	19%
10	160	204,00		0,03		227,69	262,45	266,42	283,31	-215	-215							215	27%
11	267	226,07		1,13		204,03	228,90	265,31	269,47	-195	-195							195	23%
12	160	203,68		-0,05		227,20	204,05	230,11	268,18	-100	-100							100	13%
13	180	195,36		-0,46		203,63	228,33	204,08	231,33	-5	-5							5	1%
14	190	193,19		-0,55		194,90	203,59	229,46	204,11	-155	-155							155	19%
15	265	217,97		0,72		192,64	194,44	203,54	230,59	24	24							24	3%
16	210	215,65		0,57		218,69	192,10	193,98	203,50	82	82							82	10%
17	276	237,14		1,62		216,22	219,41	191,55	193,52	175	175							175	19%
18	325	268,94		3,12		238,76	216,79	220,13	191,01	153	153							153	14%
19	240	260,84		2,56		272,07	240,37	217,35	220,85	191	191							191	18%
20	165	228,96		0,84		263,41	275,19	241,99	217,92	9	9							9	1%
						229,81	265,97	278,32	243,60										
							230,65	268,53	281,44	Tracking									
								231,49	271,10	OK									
										-17,58	ME							114,95	MAE
																		13%	MAPE

Planilha LT 60 até 90 dias. Parâmetros Ótimos

Planilha LT 60 até 90 dias. Parâmetros Ótimos

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para LT 60 a 90 dias

BETA

ALFA	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
0,05	189,08	171,55	161,16	154,04	154,41	154,30	153,76	152,84	152,95	154,02	154,62	154,81	154,62	155,49	156,27	156,67	156,72	156,69	156,87	156,81
0,10	146,38	142,91	141,81	142,85	144,05	144,45	146,28	147,39	148,40	148,66	148,35	147,63	147,03	146,78	146,31	145,71	145,06	144,43	143,87	143,41
0,15	133,14	133,64	135,46	137,66	140,17	141,79	142,23	142,73	143,33	143,46	143,33	143,13	142,98	142,95	143,11	143,48	144,07	144,86	145,98	148,91
0,20	125,77	128,22	131,88	135,17	137,04	139,27	140,42	140,95	141,20	141,40	141,66	142,07	143,57	146,65	149,86	153,18	156,54	159,89	163,14	166,23
0,25	121,21	125,45	129,35	133,85	136,50	137,88	138,58	138,98	139,53	142,59	145,74	148,93	152,11	155,19	158,07	160,66	162,87	164,91	167,73	170,01
0,30	117,43	122,65	129,37	133,00	134,85	135,71	137,68	140,80	143,87	146,84	149,63	152,16	154,30	155,94	157,01	157,77	160,57	162,84	164,79	167,48
0,35	114,95	123,03	128,53	131,26	133,53	136,05	139,88	142,68	145,18	147,31	148,94	151,36	153,34	154,81	156,38	158,56	161,10	163,14	167,46	171,04
0,40	115,23	122,50	127,13	131,34	134,78	137,71	140,21	143,18	146,17	148,72	150,77	153,17	155,77	158,01	159,88	162,86	166,86	170,40	173,53	176,26
0,45	117,17	123,12	128,20	132,01	135,11	139,19	142,68	145,64	148,20	151,47	154,41	157,00	159,23	162,60	166,92	170,79	174,25	177,33	180,08	182,57
0,50	118,71	124,07	128,72	133,43	138,01	141,79	145,06	148,75	152,13	155,17	157,87	160,91	165,75	170,14	174,11	177,68	180,92	183,88	186,61	189,17
0,55	119,95	125,06	130,79	136,25	140,58	144,85	148,76	152,33	155,96	158,44	163,21	166,26	172,88	177,08	180,92	184,44	187,70	190,76	193,65	196,41
0,60	120,98	127,41	133,96	139,34	144,04	148,28	152,12	155,59	159,10	164,91	170,29	175,24	179,80	184,00	187,89	191,54	194,99	198,29	201,46	204,56
0,65	122,01	130,65	137,19	142,59	147,29	151,50	155,29	159,84	166,06	171,87	177,25	182,25	186,90	191,25	195,37	199,30	203,09	206,78	210,42	214,63
0,70	125,16	133,76	140,31	145,73	150,44	154,54	159,97	166,67	172,97	178,87	184,39	189,57	194,46	199,13	203,62	208,00	212,31	216,60	223,44	230,59
0,75	128,23	136,81	143,39	148,84	153,59	159,44	166,68	173,54	180,02	186,13	191,91	197,41	202,69	207,82	212,86	217,86	223,93	231,71	239,48	247,24
0,80	131,26	139,86	146,49	152,01	156,22	160,03	173,50	180,61	187,37	193,80	199,97	205,93	211,75	217,49	223,23	231,10	240,70	251,94	263,73	276,07
0,85	134,33	143,53	150,44	156,81	164,80	172,77	180,55	188,00	195,14	202,01	208,69	215,23	222,20	230,73	242,07	253,98	266,47	279,56	293,24	307,51
0,90	138,13	147,67	155,23	164,30	172,89	181,13	189,13	197,01	204,89	212,90	221,18	229,83	240,43	252,89	265,96	279,65	293,98	308,94	324,53	340,73
0,95	142,36	152,27	162,54	172,23	181,52	190,54	199,42	208,29	217,27	226,50	236,09	246,75	262,29	276,47	291,32	306,84	323,02	339,87	357,37	375,51
1,00	147,57	159,29	170,20	180,59	190,65	200,52	210,35	220,26	230,39	241,63	255,57	270,14	285,39	301,34	317,99	335,35	353,41	372,16	391,57	411,62

ALFA BETA MAE MAPE 115 13% 924 -17,58 Média Desvio Padrão 142,96 OK

215759 INTERRUPTOR DA PORTA (WH 4819 690 18108)

Tendência: siget

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$Lt = aYt + (1-a)(Lt-1 + bt-1)$$

$$bt = b(Lt - Lt-1) + (1 - b)bt-1$$

$$Ft+k = Lt + kbt$$

4318501 QUEIMADOR GIGANTE

						Período de Teste			
Semanas t	Yt	a	b	Ft+1	Ft+2	Desvio	Desvio	Desvio	Desvio
		0,10 Lt	0,90 bt			Dv	Dv	Absoluto DvAbs	Percentual DvPerc
42	250	250,0	25,00						
43	340	281,5	30,85	275,00					
44	255	306,6	25,69	312,35	300,00	20			
45	325	331,6	25,03	332,30	343,20	-76			
46	410	361,9	29,84	356,60	357,99	45			
47	275	380,1	19,33	391,78	381,64	-53			
48	325	392,0	12,63	399,43	421,62	-213			
49	535	417,7	24,36	404,61	418,76	42	42	42	5%
50	430	440,8	23,28	442,02	417,24	143	143	143	15%
51	420	459,7	19,31	464,10	466,38	-58	-58	58	7%
52	315	462,6	4,55	479,00	487,38	-216	-216	216	29%
1	325	452,9	-8,24	467,15	498,31	-337	-337	337	53%
2	425	442,7	-10,01	444,70	471,70	-189	-189	189	25%
3	445	433,9	-8,91	432,71	436,45	-11	-11	11	1%
4	365	419,0	-14,31	425,03	422,70	-45	-45	45	6%
5	355	399,7	-18,79	404,72	416,13	-121	-121	121	17%
6	440	386,9	-13,47	380,96	390,41	0	0	0	0%
7	305	366,6	-19,63	373,39	362,18	2	2	2	0%
8	380	350,2	-16,65	346,93	359,92	-48	-48	48	7%
9	285	328,7	-21,02	333,58	327,30	-9	-9	9	1%
10	385	315,4	-14,07	307,70	316,93	19	19	19	3%
11	395	310,7	-5,64	301,37	286,68	186	186	186	24%
12	365	311,1	-0,25	305,09	287,30	171	171	171	23%
13	240	303,7	-6,62	310,83	299,45	0	0	0	0%
14	380	305,4	0,84	297,13	310,59	-1	-1	1	0%
15	195	295,1	-9,18	306,25	290,50	-13	-13	13	2%
16	380	295,4	-0,71	285,95	307,09	-38	-38	38	7%
17	160	281,2	-12,83	294,64	276,77	-23	-23	23	4%
18	180	259,5	-20,78	268,35	293,93	-249	-249	249	73%
19	265	241,4	-18,42	238,73	255,52	-79	-79	79	18%
20	315	232,1	-10,13	222,94	217,95	123	123	123	21%
21	500	249,8	14,89	222,02	204,53	388	388	388	48%
22	105	248,7	0,51	264,70	211,88	171	171	171	28%
23	470	271,3	20,38	249,25	279,59	31	31	31	5%
24	240	286,5	15,73	291,70	249,76	211	211	211	30%
25	280	300,0	13,72	302,26	312,08	-84	-84	84	16%
26	260	308,4	8,89	313,76	317,99	-80	-80	80	15%
27	410	326,5	17,23	317,27	327,48	29	29	29	4%
28	400	349,4	22,29	343,78	326,16	167	167	167	21%
29	290	363,5	14,94	371,69	361,01	-15	-15	15	2%
30	470	387,6	23,18	378,46	393,98	-6	-6	6	1%
31	300	399,7	13,21	410,79	393,40	-2	-2	2	0%
32	500	421,6	21,04	412,92	433,97	-45	-45	45	6%
33	300	428,4	8,20	442,67	426,13	-39	-39	39	5%
34	460	438,9	10,31	436,61	463,72	-146	-146	146	19%
35	535	457,8	18,03	449,26	444,81	114	114	114	11%
36	240	452,3	-3,20	475,86	459,57	-134	-134	134	17%
37	110	415,2	-33,72	449,07	493,88	-620	-620	620	177%
38	440	387,3	-28,45	381,45	445,87	-345	-345	345	63%
39	410	364,0	-23,84	358,85	347,73	121	121	121	14%
40	285	334,6	-28,81	340,12	330,40	6	6	6	1%
41	180	293,2	-40,13	305,80	316,28				
				253,10	277,00	Tracking OK	-23,44 ME	110,84 MAE	19% MAPE
					212,97				

Planilha LT até 7 dias. Parâmetros Ótimos

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para LT até 7dias

BETA		ALFA																			
ALFA	BETA	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
		459.33	327.41	299.47	291.91	284.65	278.29	270.39	263.29	253.01	240.58	229.48	218.12	208.20	198.84	189.86	181.99	174.86	168.15	161.19	154.16
0.05	0.05	254.14	223.49	215.20	208.60	194.01	177.95	164.86	153.94	142.93	134.08	129.06	124.57	120.44	116.99	114.09	112.09	110.99	110.84	112.71	114.97
0.10	0.10	200.00	184.17	171.54	157.61	146.14	135.75	127.75	122.46	118.22	114.90	113.42	113.86	115.75	117.70	119.92	122.45	124.60	126.37	128.31	130.47
0.15	0.15	175.69	159.90	146.99	137.64	129.42	123.18	119.14	117.69	116.23	120.05	122.49	125.24	128.20	130.99	133.62	136.16	139.12	141.96	145.10	148.47
0.20	0.20	160.99	147.72	136.05	130.26	125.95	124.12	123.55	125.19	126.08	130.98	134.20	137.60	141.00	144.26	147.75	151.62	155.39	158.99	162.38	165.71
0.25	0.25	153.00	142.14	135.28	131.19	129.49	126.21	131.75	135.08	138.64	142.20	145.72	149.42	153.29	157.21	161.24	165.12	168.82	172.29	175.60	178.91
0.30	0.30	148.57	141.49	136.55	134.70	134.54	137.18	141.08	145.01	148.93	152.85	156.89	161.11	165.15	169.08	172.87	176.51	179.99	183.29	186.81	190.74
0.35	0.35	148.03	142.19	139.68	139.36	141.80	145.67	149.94	154.18	158.36	162.54	166.52	170.98	175.09	179.09	183.32	187.41	191.83	196.22	201.12	206.35
0.40	0.40	148.92	144.45	143.61	145.63	149.03	153.62	158.29	162.89	167.42	171.84	176.45	181.17	185.79	190.55	195.46	201.14	206.95	212.87	218.97	225.79
0.45	0.45	148.92	144.45	143.61	145.63	149.03	153.62	158.29	162.89	167.42	171.84	176.45	181.17	185.79	190.55	195.46	201.14	206.95	212.87	218.97	225.79
0.50	0.50	150.99	147.68	148.97	152.10	156.67	161.73	166.70	171.69	177.04	182.28	187.45	192.75	198.68	204.83	211.09	217.28	223.69	230.60	237.47	244.13
0.55	0.55	153.90	152.25	154.69	158.67	164.15	169.63	175.54	181.51	187.36	193.10	199.36	205.96	212.57	219.13	225.92	233.11	240.71	248.18	255.47	262.57
0.60	0.60	155.71	157.12	160.74	165.61	171.93	178.55	185.07	191.42	198.02	204.67	211.70	218.65	226.18	234.34	242.39	250.29	258.01	265.94	274.19	283.61
0.65	0.65	160.94	162.62	166.90	173.12	180.44	187.53	194.46	201.88	209.19	216.77	224.78	233.26	241.72	250.23	259.65	269.43	279.49	289.94	300.48	311.10
0.70	0.70	165.91	168.90	174.32	181.34	188.87	196.81	204.64	213.01	221.63	231.17	240.95	251.02	261.40	271.98	283.06	294.27	305.60	317.04	328.57	340.18
0.75	0.75	171.99	176.31	183.37	191.20	199.31	208.39	218.00	228.22	238.73	249.48	260.45	271.84	283.60	295.53	307.61	319.83	332.17	344.62	357.17	369.81
0.80	0.80	179.39	184.01	192.87	202.38	212.63	223.19	234.09	245.29	256.77	268.81	281.18	293.77	306.56	319.53	332.65	345.91	359.30	372.80	386.41	400.12
0.85	0.85	187.10	194.13	204.95	215.87	227.08	238.63	250.52	263.06	275.94	289.11	302.53	316.19	330.05	344.09	358.30	372.66	387.16	401.81	416.58	431.49
0.90	0.90	196.20	206.39	217.78	229.66	241.99	254.81	268.06	281.68	295.64	309.90	324.43	339.20	354.19	369.39	384.78	400.35	416.11	432.06	448.21	464.56
0.95	0.95	207.42	219.04	231.45	244.37	257.80	271.72	286.07	300.81	315.90	331.32	347.02	363.00	379.24	395.72	412.45	429.44	446.70	464.64	484.19	504.25
1.00	1.00	215.24	232.03	245.50	259.51	274.06	289.12	304.63	320.56	336.87	353.54	370.54	387.87	405.53	423.51	441.85	461.64	482.45	503.89	526.00	549.32
ALFA		BETA	MAE	MAPE	Previsão	Mediana	Desvio Padrão	Tendência Segura													
0.1	0.9		111	19%	468	-23.44	167.56	OK													

4318501 QUEIMADOR GIGANTE

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$Lt = aYt + (1-a)(Lt-1 + bt-1)$$

$$bt = b(Lt - Lt-1) + (1 - b)bt-1$$

$$Ft+k = Lt + kbt$$

4260244 CONJUNTO SUPORTE ROLAMENTO

							Período de Teste			
Semanas t	Yt	a	b	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Desvio	Desvio	Desvio	Desvio
		0,05 Lt	0,05 bt				Dv	Dv	Absoluto DvAbs	Percentual DvPerc
42,00	17	17,00	0,67							
43,00	6	17,08	0,64	17,67						
44,00	13	17,48	0,63	17,72	18,33					
45,00	19	18,15	0,63	18,11	18,36	19,00	-17			
46,00	7	18,19	0,60	18,78	18,74	19,00	-16			
47,00	6	18,15	0,57	18,79	19,41	19,36	-24			
48,00	15	18,53	0,56	18,72	19,39	20,04	-30			
49,00	7	18,49	0,53	19,09	19,29	19,99	-30			
50,00	44	20,26	0,59	19,01	19,65	19,85	8	8	8	12%
51,00	10	20,31	0,56	20,85	19,54	20,20	2	2	2	3%
52,00	11	20,38	0,54	20,87	21,44	20,07	6	6	6	10%
1,00	13	20,52	0,52	20,92	21,43	22,03	-30	-30	30	89%
2,00	21	21,04	0,52	21,04	21,45	22,00	-19	-19	19	43%
3,00	12	21,08	0,49	21,55	21,56	21,99	-18	-18	18	40%
4,00	12	21,09	0,47	21,57	22,07	22,07	-20	-20	20	44%
5,00	30	21,98	0,49	21,56	22,06	22,59	-12	-12	12	23%
6,00	25	22,60	0,50	22,47	22,03	22,56	1	1	1	1%
7,00	44	24,14	0,55	23,10	22,96	22,50	33	33	33	33%
8,00	23	24,61	0,55	24,69	23,59	23,46	23	23	23	25%
9,00	0	23,90	0,48	25,15	25,24	24,09	-4	-4	4	6%
10,00	10	23,66	0,45	24,38	25,70	25,79	-43	-43	43	129%
11,00	40	24,90	0,49	24,11	24,86	26,24	-27	-27	27	54%
12,00	27	25,47	0,49	25,39	24,55	25,34	2	2	2	3%
13,00	7	25,01	0,44	25,96	25,87	25,00	0	0	0	0%
14,00	49	26,63	0,50	25,45	26,45	26,36	5	5	5	6%
15,00	33	27,43	0,52	27,13	25,90	26,94	10	10	10	11%
16,00	41	28,59	0,55	27,94	27,63	26,34	45	45	45	37%
17,00	21	28,74	0,53	29,14	28,46	28,14	12	12	12	13%
18,00	18	28,70	0,50	29,27	29,69	28,97	-5	-5	5	7%
19,00	37	29,59	0,52	29,20	29,79	30,24	-13	-13	13	17%
20,00	42	30,71	0,55	30,11	29,70	30,32	8	8	8	8%
21,00	54	32,39	0,61	31,26	30,63	30,20	44	44	44	33%
22,00	14	32,05	0,56	33,00	31,81	31,15	18	18	18	16%
23,00	28	32,38	0,55	32,61	33,61	32,36	1	1	1	1%
24,00	31	32,83	0,54	32,93	33,17	34,21	-28	-28	28	38%
25,00	37	33,55	0,55	33,37	33,47	33,73	-4	-4	4	4%
26,00	46	34,70	0,58	34,11	33,92	34,02	14	14	14	12%
27,00	54	36,22	0,63	35,28	34,66	34,46	35	35	35	26%
28,00	52	37,60	0,67	36,85	35,86	35,21	48	48	48	32%
29,00	39	38,31	0,67	38,27	37,48	36,45	37	37	37	26%
30,00	25	38,28	0,63	38,98	38,94	38,10	4	4	4	3%
31,00	28	38,36	0,61	38,91	39,64	39,60	-25	-25	25	27%
32,00	53	39,67	0,64	38,97	39,54	40,31	-13	-13	13	12%
33,00	54	41,00	0,68	40,31	39,58	40,18	16	16	16	12%
34,00	61	42,64	0,72	41,67	40,95	40,18	49	49	49	29%
35,00	59	44,14	0,76	43,36	42,35	41,59	51	51	51	29%
36,00	33	44,31	0,73	44,91	44,09	43,02	26	26	26	17%
37,00	20	43,79	0,67	45,04	45,67	44,81	-20	-20	20	18%
38,00	54	44,94	0,69	44,46	45,78	46,43	-30	-30	30	28%
39,00	54	46,05	0,71	45,63	45,13	46,51	-9	-9	9	7%
40,00	12	45,03	0,63	46,77	46,33	45,80	-15	-15	15	13%
41,00	37	45,22	0,61	45,66	47,48	47,02	-36	-36	36	35%
				45,83	46,28	48,20				
					46,44	46,91	Tracking	2,90	19,80	23%
						47,04	OK	ME	MAE	MAPE

Planilha LT > 7 até 14 dias. Parâmetros Ótimos

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para LT de 7 até 14 dias

BETA																							
ALFA	BETA	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00		
0,05	19,80	20,82	21,71	22,25	22,50	22,59	22,69	22,69	22,66	22,60	22,43	22,32	22,22	22,17	22,16	22,28	22,41	22,52	22,61	22,79	23,18		
0,10	21,58	22,36	22,70	22,86	22,86	22,92	23,00	23,00	23,16	23,32	23,43	23,47	23,57	23,64	23,67	23,87	24,03	24,14	24,31	24,57	24,78		
0,15	22,03	23,47	23,76	24,01	24,26	24,33	24,43	24,43	24,69	24,85	24,90	24,99	25,07	25,14	25,17	25,47	25,63	25,73	25,89	26,27	26,78		
0,20	22,14	24,71	25,19	25,63	26,10	26,35	26,51	26,51	26,88	27,04	27,09	27,17	27,24	27,31	27,34	27,79	27,95	28,05	28,21	28,69	29,30		
0,25	23,31	26,05	26,70	27,41	28,20	28,65	29,11	29,11	31,18	32,37	33,58	34,61	35,04	35,29	35,55	36,88	37,29	37,53	37,85	38,92	40,00		
0,30	26,52	27,40	28,28	29,28	30,48	31,71	33,05	34,44	35,88	37,36	38,86	40,40	41,90	43,35	44,76	46,20	47,02	47,67	48,12	49,61	51,15		
0,35	27,71	28,87	29,13	30,47	31,97	33,40	34,90	36,44	38,02	39,64	41,30	43,00	44,74	46,51	48,29	50,09	51,81	53,54	55,28	57,03	58,79		
0,40	29,13	30,47	31,83	33,47	35,09	36,71	38,51	40,27	42,07	43,90	45,77	47,66	49,57	51,48	53,37	55,26	57,14	59,01	60,88	62,74	64,59		
0,45	30,45	31,92	33,56	35,26	37,03	38,89	40,84	42,83	44,89	46,98	49,12	51,45	53,87	56,32	58,63	60,92	63,19	65,46	67,73	69,98	72,23		
0,50	31,71	33,38	35,17	37,05	39,02	41,05	43,13	45,31	47,55	49,82	52,19	54,78	57,51	60,34	63,29	66,22	69,05	71,76	74,32	76,88	79,43		
0,55	33,16	35,08	37,02	39,04	41,17	43,35	45,58	47,82	50,11	52,44	54,78	57,13	59,48	61,79	64,05	66,32	68,59	70,85	73,11	75,36	77,60		
0,60	34,62	36,69	38,84	41,06	43,33	45,65	47,98	50,31	52,63	54,95	57,26	59,56	61,83	64,08	66,32	68,55	70,77	72,98	75,18	77,36	79,52		
0,65	35,96	38,23	40,52	42,97	45,49	48,06	50,61	53,14	55,65	58,13	60,59	63,02	65,42	67,79	70,13	72,44	74,72	76,98	79,22	81,44	83,64		
0,70	37,32	39,76	42,28	44,85	47,47	50,08	52,62	55,18	57,73	60,25	62,73	65,18	67,60	69,99	72,35	74,68	76,98	79,25	81,50	83,73	85,93		
0,75	38,66	41,22	43,84	46,51	49,22	51,88	54,52	57,10	59,65	62,17	64,65	67,09	69,49	71,85	74,18	76,48	78,75	81,00	83,23	85,44	87,62		
0,80	39,67	42,22	44,93	47,64	50,38	53,06	55,70	58,30	60,88	63,43	65,94	68,41	70,84	73,24	75,61	77,95	80,26	82,54	84,79	87,01	89,20		
0,85	40,93	43,65	46,45	49,21	51,92	54,58	57,20	59,79	62,35	64,88	67,37	69,82	72,24	74,63	76,99	79,32	81,62	83,89	86,13	88,34	90,52		
0,90	42,06	44,99	48,17	51,37	54,56	57,68	60,77	63,82	66,84	69,82	72,77	75,69	78,58	81,44	84,27	87,07	89,84	92,58	95,29	97,97	100,62		
0,95	43,33	46,45	49,67	52,91	56,10	59,25	62,36	65,43	68,46	71,45	74,40	77,32	80,21	83,07	85,90	88,70	91,47	94,21	96,92	99,60	102,25		
1,00	44,59	47,87	51,17	54,62	58,07	61,48	64,85	68,18	71,47	74,72	77,93	81,10	84,24	87,35	90,43	93,48	96,50	99,49	102,45	105,38	108,28		
ALFA	BETA															Média		Desvio Padrão		Tracking Index			
0,05	0,05															2,90		24,86		OK			

230244 CONJUNTO SUPORTE ROLAMENTO

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Tendência com suavização exponencial

$$L_t = aY_t + (1-a)(L_{t-1} + b \cdot t - 1)$$

$$b \cdot t = b(L_t - L_{t-1}) + (1 - b)b \cdot t - 1$$

$$F_{t+k} = L_t + k \cdot b$$

326012775 CJ MECANISMO

semanas t		a		b							Período de teste			
		0,05	0,60			Ft+1	Ft+2	Ft+3	Ft+4	Ft+5	Desvio Dv	Desvio Dv	Desvio Absoluto DvAbs	Desvio Percentual DvPerc
42	685	685	102											
43	1655	830,4	128,04		787									
44	1112	966,118	132,6468		958,44	889								
45	991	1093,377	129,4139		1098,765	1086,48	991							
46	573	1190,301	109,9201		1222,79	1231,412	1214,52	1093						
47	558	1263,11	87,65351		1300,221	1352,204	1364,058	1342,56	1195	-66				
48	623	1314,375	65,82061		1350,763	1410,141	1481,618	1496,705	1470,6	-2216				
49	697	1346,036	45,32473		1380,196	1438,417	1520,061	1611,032	1629,352	-3378				
50	1058	1374,693	35,3239		1391,361	1446,017	1526,071	1629,981	1740,446	-3899				
51	897	1384,366	19,9334		1410,017	1436,686	1511,837	1613,724	1739,902	-3767				
52	655	1366,834	-2,54558		1404,299	1445,341	1482,01	1577,658	1701,378	-3700	-3700	3700	94%	
1	1091	1350,624	-10,7442		1364,289	1424,233	1480,665	1527,335	1643,478	-3161	-3161	3161	72%	
2	1932	1369,486	7,019358		1339,88	1361,743	1444,166	1515,988	1572,66	-1777	-1777	1777	32%	
3	963	1355,83	-5,3858		1376,505	1329,136	1359,198	1464,099	1551,312	-1865	-1865	1865	34%	
4	1314	1348,622	-6,47913		1350,444	1383,525	1318,392	1356,652	1484,033	-1266	-1266	1266	21%	
5	833	1316,686	-21,7534		1342,143	1345,059	1390,544	1307,647	1354,106	-663	-663	663	11%	
6	1012	1280,786	-30,2414		1294,932	1335,664	1339,673	1397,564	1296,903	-538	-538	538	9%	
7	1838	1279,917	-12,6177		1250,544	1273,179	1329,185	1334,287	1404,583	-993	-993	993	17%	
8	1838	1295,834	4,503287		1267,299	1220,303	1251,426	1322,706	1328,901	137	137	137	2%	
9	1838	1327,221	20,63315		1300,338	1254,682	1190,062	1229,672	1316,226	713	713	713	10%	
10	1235	1342,211	17,24753		1347,854	1304,841	1242,064	1159,82	1207,919	1504	1504	1504	19%	
11	1033	1343,136	7,453767		1359,459	1368,487	1309,344	1229,446	1129,579	1832	1832	1832	24%	
12	1309	1348,51	6,206076		1350,59	1376,706	1389,12	1313,848	1216,829	1043	1043	1043	14%	
13	801	1327,03	-10,4054		1354,716	1358,043	1393,954	1409,753	1318,351	-331	-331	331	5%	
14	791	1290,344	-26,1742		1316,625	1360,922	1365,497	1411,201	1430,387	-1777	-1777	1777	34%	
15	516	1226,761	-48,6193		1264,17	1306,22	1367,128	1372,951	1428,449	-2520	-2520	2520	57%	
16	2727	1255,585	-2,15351		1178,142	1237,995	1295,814	1373,335	1380,405	-683	-683	683	11%	
17	504	1215,96	-24,6364		1253,431	1129,523	1211,821	1285,409	1379,541	-1497	-1497	1497	28%	
18	1008	1182,157	-30,1361		1191,323	1251,278	1080,903	1185,647	1275,003	-933	-933	933	17%	
19	1236	1156,22	-27,6168		1152,021	1166,687	1249,124	1032,284	1159,473	-68	-68	68	1%	
20	1285	1136,423	-22,9249		1128,603	1121,885	1142,05	1246,971	983,6649	1355	1355	1355	20%	
21	1292	1122,423	-17,5698		1113,498	1100,986	1091,749	1117,414	1244,817	-921	-921	921	17%	
22	1838	1141,511	4,424584		1104,853	1090,573	1073,37	1061,613	1092,777	949	949	949	14%	
23	784	1127,839	-6,43348		1145,935	1087,284	1067,648	1045,753	1031,476	976	976	976	15%	
24	1314	1131,035	-0,65563		1121,405	1150,36	1069,714	1044,724	1018,136	1146	1146	1146	18%	
25	521	1099,91	-18,937		1130,379	1114,972	1154,784	1052,144	1021,799	411	411	411	7%	
26	815	1067,675	-26,9162		1080,973	1129,724	1108,538	1159,209	1034,574	-77	-77	77	1%	
27	913	1034,37	-30,749		1040,758	1062,036	1129,068	1102,105	1163,634	-1427	-1427	1427	33%	
28	1035	1005,19	-29,8076		1003,621	1013,842	1043,099	1128,412	1095,671	-945	-945	945	21%	
29	1035	978,3637	-28,0191		975,3828	972,8725	986,926	1024,162	1127,757	-1326	-1326	1326	31%	
30	2684	1037,027	23,99058		950,3446	945,5752	942,1236	960,0098	1005,225	1267	1267	1267	20%	
31	337	1024,817	2,270043		1061,018	922,3255	915,7676	911,3746	933,0936	1069	1069	1069	18%	
32	494	1000,433	-13,7226		1027,087	1085,009	894,3064	885,96	880,6257	874	874	874	16%	
33	591	966,9247	-25,5939		986,7102	1029,357	1108,999	866,2674	856,1524	562	562	562	11%	
34	715	930,0142	-32,3838		941,3308	972,9876	1031,627	1132,99	838,2683	349	349	349	7%	
35	1838	944,6489	-4,17271		897,6305	915,7369	959,265	1033,897	1156,98	-1570	-1570	1570	39%	
36	618	924,3524	-13,847		940,4762	865,2467	890,143	945,5425	1036,167	-902	-902	902	21%	
37	253	877,6301	-33,5722		910,5054	936,3035	832,8629	864,5492	931,8199	-781	-781	781	19%	
38	1201	861,9051	-22,8639		844,058	896,6584	932,1308	800,4791	838,9553	174	174	174	4%	
39	1984	896,2891	11,48486		839,0412	810,4858	882,8114	927,9581	768,0953	1730	1730	1730	29%	
40	673	896,0353	4,441645		907,774	816,1773	776,9137	868,9644	923,7854	68	68	68	1%	
41	335	872,2031	-12,5227		900,4769	919,2588	793,3134	743,3415	855,1174	32	32	32	1%	
					859,6804	904,9186	930,7437	770,4495	709,7693					
						847,1578	909,3602	942,2286	747,5856	Tracking	-322,12	1093,14	21%	
						834,6351	913,8019	953,7134		OK	ME	MAE	MAPE	
							822,1124	918,2435						
								809,5898						

Planilha LT >21 até 28 dias. Parâmetros Ótimos

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

Tabela de OTIMIZAÇÃO DO MAE para LT de 21 a 30

BETA		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
ALFA		0,05	5131,37	3559,14	2560,46	2038,63	1752,26	1509,35	1357,00	1189,33	1140,98	1107,56	1093,14	1095,22	1103,97	1130,00	1169,24	1218,22	1267,23	1311,55	1354,65
0,10		2900,52	1767,53	1377,06	1236,79	1170,78	1150,91	1181,57	1229,67	1295,58	1383,06	1478,88	1576,28	1678,95	1778,73	1863,25	1929,68	1999,98	2091,11	2199,76	2308,04
0,15		2039,16	1344,54	1209,59	1196,56	1250,00	1326,21	1414,45	1536,17	1650,64	1755,65	1858,24	1944,58	2032,01	2113,43	2193,91	2298,53	2394,33	2520,44	2662,82	2786,07
0,20		1623,25	1269,96	1234,98	1313,41	1424,83	1542,43	1657,41	1767,39	1865,43	1952,65	2099,55	2198,27	2331,37	2484,13	2583,44	2684,20	2777,05	2884,90	2974,26	3054,15
0,25		1481,81	1288,02	1345,32	1469,52	1597,54	1716,89	1823,06	1954,97	2087,41	2242,73	2377,49	2498,18	2610,08	2714,84	2827,17	2932,32	3029,75	3141,60	3272,89	3395,04
0,30		1431,15	1389,50	1465,07	1597,93	1720,76	1870,64	2029,10	2184,21	2327,84	2464,91	2593,07	2706,73	2828,25	2942,13	3053,77	3198,07	3340,77	3478,32	3622,56	3768,60
0,35		1441,49	1459,19	1572,38	1709,89	1880,04	2047,90	2206,04	2362,58	2509,67	2639,16	2776,20	2905,14	3033,51	3190,03	3353,88	3514,23	3670,26	3835,11	3993,62	4150,20
0,40		1492,32	1542,37	1677,84	1856,26	2032,68	2202,68	2376,43	2533,24	2690,75	2842,62	2983,81	3143,74	3311,00	3472,54	3642,69	3818,51	3990,05	4192,33	4411,86	4637,28
0,45		1546,08	1626,41	1801,22	1984,64	2167,44	2353,10	2532,84	2705,56	2875,86	3040,96	3207,81	3383,49	3560,15	3743,30	3932,71	4154,29	4370,20	4588,43	4800,11	5006,71
0,50		1600,88	1717,87	1907,40	2097,32	2298,01	2486,86	2682,30	2874,13	3053,48	3222,64	3395,39	3581,09	3781,73	4008,30	4231,23	4443,91	4647,81	4861,28	5073,43	5274,78
0,55		1663,49	1805,33	1999,06	2212,29	2426,08	2629,37	2832,46	3023,33	3204,06	3374,67	3557,78	3755,02	4012,04	4234,31	4464,90	4686,33	4900,14	5109,56	5338,54	5564,25
0,60		1721,84	1884,50	2085,30	2323,32	2542,78	2748,22	2954,16	3146,04	3329,38	3502,26	3780,13	4023,09	4260,00	4490,58	4714,44	4935,30	5171,08	5399,29	5611,87	5817,92
0,65		1785,29	1963,32	2196,84	2427,94	2645,15	2850,13	3061,39	3266,78	3519,99	3761,96	4007,40	4250,43	4488,29	4715,39	4957,44	5185,92	5400,64	5613,39	5837,75	6050,64
0,70		1848,12	2053,37	2299,96	2538,88	2766,23	2992,61	3219,84	3423,40	3682,49	3941,44	4199,41	4468,72	4750,80	5020,21	5298,21	5540,18	5872,83	6148,20	6418,10	6685,90
0,75		1917,60	2168,76	2428,27	2682,56	2930,14	3172,69	3423,40	3682,49	3941,44	4199,41	4468,72	4750,80	5020,21	5298,21	5540,18	5872,83	6148,20	6418,10	6685,90	6954,20
0,80		2008,41	2283,82	2567,92	2836,54	3096,77	3354,26	3619,68	3888,21	4154,51	4419,41	4688,72	4971,09	5267,44	5561,13	5860,45	6161,60	6459,16	6760,57	7068,74	7370,44
0,85		2111,31	2409,98	2706,67	2987,70	3260,10	3541,47	3821,11	4098,21	4377,18	4673,20	4971,09	5267,44	5561,13	5860,45	6161,60	6459,16	6760,57	7068,74	7370,44	7686,90
0,90		2217,89	2538,40	2843,99	3139,30	3433,70	3727,86	4019,33	4313,50	4630,29	4945,07	5257,46	5567,16	5876,60	6192,85	6505,53	6814,48	7120,35	7433,09	7749,50	8082,90
0,95		2341,06	2669,58	2986,36	3296,23	3605,92	3914,70	4224,92	4554,68	4895,70	5214,38	5540,39	5863,53	6189,78	6517,68	6841,78	7167,75	7498,44	7831,83	8199,18	8623,12
1,00		2464,68	2802,44	3132,35	3458,26	3784,10	4110,40	4448,50	4795,38	5140,74	5484,79	5827,87	6170,40	6517,06	6868,29	7219,28	7587,04	8008,15	8451,25	8911,33	9428,45
ALFA	BETA	MAE	MAPE	Previsão	Média	Desvio Padrão	OK														
0,05	0,6	1093	21%	4,173	(322,12)	1,318,64	OK														

Programação A e B - Modelo Ativo (SES)

Nível de atendimento 95%

Cód. Item	Descrição Item	ABC	PR (dias)	LT (dias)	ALFA	MAE	MAPE	Previsão do 1º período a frente			Erro de Previsão			Tracking signal	Previsão + EstSeg	EstSeg	Esfis + Pand	Pedido de Compra
								Media	Desvio Padrão	Media	Desvio Padrão	Media	Desvio Padrão					
000013165	ACIONADOR INTERRUPTOR LUZ	A	30	30	0,15	677	29%	1135	348	843	348	843	348	VERIFICAR	4535	1959	5450	0
000103726	GAVETA LEQUES	A	30	30	0,05	265	29%	148	-15	356	OK	OK	OK	OK	412	399	2311	0
000000033	CJ TERMOSTATO CIPROTEIOT	B	30	30	0,11	72	29%	148	-34	79	OK	OK	OK	OK	348	410	1055	116
000201799	RESISTENCIA 30W 12TV	B	30	30	0,05	75	29%	64	-12	104	OK	OK	OK	OK	1171	1055	1055	0
000432199	CORREIA 604Z (VH 4812 358 18154)	A	30	30	0,11	175	29%	265	69	215	OK	OK	OK	OK	604	1202	1202	0
000000580	PAINEL INFERIOR BRS42/34 BEGE	A	30	30	0,05	137	29%	231	-54	142	OK	OK	OK	OK	640	1564	1564	0
000002334	CJ VARA SUSPENSÃO PINTADA	B	30	30	0,05	112	29%	218	-54	134	OK	OK	OK	OK	119	156	156	0
946000011	TERMOSTATO REFRIGERADOR (0127127053)	B	30	30	0,05	10	13%	29	-2	13	OK	OK	OK	OK	71	243	243	0
326002942	PORTA REFRIGERADOR BRANCA PIREVERSAO	B	30	30	0,3	7	17%	13	3	5	OK	OK	OK	OK	41	33	33	8
326003459	PORTA ISOL REFRIGERADOR 48014067538	B	30	30	0,05	4	18%	6	3	5	OK	OK	OK	OK	64	54	54	10
326003127	CONTROLE ELETRONICO 12TV/60HZ 7080000118	B	30	30	0,05	1	26%	11	2	9	OK	OK	OK	OK	14	11	11	3
004183916	PORTA DO REFRIGERADOR (4397808)	B	30	30	0,05	1	26%	11	2	9	OK	OK	OK	OK	1569	2273	2273	0
000395332	RESISTENCIA DE GELO 220V 05091 (SPRINGF)	A	30	30	0,05	235	27%	254	-82	267	OK	OK	OK	OK	576	487	487	89
000146510	PRATO GIRATORIO	B	30	30	0,05	72	27%	84	-21	98	OK	OK	OK	OK	471	317	317	154
000432776	INTERRUPTOR 4812 278 18003	B	30	30	0,11	54	28%	45	15	69	OK	OK	OK	OK	1058	8240	8240	0
000391530	CHAVE LIGADESLUA (NP 033 S)	B	30	30	0,05	82	13%	133	28	94	OK	OK	OK	OK	2443	2910	2910	0
000199710	CHAVE 2 TECLAS (VELOC+NV) NP 033C	A	30	105	0,05	218	15%	260	65	256	OK	OK	OK	OK	531	564	564	0
001020420	COMPRESSOR PANASONIC 2K5252HBA02	A	30	120	0,05	126	28%	79	-79	27	OK	OK	OK	OK	82	219	219	0
004213670	COMPRESSOR BRISTOL H23B333ABC	A	30	150	0,05	25	29%	12	-17	27	OK	OK	OK	OK	65	35	35	30
004313950	CONJUNTO TAMPAO VIDRO 20" BRANCO	A	7	7	0,15	13	26%	21	-5	14	OK	OK	OK	OK	531	1057	1057	0
000468909	CHOCOTE AGENCAMENTO AUTOMATICO	A	7	7	0,05	69	28%	150	8	92	OK	OK	OK	OK	51	28	28	23
326004471	MESA TRABALHO	A	7	7	0,05	7	28%	13	2	9	OK	OK	OK	OK	58	38	38	20
326006435	CONJUNTO TAMPAO VIDRO 30" eurowhite	A	7	7	0,25	11	29%	16	-3	14	OK	OK	OK	OK	311	229	229	82
326006195	KIT TIMER ELECTRONICO 220/60 MID 22"	A	7	14	0,05	32	16%	71	-6	40	OK	OK	OK	OK	378	205	205	173
004257790	VALVULA 3 VIAS 12TV/60HZ	A	7	14	0,11	47	18%	88	-16	57	OK	OK	OK	OK	5510	3076	3076	2434
326000208	CJ BANDA DO FREIO SEM AMIANTO	A	7	14	0,11	541	18%	1013	163	694	OK	OK	OK	OK	685	625	625	60
000370120	CJ SUSPENSÃO TRASEIRA	A	7	14	0,11	81	20%	146	-16	103	OK	OK	OK	OK	357	225	225	132
326003198	KIT TIMER ELECTRONICO 220/60 MID 24"	A	7	14	0,11	45	20%	76	-12	58	OK	OK	OK	OK	79	53	53	26
004260503	TAMPA MOVEL + ETIQUETA ELECTRONICA 24"	A	7	14	0,15	13	21%	19	-6	15	OK	OK	OK	OK	142	106	106	36
004259459	CONJUNTO TAMPA MOVEL + ETIQUETA ELECTRONIC	A	7	14	0,15	17	21%	28	-2	23	OK	OK	OK	OK	280	182	182	98
004259436	CHOCOTE TAMPA FIXA	B	7	14	0,25	30	26%	44	14	37	OK	OK	OK	OK	51	40	40	11
326004685	CJ GABINETE COM ALCA 22" SEM OFF-SET	B	7	14	0,15	51	27%	55	-17	59	OK	OK	OK	OK	283	165	165	118
326007019	CJ MANIPULO EUROWHITE RAMAL	B	7	14	0,15	51	27%	55	-17	59	OK	OK	OK	OK	98	87	87	11
004260317	RESISTENCIA W 12TV	B	7	14	0,3	13	27%	16	0	17	OK	OK	OK	OK	1166	652	652	514
004257650	MICRO CHAVE	B	7	14	0,05	151	27%	204	0	193	OK	OK	OK	OK	788	598	598	222
326001777	CJ MOTOR POLIA 12TV OTERRA	A	7	14	0,05	107	28%	141	-10	138	OK	OK	OK	OK	188	117	117	69
000340080	CJ SUPORTE USINADO	B	7	14	0,2	23	28%	29	5	30	OK	OK	OK	OK	576	3076	3076	0
004307840	CJ DOBRANCA	A	7	20	0,15	55	18%	90	14	66	OK	OK	OK	OK	298	182	182	116
326003168	CJ TIMER ELET 12TV/60 S TOQUE 22" M4	A	7	21	0,15	32	16%	45	-3	39	OK	OK	OK	OK	191	126	126	65
326001643	TIMER 220/60 PRACTICE CONSUL (V6)	A	7	21	0,15	32	16%	45	-3	39	OK	OK	OK	OK	351	395	395	0
004260228	CJ MOTOR POLIA 12TV 1/3 CV	A	7	21	0,11	17	16%	26	6	19	OK	OK	OK	OK	1192	1020	1020	172
326001642	TIMER 12TV/60 PRACTICE CONSUL (V6)	A	7	21	0,11	32	16%	45	11	39	OK	OK	OK	OK	86	90	90	0
326006145	AGITADOR 22"	A	7	21	0,05	123	19%	159	10	157	OK	OK	OK	OK	232	166	166	66
326000453	TIMER LLOUCA 12TV/60	A	7	21	0,25	15	24%	12	-8	20	OK	OK	OK	OK	128	56	56	70
326003170	CJ TIMER ELET 220/60 S TOQUE 22" M4	A	7	21	0,11	24	26%	23	13	26	OK	OK	OK	OK	58	59	59	0
004260226	CONJUNTO MOTOR POLIA 220V 1/3 CV	A	7	21	0,05	16	27%	16	-3	22	OK	OK	OK	OK	331	207	207	124
326000466	TIMER LLOUCA 220/60	A	7	21	0,11	12	29%	11	-8	14	OK	OK	OK	OK	2005	2071	2071	0
326000688	TIMER ELECTRONICO 12TV/60 (MONDRIAN)	A	7	21	0,3	9	30%	8	4	11	OK	OK	OK	OK	105	1671	1671	0
000310420	CJ GABINETE REPOSICAO BR	A	7	28	0,15	25	18%	35	10	28	OK	OK	OK	OK	178	2020	2020	0
326001670	CJ TANQUE SI AQUECIMENTO (V6)	A	7	28	0,05	200	21%	184	39	242	OK	OK	OK	OK	185	123	123	62
000001790	CONJUNTO CONSOLE CLEAN ELECTRONIC 12TV/6	A	7	28	0,05	14	22%	11	-3	18	OK	OK	OK	OK	49	0	0	49
000360431	ARMADOR DO FREIO 22V20"	A	7	28	0,05	276	25%	193	-82	317	OK	OK	OK	OK	126	343	343	0
326014361	CJ MECANISMO INOX (V G)	A	7	28	0,11	18	27%	14	6	23	OK	OK	OK	OK	126	422	422	210
000324001	CJ DA PORTA BRANCA	A	7	28	0,15	15	28%	8	-8	16	OK	OK	OK	OK	126	343	343	0
000039626	CONJUNTO CONSOLE CLEAN ELECTRONIC 220 B	A	7	28	0,2	17	29%	8	1	22	OK	OK	OK	OK	126	343	343	0
000861413	CONJUNTO CHAO FORNO 30"	A	7	30	0,11	30	17%	42	14	33	OK	OK	OK	OK	126	343	343	0

Dados Simulados. Elaborados pelo autor.

Nota: As planilhas usadas na empresa são tem itens com o mesmo PR (mensal ou semanal), para facilitar a programação.

Por motivos didáticos, resolveu-se montar a planilha acima com itens que utilizam somente SES (suavização exponencial simples), independente dos valores de PR.

(*) AJUSTADA PARA LT=PR

Legenda: Cálculo apresentado nas próximas planilhas

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

432199 CORREIA 60HZ (WH 4812 358 18154)

					Desvio	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
Meses t	Yt	0,10 Lt	Ft+1	Ft+2			
1	143	143					
2	318	160,5	143				
3	555	199,95	160,5	143	587		
4	387	218,655	199,95	160,5	621		
5	281	224,8895	218,655	199,95	268,1		
6	505	252,9006	224,8895	218,655	348,69	348,69	44%
7	363	263,9105	252,9006	224,8895	418,221	418,221	48%
8	192	256,7194	263,9105	252,9006	49,1989	49,1989	9%
9	193	250,3475	256,7194	263,9105	-142,821	142,821	37%
10	229	248,2128	250,3475	256,7194	-91,43889	91,43889	22%
11	245	247,8915	248,2128	250,3475	-26,695	26,695	6%
12	201	243,2023	247,8915	248,2128	-50,4255	50,4255	11%
13	244	243,2821	243,2023	247,8915	-50,78295	50,78295	11%
14	447	263,6539	243,2821	243,2023	204,5953	204,5953	30%
15	461,4	283,4286	263,6539	243,2821	421,8364	421,8364	46%
16	299	284,9857	283,4286	263,6539	233,0928	233,0928	31%
17	400	296,4871	284,9857	283,4286	132,1429	132,1429	19%
18	194	286,2384	296,4871	284,9857	24,0286	24,0286	4%
19	184	276,0146	286,2384	296,4871	-214,9743	214,9743	57%
20	170	265,4131	276,0146	286,2384	-218,4768	218,4768	62%
	0,05	238,8768	265,4131	276,0146			
Tracking OK					69,08 ME	175,16 MAE	29% MAPE

Planilha para LT até 30

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

432199 CORREIA 60HZ (WH 4812 358 18154)

OTIMIZAÇÃO DO MAE						
	175,16					
0,05	190,280061					
0,10	175,1613559					
0,15	178,9917842					
0,20	186,0073855					
0,25	188,3150804					
0,30	187,536213					
0,35	187,3546844					
0,40	185,5342162					
0,45	182,6869957					
0,50	179,28277					
0,55	178,2219584					
0,60	178,6407124					
0,65	178,423421					
0,70	178,4884975					
0,75	180,1946896					
0,80	181,4288986					
0,85	182,2080746					
0,90	182,6944422					
0,95	185,0100763					
1,00	188,2534091					
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Mediã	DesvPad	Tracking signal
0,1	175,1613559	29%	265,41	69,07943	215,1495	OK

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

326008456 PORTA ISOL REFR p/REVERSÃO 480144067538

						Desvio Relativo	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
Meses t	Yt	0,25 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3			
1		0						
2		0						
3		0						
4		0						
5		0						
6	2	2,00						
7	4	2,50	2,00					
8	4	2,88	2,50	2,00				
9	8	4,16	2,88	2,50	2,00	10		
10	3	3,87	4,16	2,88	2,50	7,5		
11	6	4,40	3,87	4,16	2,88	8,375		
12	3	4,05	4,40	3,87	4,16	-0,46875	0,46875	4%
13	4	4,04	4,05	4,40	3,87	1,398438	1,398438	11%
14	5	4,28	4,04	4,05	4,40	-1,20117	1,201172	10%
15	3	3,96	4,28	4,04	4,05	-0,15088	0,150879	1%
16	4	3,97	3,96	4,28	4,04	-0,11316	0,113159	1%
17	5	4,23	3,97	3,96	4,28	-0,83487	0,834869	7%
18	9	5,42	4,23	3,97	3,96	6,123848	6,123848	34%
19	9	6,32	5,42	4,23	3,97	11,09289	11,09289	48%
20	5	5,99	6,32	5,42	4,23	10,31966	10,31966	45%
			5,99	6,32	5,42			
Tracking VERIFICAR						2,91 ME	3,52 MAE	18% MAPE

Planilha para LT >30 até 60

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

326008456 PORTA ISOL REFR p/REVERSÃO 480144067538

OTIMIZAÇÃO DO MAE

	3,52
0,05	6,924518
0,10	5,323181
0,15	4,211435
0,20	3,586565
0,25	3,522629
0,30	3,724882
0,35	3,895678
0,40	4,039093
0,45	4,177324
0,50	4,297852
0,55	4,387662
0,60	4,536523
0,65	4,722956
0,70	4,914172
0,75	5,11105
0,80	5,314675
0,85	5,526269
0,90	5,747147
0,95	5,978675
1,00	6,222222

				Erro		Tracking error
ALFA	MAD	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Media	DesvPad	
0,25	3,52	18%	5,99	2,91	4,94	VERIFICAR

146510 PRATO GIRATORIO

OTIMIZAÇÃO DO MAE

	72,12
0,05	72,12434
0,10	79,80929
0,15	86,1287
0,20	90,48403
0,25	95,49419
0,30	99,03725
0,35	101,4556
0,40	103,7734
0,45	105,6474
0,50	106,7457
0,55	108,2231
0,60	109,4063
0,65	109,9794
0,70	110,0381
0,75	110,9614
0,80	111,7101
0,85	112,1094
0,90	112,2285
0,95	112,3589
1,00	114

				Erro		Tracking error
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Media	DesvPad	
0,05	72,12434	27%	83,84392693	-20,97828	98,45654	OK

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

1020420 COMPRESSOR PANASONIC 2KS252H3AA02

								Desvio Relativo	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
Meses t	Yt	0,05 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Ft+4	Ft+5			
1	96	96,00								
2	104	96,40	96,00							
3	79	95,53	96,40	96,00						
4	38	92,65	95,53	96,40	96,00					
5	89	92,47	92,65	95,53	96,40	96,00				
6	52	90,45	92,47	92,65	95,53	96,40	96,00	-118		
7	106	91,22	90,45	92,47	92,65	95,53	96,40	-118		
8	159	94,61	91,22	90,45	92,47	92,65	95,53	-34		
9	93	94,53	94,61	91,22	90,45	92,47	92,65	36	36	8%
10	103	94,96	94,53	94,61	91,22	90,45	92,47	51	51	11%
11	96	95,01	94,96	94,53	94,61	91,22	90,45	105	105	22%
12	93	94,91	95,01	94,96	94,53	94,61	91,22	88	88	19%
13	74	93,86	94,91	95,01	94,96	94,53	94,61	-14	14	3%
14	74	92,87	93,86	94,91	95,01	94,96	94,53	-33	33	7%
15	85	92,48	92,87	93,86	94,91	95,01	94,96	-53	53	11%
16	35	89,60	92,48	92,87	93,86	94,91	95,01	-114	114	25%
17	18	86,02	89,60	92,48	92,87	93,86	94,91	-189	189	41%
18	18	82,62	86,02	89,60	92,48	92,87	93,86	-239	239	54%
19	33	80,14	82,62	86,02	89,60	92,48	92,87	-275	275	64%
20	48	78,53	80,14	82,62	86,02	89,60	92,48	-310	310	74%
		74,61	78,53	80,14	82,62	86,02	89,60			
Tracking VERIFICAR								-79,01 ME	125,51 MAE	28,24% MAPE

Planilha para LT >90 até 120

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

1020420 COMPRESSOR PANASONIC 2KS252H3AA02

OTIMIZAÇÃO DO MAE

	125,51
0,05	125,5131
0,10	130,5461
0,15	137,1523
0,20	143,9504
0,25	150,2267
0,30	155,6681
0,35	160,1893
0,40	163,8241
0,45	166,6612
0,50	168,8065
0,55	170,3649
0,60	171,4312
0,65	172,087
0,70	172,4005
0,75	172,4278
0,80	172,2137
0,85	171,7926
0,90	171,1902
0,95	170,423
1,00	169,5

				Erro		
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Media	DesvPad	Tracking signal
0,05	125,5131	28,24%	78,5330012	-79,0102	144,4914	VERIFICAR

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

4213670 COMPRESSOR BRISTOL H23B33SABC

Meses t	Yt	0,05 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Ft+4	Ft+5	Ft+6	Desvio	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
1	15	15,00									
2	14	14,95	15,00								
3	18	15,10	14,95	15,00							
4	6	14,65	15,10	14,95	15,00						
5	13	14,57	14,65	15,10	14,95	15,00					
6	14	14,54	14,57	14,65	15,10	14,95	15,00				
7	20	14,81	14,54	14,57	14,65	15,10	14,95	15,00	-5		
8	19	15,02	14,81	14,54	14,57	14,65	15,10	14,95	0		
9	18	15,17	15,02	14,81	14,54	14,57	14,65	15,10	-1		
10	16	15,21	15,17	15,02	14,81	14,54	14,57	14,65	12	12	14%
11	14	15,15	15,21	15,17	15,02	14,81	14,54	14,57	14	14	15%
12	13	15,04	15,15	15,21	15,17	15,02	14,81	14,54	13	13	14%
13	15	15,04	15,04	15,15	15,21	15,17	15,02	14,81	6	6	7%
14	11	14,84	15,04	15,04	15,15	15,21	15,17	15,02	-3	3	3%
15	9	14,55	14,84	15,04	15,04	15,15	15,21	15,17	-13	13	14%
16	3	13,97	14,55	14,84	15,04	15,04	15,15	15,21	-26	26	30%
17	5	13,52	13,97	14,55	14,84	15,04	15,04	15,15	-35	35	40%
18	3	12,99	13,52	13,97	14,55	14,84	15,04	15,04	-44	44	52%
19	7	12,69	12,99	13,52	13,97	14,55	14,84	15,04	-52	52	63%
20	5	12,31	12,69	12,99	13,52	13,97	14,55	14,84	-57	57	71%
21		12,31	12,31	12,69	12,99	13,52	13,97	14,55			
Tracking VERIFICAR									-16,92 ME	25,04 MAE	29% MAPE

4213670 COMPRESSOR BRISTOL H23B33SABC

OTIMIZAÇÃO DO MAE					
	25,04				
0,05	25,04090377				
0,10	26,19490476				
0,15	27,29388923				
0,20	28,25107405				
0,25	29,03101671				
0,30	29,62893865				
0,35	30,05689675				
0,40	30,33488901				
0,45	30,83886415				
0,50	31,27479137				
0,55	31,63848759				
0,60	31,93990945				
0,65	32,18733717				
0,70	32,38767245				
0,75	32,54683759				
0,80	32,67017358				
0,85	32,76278566				
0,90	32,82981812				
0,95	32,87665969				
1,00	32,90909091				
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Media	DesvPad
0,05	25,04090377	29%	12,30985344	-16,92351	27,21837
					Tracking signal
					VERIFICAR

Erro

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

488909 CHICOTE ACENDIMENTO AUTOMATICO

Semanas t	Yt	0,05 Lt	Ft+1	Ft+2	Desvio	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
42	131	131					
43	61	127,5	131				
44	100	126,125	127,5	131	-101		
45	181	128,8688	126,125	127,5	26		
46	313	138,0753	128,8688	126,125	241,75		
47	101	136,2215	138,0753	128,8688	156,2625		
48	158	137,3105	136,2215	138,0753	-17,1506		
49	104	135,6449	137,3105	136,2215	-10,4431	10,443094	4%
50	157	136,7127	135,6449	137,3105	-13,6209	13,620939	5%
51	174	138,5771	136,7127	135,6449	59,71011	59,710108	18%
52	54	134,3482	138,5771	136,7127	-45,4254	45,425398	20%
1	85	131,8808	134,3482	138,5771	-138,154	138,15413	99%
2	104	130,4868	131,8808	134,3482	-79,6964	79,696421	42%
3	71	127,5124	130,4868	131,8808	-88,7616	88,7616	51%
4	103	126,2868	127,5124	130,4868	-86,9735	86,97352	50%
5	167	128,3225	126,2868	127,5124	14,97516	14,975156	6%
6	112	127,5063	128,3225	126,2868	26,4264	26,426398	9%
7	160	129,131	127,5063	128,3225	15,35508	15,355078	6%
8	96	127,4745	129,131	127,5063	0,987324	0,9873242	0%
9	60	124,1007	127,4745	129,131	-102,262	102,26204	66%
10	39	119,8457	124,1007	127,4745	-155,949	155,94894	158%
11	262	126,9534	119,8457	124,1007	52,79851	52,798507	18%
12	117	126,4558	126,9534	119,8457	139,3086	139,30858	37%
13	136	126,933	126,4558	126,9534	-0,90685	0,9068473	0%
14	101	125,6363	126,933	126,4558	-15,9115	15,911505	7%
15	129	125,8045	125,6363	126,933	-23,8659	23,86593	10%
16	88	123,9143	125,8045	125,6363	-34,2726	34,272633	16%
17	117	123,5686	123,9143	125,8045	-46,609	46,609002	23%
18	72	120,9901	123,5686	123,9143	-58,8286	58,828551	31%
19	123	121,0906	120,9901	123,5686	-52,1371	52,137124	27%
20	289	129,4861	121,0906	120,9901	170,0197	170,01973	41%
21	149	130,4618	129,4861	121,0906	195,8187	195,81875	45%
22	29	125,3887	130,4618	129,4861	-80,9722	80,972192	45%
23	162	127,2193	125,3887	130,4618	-69,9236	69,923582	37%
24	77	124,7083	127,2193	125,3887	-11,7774	11,777403	5%
25	161	126,5229	124,7083	127,2193	-16,4385	16,438533	7%
26	68	123,5967	126,5229	124,7083	-20,4166	20,416606	9%
27	123	123,5669	123,5967	126,5229	-62,0458	62,045776	32%
28	94	122,0886	123,5669	123,5967	-30,1935	30,193487	14%
29	104	121,1841	122,0886	123,5669	-49,1338	49,133813	25%
30	277	128,9749	121,1841	122,0886	136,8229	136,82288	36%
31	51	125,0762	128,9749	121,1841	85,63173	85,631734	26%
32	134	125,5224	125,0762	128,9749	-72,9499	72,949853	39%
33	120	125,2463	125,5224	125,0762	3,84764	3,84764	2%
34	136	125,7839	125,2463	125,5224	4,955258	4,955258	2%
35	95	124,2447	125,7839	125,2463	-19,4925	19,492505	8%
36	351	135,5825	124,2447	125,7839	194,4321	194,43212	44%
37	60	131,8034	135,5825	124,2447	162,5105	162,51051	40%
38	225	136,4632	131,8034	135,5825	13,83499	13,834989	5%
39	184	138,8401	136,4632	131,8034	145,3932	145,39324	36%
40	178	140,798	138,8401	136,4632	89,07358	89,073577	25%
41	326	150,0581	140,798	138,8401	226,3199	226,3199	45%
		142,5552	150,0581	140,798			
Tracking OK					7,80 ME	69,4529534 MAE	28% MAPE

Planilha para LT até 7

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

488909 CHICOTE ACENDIMENTO AUTOMATICO

OTIMIZAÇÃO DO MAE

	69,45
0,05	69,45295
0,10	70,51412
0,15	72,58338
0,20	74,70649
0,25	76,77827
0,30	78,69088
0,35	80,87285
0,40	83,32566
0,45	85,91739
0,50	88,61496
0,55	91,32059
0,60	94,23734
0,65	97,54583
0,70	101,339
0,75	105,1989
0,80	109,1718
0,85	113,5649
0,90	118,7849
0,95	124,4111
1,00	130,4889

				Erro		
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 periodo a frente	Media	DesvPad	Tracking signal
0,05	69,45295	28%	150,0581459	7,801335	92,40952	OK

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

326008198 KIT TIMER ELETRONICO 220/60 MID 24"

Semanas t	Yt	0,10 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Desvio	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
42	110	110						
43	94	108,4	110					
44	55	103,06	108,4	110				
45	79	100,654	103,06	108,4	110	-102		
46	61	96,6886	100,654	103,06	108,4	-130,2		
47	53	92,31974	96,6886	100,654	103,06	-116,18		
48	133	96,38777	92,31974	96,6886	100,654	-54,962		
49	117	98,44899	96,38777	92,31974	96,6886	12,9342		
50	60	94,60409	98,44899	96,38777	92,31974	33,04078	33,04078	11%
51	67	91,84368	94,60409	98,44899	96,38777	-45,1633	45,1633	19%
52	54	88,05931	91,84368	94,60409	98,44899	-114,347	114,347	63%
1	80	87,25338	88,05931	91,84368	94,60409	-82,8123	82,81227	41%
2	97	88,22804	87,25338	88,05931	91,84368	-44,531	44,53104	19%
3	116	91,00524	88,22804	87,25338	88,05931	28,82206	28,82206	10%
4	108	92,70472	91,00524	88,22804	87,25338	59,23985	59,23985	18%
5	136	97,03424	92,70472	91,00524	88,22804	95,31587	95,31587	26%
6	107	98,03082	97,03424	92,70472	91,00524	77,98428	77,98428	22%
7	104	98,62774	98,03082	97,03424	92,70472	68,88585	68,88585	20%
8	115	100,265	98,62774	98,03082	97,03424	34,89727	34,89727	11%
9	56	95,83847	100,265	98,62774	98,03082	-19,0925	19,09246	7%
10	121	98,35462	95,83847	100,265	98,62774	-3,88321	3,883213	1%
11	129	101,4192	98,35462	95,83847	100,265	5,205109	5,205109	2%
12	87	99,97724	101,4192	98,35462	95,83847	49,4846	49,4846	15%
13	82	98,17952	99,97724	101,4192	98,35462	2,936138	2,936138	1%
14	129	101,2616	98,17952	99,97724	101,4192	-6,25748	6,257476	2%
15	103	101,4354	101,2616	98,17952	99,97724	14,06827	14,06827	4%
16	78	99,09187	101,4354	101,2616	98,17952	15,46144	15,46144	5%
17	110	100,1827	99,09187	101,4354	101,2616	-12,7847	12,7847	4%
18	81	98,26441	100,1827	99,09187	101,4354	-35,3062	35,30623	13%
19	118	100,238	98,26441	100,1827	99,09187	11,72439	11,72439	4%
20	91	99,31418	100,238	98,26441	100,1827	-10,548	10,54805	4%
21	137	103,0828	99,31418	100,238	98,26441	51,20676	51,20676	15%
22	42	96,97448	103,0828	99,31418	100,238	-30,7139	30,71392	11%
23	59	93,17703	96,97448	103,0828	99,31418	-59,9425	59,94253	25%
24	51	88,95933	93,17703	96,97448	103,0828	-157,248	157,2483	103%
25	44	84,4634	88,95933	93,17703	96,97448	-136,923	136,9234	89%
26	66	82,61706	84,4634	88,95933	93,17703	-118,531	118,5311	74%
27	78	82,15535	82,61706	84,4634	88,95933	-78,878	78,87799	42%
28	52	79,13982	82,15535	82,61706	84,4634	-57,3902	57,39019	29%
29	84	79,62583	79,13982	82,15535	82,61706	-33,8512	33,85117	16%
30	116	83,26325	79,62583	79,13982	82,15535	5,533944	5,533944	2%
31	45	79,43693	83,26325	79,62583	79,13982	7,58055	7,58055	3%
32	102	81,69323	79,43693	83,26325	79,62583	24,1225	24,1225	9%
33	75	81,02391	81,69323	79,43693	83,26325	-27,7898	27,78975	13%
34	100	82,92152	81,02391	81,69323	79,43693	38,68922	38,68922	14%
35	93	83,92937	82,92152	81,02391	81,69323	22,9203	22,9203	9%
36	49	80,43643	83,92937	82,92152	81,02391	-1,07173	1,071731	0%
37	22	74,59279	80,43643	83,92937	82,92152	-84,7646	84,76456	52%
38	129	80,03351	74,59279	80,43643	83,92937	-51,7881	51,7881	26%
39	92	81,23016	80,03351	74,59279	80,43643	1,690708	1,690708	1%
40	72	80,30714	81,23016	80,03351	74,59279	69,22164	69,22164	24%
41	36	75,87643	80,30714	81,23016	80,03351	-40,1005	40,10053	20%
		68,28879	75,87643	80,30714	81,23016			
Tracking OK						-12,17 ME	44,81251 MAE	20% MAPE

Planilha para LT > 7 até 14

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

326008198 KIT TIMER ELETRONICO 220/60 MID 24"

OTIMIZAÇÃO DO MAE						
	44,81					
0,05	45,29135					
0,10	44,81251					
0,15	46,39726					
0,20	47,75037					
0,25	49,26533					
0,30	50,75249					
0,35	52,73167					
0,40	54,5391					
0,45	56,27485					
0,50	58,34969					
0,55	60,31774					
0,60	62,2048					
0,65	64,03111					
0,70	65,93297					
0,75	67,86761					
0,80	69,80344					
0,85	71,75107					
0,90	73,92106					
0,95	76,9113					
1,00	79,95455					
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Erro		Tracking signal
0,1	44,81251	20%	75,87642793	-12,1747	57,88402	
						OK

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

326001642 TIMER 127/60 PRATICE CONSUL (VG)

Semana t	Yt	0,10 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Ft+4	Desvio Relativo	Desvio Absoluto	Desvio Percentua l
42	32	32							
43	40	32,8	32						
44	22	31,72	32,8	32					
45	60	34,548	31,72	32,8	32				
46	33	34,3932	34,548	31,72	32,8	32	27		
47	40	34,95388	34,3932	34,548	31,72	32,8	23,8		
48	40	35,45849	34,95388	34,3932	34,548	31,72	46,12		
49	29	34,81264	35,45849	34,95388	34,3932	34,548	3,808		
50	65	37,83138	34,81264	35,45849	34,95388	34,3932	36,4272		
51	75	41,54824	37,83138	34,81264	35,45849	34,95388	69,18448	69,18448	33%
52	19	39,29342	41,54824	37,83138	34,81264	35,45849	46,16603	46,16603	25%
1	25	37,86407	39,29342	41,54824	37,83138	34,81264	44,74943	44,74943	24%
2	75	41,57767	37,86407	39,29342	41,54824	37,83138	42,67449	42,67449	22%
3	66	44,0199	41,57767	37,86407	39,29342	41,54824	18,80704	18,80704	10%
4	35	43,11791	44,0199	41,57767	37,86407	39,29342	43,82633	43,82633	22%
5	43	43,10812	43,11791	44,0199	41,57767	37,86407	67,5437	67,5437	31%
6	45	43,29551	43,10812	43,11791	44,0199	41,57767	22,68933	22,68933	12%
7	48	43,76596	43,29551	43,10812	43,11791	44,0199	-5,0796	5,079603	3%
8	48	44,18936	43,76596	43,29551	43,10812	43,11791	11,52836	11,52836	6%
9	111	50,87043	44,18936	43,76596	43,29551	43,10812	79,57552	79,57552	32%
10	40	49,78338	50,87043	44,18936	43,76596	43,29551	73,81797	73,81797	30%
11	60	50,80504	49,78338	50,87043	44,18936	43,76596	83,93617	83,93617	32%
12	43	50,02454	50,80504	49,78338	50,87043	44,18936	77,24256	77,24256	30%
13	40	49,02209	50,02454	50,80504	49,78338	50,87043	-20,4817	20,4817	11%
14	37	47,81988	49,02209	50,02454	50,80504	49,78338	-19,1335	19,13353	11%
15	52	48,23789	47,81988	49,02209	50,02454	50,80504	-31,2202	31,22018	18%
16	35	46,9141	48,23789	47,81988	49,02209	50,02454	-36,0982	36,09816	22%
17	61	48,32269	46,9141	48,23789	47,81988	49,02209	-11,0883	11,08834	6%
18	44	47,89042	48,32269	46,9141	48,23789	47,81988	0,720491	0,720491	0%
19	57	48,80138	47,89042	48,32269	46,9141	48,23789	4,048442	4,048442	2%
20	66	50,52124	48,80138	47,89042	48,32269	46,9141	40,3436	40,3436	18%
21	82	53,66912	50,52124	48,80138	47,89042	48,32269	55,70924	55,70924	22%
22	11	49,40221	53,66912	50,52124	48,80138	47,89042	24,43831	24,43831	11%
23	51	49,56198	49,40221	53,66912	50,52124	48,80138	14,79448	14,79448	7%
24	51	49,70579	49,56198	49,40221	53,66912	50,52124	-7,08497	7,084966	4%
25	62	50,93521	49,70579	49,56198	49,40221	53,66912	-39,6765	39,67647	23%
26	49	50,74169	50,93521	49,70579	49,56198	49,40221	15,39118	15,39118	7%
27	21	47,76752	50,74169	50,93521	49,70579	49,56198	-15,2479	15,24794	8%
28	39	46,89077	47,76752	50,74169	50,93521	49,70579	-27,8231	27,82315	16%
29	23	44,50169	46,89077	47,76752	50,74169	50,93521	-71,7408	71,74083	54%
30	64	46,45152	44,50169	46,89077	47,76752	50,74169	-55,9667	55,96675	38%
31	26	44,40637	46,45152	44,50169	46,89077	47,76752	-39,0701	39,07007	26%
32	31	43,06573	44,40637	46,45152	44,50169	46,89077	-43,5631	43,56307	30%
33	47	43,45916	43,06573	44,40637	46,45152	44,50169	-10,0068	10,00676	6%
34	62	45,31324	43,45916	43,06573	44,40637	46,45152	-19,8061	19,80608	12%
35	37	44,48192	45,31324	43,45916	43,06573	44,40637	-0,62548	0,625475	0%
36	52	45,23373	44,48192	45,31324	43,45916	43,06573	25,73707	25,73707	13%
37	20	42,71035	45,23373	44,48192	45,31324	43,45916	-2,83663	2,836635	2%
38	76	46,03932	42,71035	45,23373	44,48192	45,31324	3,747029	3,747029	2%
39	42	45,63539	46,03932	42,71035	45,23373	44,48192	12,07233	12,07233	6%
40	51	46,17185	45,63539	46,03932	42,71035	45,23373	8,065093	8,065093	4%
41	34	44,95466	46,17185	45,63539	46,03932	42,71035	32,15858	32,15858	16%
		40,4592	44,95466	46,17185	45,63539	46,03932			
Tracking OK							10,75 ME	31,99 MAE	16% MAPE

Planilha para LT > 14 até 21

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

326001642 TIMER 127/60 PRATICE CONSUL (VG)

OTIMIZAÇÃO DO MAE						
	31,99					
0,05	34,41786					
0,10	31,98877					
0,15	32,09085					
0,20	33,21367					
0,25	34,61683					
0,30	36,10716					
0,35	37,65357					
0,40	39,13332					
0,45	40,64355					
0,50	42,71145					
0,55	44,9864					
0,60	47,29002					
0,65	49,71651					
0,70	52,11151					
0,75	54,53995					
0,80	56,98263					
0,85	59,63389					
0,90	62,31591					
0,95	65,29123					
1,00	68,5814					
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Erro		Tracking signal
0,1	31,98877	16%	44,95	Media	DesvPad	OK
				10,7539	38,97975	

PREVISÃO DE DEMANDA

Método

Suavização exponencial simples

$$L_t = aY_t + (1 - a)L_{t-1}$$

$$F_{t+h} = L_t$$

360431 ARMADOR DO FREIO 22"/20"

							Desvio Relativo	Desvio Absoluto	Desvio Percentual
Semanas t	Yt	0,05 Lt	Ft+1	Ft+2	Ft+3	Ft+4	Ft+5		
42	250	250							
43	40	239,5	250						
44	310	243,025	239,5	250					
45	60	233,8738	243,025	239,5	250				
46	230	233,6801	233,8738	243,025	239,5	250			
47	80	225,9961	233,6801	233,8738	243,025	239,5	250	-530	
48	615	245,4463	225,9961	233,6801	233,8738	243,025	239,5	97,5	
49	100	238,1739	245,4463	225,9961	233,6801	233,8738	243,025	-130,125	
50	210	236,7652	238,1739	245,4463	225,9961	233,6801	233,8738	65,63125	
51	280	238,927	236,7652	238,1739	245,4463	225,9961	233,6801	116,5997	
52	170	235,4806	238,927	236,7652	238,1739	245,4463	225,9961	245,0197	245,0197
1	150	231,2066	235,4806	238,927	236,7652	238,1739	245,4463	-317,231	317,2313
2	180	228,6463	231,2066	235,4806	238,927	236,7652	238,1739	-200,87	200,8697
3	100	222,214	228,6463	231,2066	235,4806	238,927	236,7652	-303,826	303,8262
4	140	218,1033	222,214	228,6463	231,2066	235,4806	238,927	-454,635	454,6349
5	240	219,1981	218,1033	222,214	228,6463	231,2066	235,4806	-367,403	367,4032
6	180	217,2382	219,1981	218,1033	222,214	228,6463	231,2066	-316,033	316,033
7	80	210,3763	217,2382	219,1981	218,1033	222,214	228,6463	-403,231	403,2314
8	470	223,3575	210,3763	217,2382	219,1981	218,1033	222,214	-1,0698	1,069797
9	120	218,1896	223,3575	210,3763	217,2382	219,1981	218,1033	-0,51631	0,516307
10	130	213,7801	218,1896	223,3575	210,3763	217,2382	219,1981	-115,99	115,9905
11	330	219,5911	213,7801	218,1896	223,3575	210,3763	217,2382	43,80903	43,80903
12	180	217,6116	219,5911	213,7801	218,1896	223,3575	210,3763	178,1186	178,1186
13	240	218,731	217,6116	219,5911	213,7801	218,1896	223,3575	-116,787	116,7873
14	130	214,2944	218,731	217,6116	219,5911	213,7801	218,1896	-80,948	80,94798
15	100	208,5797	214,2944	218,731	217,6116	219,5911	213,7801	-88,9006	88,90058
16	170	206,6507	208,5797	214,2944	218,731	217,6116	219,5911	-277,956	277,9556
17	310	211,8182	206,6507	208,5797	214,2944	218,731	217,6116	-138,058	138,0578
18	240	213,2273	211,8182	206,6507	208,5797	214,2944	218,731	-143,655	143,6549
19	430	224,0659	213,2273	211,8182	206,6507	208,5797	214,2944	178,5279	178,5279
20	270	226,3626	224,0659	213,2273	211,8182	206,6507	208,5797	377,1015	377,1015
21	370	233,5445	226,3626	224,0659	213,2273	211,8182	206,6507	586,7464	586,7464
22	70	225,3673	233,5445	226,3626	224,0659	213,2273	211,8182	320,9091	320,9091
23	60	217,0989	225,3673	233,5445	226,3626	224,0659	213,2273	133,8636	133,8636
24	80	210,244	217,0989	225,3673	233,5445	226,3626	224,0659	-270,33	270,3296
25	140	206,7318	210,244	217,0989	225,3673	233,5445	226,3626	-411,813	411,8131
26	260	209,3952	206,7318	210,244	217,0989	225,3673	233,5445	-557,722	557,7224
27	100	203,9254	209,3952	206,7318	210,244	217,0989	225,3673	-486,836	486,8363
28	420	214,7291	203,9254	209,3952	206,7318	210,244	217,0989	-85,4945	85,49449
29	170	212,4927	214,7291	203,9254	209,3952	206,7318	210,244	38,78023	38,78023
30	610	232,368	212,4927	214,7291	203,9254	209,3952	206,7318	526,3412	526,3412
31	250	233,2496	232,368	212,4927	214,7291	203,9254	209,3952	503,0242	503,0242
32	60	224,5872	233,2496	232,368	212,4927	214,7291	203,9254	490,373	490,373
33	90	217,8578	224,5872	233,2496	232,368	212,4927	214,7291	106,3543	106,3543
34	411	227,5149	217,8578	224,5872	233,2496	232,368	212,4927	358,5366	358,5366
35	70	219,6392	227,5149	217,8578	224,5872	233,2496	232,368	-280,84	280,8402
36	240	220,6572	219,6392	227,5149	217,8578	224,5872	233,2496	-295,248	295,2482
37	70	213,1244	220,6572	219,6392	227,5149	217,8578	224,5872	-241,936	241,9358
38	190	211,9681	213,1244	220,6572	219,6392	227,5149	217,8578	-108,289	108,289
39	130	207,8697	211,9681	213,1244	220,6572	219,6392	227,5149	-437,575	437,5746
40	60	200,4762	207,8697	211,9681	213,1244	220,6572	219,6392	-408,196	408,1958
41	50	192,9524	200,4762	207,8697	211,9681	213,1244	220,6572	-603,286	603,2861
		183,3048	192,9524	200,4762	207,8697	211,9681	213,1244		
Tracking OK								-81,60 ME	276,24 MAE
									25% MAPE

Planilha para LT >21 até 28

Dados Simulados. Elaborado pelo autor

360431 ARMADOR DO FREIO 22"/20"

OTIMIZAÇÃO DO MAE

	276,24
0,05	276,2424
0,10	294,9744
0,15	317,7052
0,20	340,3051
0,25	361,2788
0,30	381,1072
0,35	401,6116
0,40	419,6026
0,45	435,2105
0,50	448,6836
0,55	460,3197
0,60	473,4236
0,65	488,2796
0,70	503,7401
0,75	519,2218
0,80	540,3506
0,85	565,9162
0,90	591,9628
0,95	619,2959
1,00	648,2381

				Erro		Tracking signal
ALFA	MAE	MAPE	Previsao de 1 período a frente	Media	DesvPad	
0,05	276,2424	25%	192,9524278	-81,59931	316,9026	OK